T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALIŞVERİŞ MERKEZLERİNDE HAVADA PARTİKÜL MADDE SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ VE MODELLENMESİ

Mina Naseer QASIM

YÜKSEK LİSANS

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

ALIŞVERİŞ MERKEZLERİNDE HAVADA PARTİKÜL MADDE SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ VE MODELLENMESİ

Mina Naseer QASIM

Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Şükrü DURSUN

2019, 92 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Şükrü DURSUN
Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN
Dr. Öğrt. Üyesi Fatma KUNT

İnsanlar gün içinde yaşamlarının %87'sini kapalı ortamlarda geçirmektedir. İçinde bulundukları atmosferin kalitesi bu uzun maruziyet süresinden dolayı büyük önem taşımaktadır. Solunan havanın içinde, bulunduğu ortamdaki kirletici kaynaklarından oluşan toz, uçucu organik bileşikler farklı boyutlarda partikül maddeler vb. vardır. Bu maddelerin sağlık üzerindeki etkisi son yıllarda yapılan çalışmalarda yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Bu tez çalışmasında iç ortam hava kirleticilerinden biri olan partikül madde $PM_{2,5}$ ölçümleri iki ayrı alışveriş merkezinde yapılarak elde edilen verilerin mevsimsel, hafta içi ve hafta sonuna göre karşılaştırılması yapılmıştır. Verilerin modellemesinde Surfer v.16 bilgisayar programı kullanılmıştır. Üç mevsim boyunca belirli aralıklarla ölçümler yapılmıştır. Ölçüm yapılan alışveriş merkezlerinin biri Selçuk üniversitesi Alâeddin Keykubat kampüsü içerisinde bulunmaktadır. Diğer alışveriş merkezi ise yeni gelişim bölgesi olarak bilinen Otogarda bulunmaktadır. Çalışmanın sonunda iç ortam hava kirliliğinin kış mevsiminde partikül madde $PM_{2,5}$ bakımından yaz ve sonbahar mevsimine göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Kışın az havalandırma ve kullanılan fosil yakıtları $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarını negatif bir şekilde etkileyerek tehlikeli seviyelere ulaşmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alışveriş merkezleri, hava kalitesi, iç ortam, modelleme, ölçüm, partikül madde, $PM_{2,5}$

ABSTRACT

M.Sc.

DETERMINATION AND MODELLING OF AMBIENT PARTICLE MATERIAL LEVEL IN SHOPPING CENTRES

Mina Naseer QASIM

Selçuk University
THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Şükrü DURSUN

2019, 92 Pages

Jury
Prof. Dr. Şükrü DURSUN
Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN
Assis. Prof. Dr. Fatma KUNT

People spend 87% of their lives in closed environments during the day. The quality of their atmosphere is great importance because of this long exposure period. In inhaled air, there are particles of pollutant sources in the environment, like volatile organic compounds,dusts and different sizes of particulate matters. The impact of these substances on health has been extensively investigated in recent years. In this thesis, particulate matter $PM_{2.5}$, which is one of the indoor air pollutants, was carried out in two different shopping centers and the data were compared according to season, weekday and weekends. Surfer v.16 computer program was used for data modeling. Certain intervals were measured during three seasons. One of the measured shopping centers is located in the Alaeddin Keykubat campus of Selcuk University and the other one is located in the Otogar known as the new development area at Konya city. At the end of the study, indoor air pollution was higher in winter than in summer and autumn season. $PM_{2.5}$ reached the dangerous levels that were impressive in a negative way.

Keywords: Shopping centres, Air quality, indoors, measuring, modeling, particulate matters, $PM_{2,5}$,

ÖNSÖZ

Başta danışmanım Prof. Dr. Şükrü DURSUN'a rehberliği, sabrı ve tavsiyesi için en içten dileklerimle teşekkür ediyorum. Maddi desteği dolasısıyla Selçuk Üniversitesi BAP'a ve çalışmalarımı yürüttüğüm Konya Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümüne teşekkürü borç bilirim.

Çalışmam boyunca yardımını, desteğini, ilgisini kesmeyen ve bana güç veren annem Alaa NAIB'e, babam Naseer QASIM'a, ablalarım Nur QASIM ve Sümbül QASIM'a, canım kardeşim Fener QASIM'a, nişanlım Osama KÖPRÜLÜ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayallerimi gerçeğe dönüştürmek için elinden geleni yapan, yardımını eksik etmeyecek olan babam Naseer QASIM ve Manevi destekleriyle her an yanımda olan ailem ve arkadaşlarıma sonsuz şükranlarımı bir borç bilirim. Ayrıca üzerimden duasını hiç eksik etmeyen anneme ne kadar teşekkür etsem az gelecektir. Yine de sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Mina Naseer QASIM
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

ŞEKİLLER ..... **x**

ÇİZELGELER ..... **xiii**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Hava Kirliliği 2
1.2. İç Ortam Hava Kirliliği 3
1.2.1. İç ortam hava kirletici kaynakları 4
1.2.2 İç ortam hava kirliliğini etkileyen faktörler 7
2.2.3 İç ortam hava kirleticileri: Partikül Madde (PM) 9
2.2.4 Dünyada $PM_{2,5}$ maruziyeti için belirlenen sınır değerler 10
2.2.4 Partikül madde ve iç ortam hava kirliliğinin sağlığa olan etkileri 13

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **16**

2.1. Dünyada iç ortam hava kalitesi hakkında yapılmış olan çalışmalar 16
2.2 Türkiye'de yapılmış çalışmalar 29

3. MATERYAL VE YÖNTEM **33**

3.1 Materyal 33
3.1.1. Çalışma alanı 33
3.1.2 Partikül madde ölçümü 37
3.1.3 Modelleme ve grafik programı surfer 16 39
3.2.1 Partikül madde $PM_{2.5}$ ölçüm yöntemi 40

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **41**

4.1. Gökkuşağı AVM $PM_{2,5}$ Bulguları 41
4.1.1 Yaz mevsimi bulguları 41
4.1.2 Sonbahar mevsimi bulguları 46
4.1.3 Kış mevsimi $PM_{2,5}$ bulguları 50
4.2 Novaland Avm $PM_{2,5}$ Bulguları 54
4.2.1 Yaz mevsimi $PM_{2,5}$ bulguları 55
4.2.2 Sonbahar mevsimi $PM_{2,5}$ bulguları 64
4.2.3 Kış mevsimi $PM_{2,5}$ bulguları 74

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 84

KAYNAKLAR 87

ÖZGEÇMİŞ 92

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

µ	:Mikro
ppm	:milyonda bir
°C	:selsius derecesi

Kısaltmalar

PM	**:**Partikül Madde
PM_{10}	**:**Boyutu 10µm'un altındaki Partikül Madde
$PM_{2.5}$	**:**Boyutu 2.5µm'un altındaki Partikül Madde
HKDYY	**:**Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
CO	**:**Karbon Monoksit
CO_2	**:**Karbon Dioksit
NOx	**:**Azot Oksitler
SO2	**:**Kükürt Dioksit
UOB	**:**Uçucu Organik Bileşikler
O_2	**:**Oksijen
ASHRAE	**:**Amerikan Isıtma, Soğutma Ve Klima Mühendisleri Birliği
AQI	**:**İç hava kalitesi
TSP	**:**Toplam asılı partikül madde
İ/O	**:**İç/Dış derişim oranı
AVM	**:**Alışveriş merkezi
USPA	**:**Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
IHSS	**:**Isıtma Havalandırma Soğutma sistemleri
WHO	**:**World health organization
AQG	**:**Air quality guideline (hava kalitesi rehberi)
BC	**:**Siyah karbon

ŞEKİLLER

Şekil 1.1. Kentsel alanlara uygulanabilir Yıllık ortalama $PM_{2,5}$ standartları (Martins ve da Graça, 2018) 10
Şekil 1.2. Kentsel alanlara uygulanabilir 24 saatlik ortalama $PM_{2,5}$ standartları (Martins ve da Graça, 2018) 12
Şekil 1.3. Partikül maddenin akciğerde yarattığı tahribat (Süren, 2007) 14
Şekil 3.1. Selçuk üniversitesi Alâeddin Keykubat yerleşkesi gökkuşağı alışveriş merkezi ölçüm noktaları (URL7) 34
Şekil 3.2. Novaland alışveriş ve yaşam merkezi (URL7)'den türetilmiştir) 34
Şekil 3.3. Novaland AVM'de giriş ve birinci kat havalandırma sistemi (Basılmamış) . 36
Şekil 3.4. Novaland AVM'de ikinci kat havalandırma sistemi (Basılmamış) 36
Şekil 3.5. Novaland AVM'de katlara göre ölçüm noktaları, a. (-1) kat, b. (0) kat, c. (1) kat, d. (2) kat 37
(URL7)'dan türetilmiştir) 37
Şekil 3.6. Partikül madde ölçüm cihazı "particle counter PCE-PCO1" 38
Şekil 4.1. Gökkuşağı AVM'de yaz mevsimi saat 9 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 42
Şekil 4.2. Gökkuşağı AVM'de yaz mevsimi saat 11 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 43
Şekil 4.3. Gökkuşağı AVM'de yaz mevsimi saat 13 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 43
Şekil 4.4. Gökkuşağı AVM'de yaz mevsimi saat 15 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 44
Şekil 4.5. Gökkuşağı AVM'de yaz mevsimi saat 17 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 45
Şekil 4.6. Gökkuşağı AVM'de yaz mevsimi saat 19 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 45
Şekil 4.7. Gökkuşağı AVM'de sonbahar mevsimi saat 9 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 46
Şekil 4.8. Gökkuşağı AVM'de sonbahar mevsimi saat 11 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 47
Şekil 4.9. Gökkuşağı AVM'de sonbahar mevsimi saat 13 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 48
Şekil 4.10. Gökkuşağı AVM'de sonbahar mevsimi saat 15 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 48
Şekil 4.11. Gökkuşağı AVM'de sonbahar mevsimi saat 17 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 49
Şekil 4.12. Gökkuşağı AVM'de sonbahar mevsimi saat 19 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu ortalaması 49
Şekil 4.13. Gökkuşağı AVM'de kış mevsimi saat 9 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu ortalaması 51
(a) (b) 51
Şekil 4.14. Gökkuşağı AVM'de kış mevsimi saat 11 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 51
(a) (b) 52
Şekil 4.15. Gökkuşağı AVM'de kış mevsimi saat 13 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 52
(a) (b) 53

Şekil 4.16. Gökkuşağı AVM'de kış mevsimi saat 15 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 53
(a) (b) 53
Şekil 4.17. Gökkuşağı AVM'de kış mevsimi saat 17 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 53
(a) (b) 54
Şekil 4.18. Gökkuşağı AVM'de kış mevsimi saat 19 (a) Hafta içi, (b)Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 54
Şekil 4.19. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta içi saat 11.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 56
Şekil 4.20. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta sonu saat 11.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 56
Şekil 4.21. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta içi saat 13.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 57
Şekil 4.22. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta sonu saat 13.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerleri 58
Şekil 4.23. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta içi saat 15.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 59
Şekil 4.24. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta sonu saat 15.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 59
(c) (d) 60
Şekil 4.25. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta içi saat 17.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 60
(c) (d) 61
Şekil 4.26. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta sonu saat 17.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 61
Şekil 4.27. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta içi saat 19.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 62
Şekil 4.28. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta sonu saat 19.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 62
Şekil 4.29. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta içi saat 21.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 63
Şekil 4.30. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta sonu saat 21.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 64
Şekil 4.31. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta içi saat 11.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 65
Şekil 4.32. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta sonu saat 11.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 66
Şekil 4.33. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta içi saat 13.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 67
Şekil 4.34. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta sonu saat 13.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 67
Şekil 4.35. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta içi saat 15.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 68
Şekil 4.36. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta sonu saat 15.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 69
Şekil 4.37. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta içi saat 17.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 70
Şekil 4.38. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta sonu saat 17.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 70

Şekil 4.39. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta içi saat 19.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 71
Şekil 4.40. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta sonu saat 19.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 72
Şekil 4.41. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta içi saat 21.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 73
Şekil 4.42. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta sonu saat 21.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 73
Şekil 4.43. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta içi saat 11.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 74
Şekil 4.44. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta sonu saat 11.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 75
Şekil 4.45. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta içi saat 13.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 76
Şekil 4.46. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta sonu saat 13.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 77
Şekil 4.47. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta içi saat 15.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 78
Şekil 4.48. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta sonu saat 15.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 78
Şekil 4.49. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta içi saat 17.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 79
Şekil 4.50. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta sonu saat 17.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 80
Şekil 4.51. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta içi saat 19.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 81
Şekil 4.52. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta sonu saat 19.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 81
Şekil 4.53. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta içi saat 21.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 82
Şekil 4.53. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta sonu saat 21.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler 83

ÇİZELGELER

Çizelge 1.1. Yıllık ortalama $PM_{2,5}$ standartları (kentsel alanlara uygulanabilir) ve DSÖ kılavuzları ve ara sınırlar ile karşılaştırılması(Martins ve da Graça, 2018)..... 11
Çizelge 3.1. Novaland alışveriş merkezinde alınan ölçüm noktalarının bulundu katlar 37
Çizelge 4.1. Gökkuşağı alışveriş merkezinde mevsimsel partikül madde ($PM_{2,5}$) hafta içi ve hafta sonu dönemlik ortalamaları..... 41
Çizelge 4.2. Novaland alışveriş merkezinde Mevsimsel partikül madde $PM_{2,5}$ hafta içi ve hafta sonu ortalamaları..... 55

1. GİRİŞ

Dünyada, partiküler madde ile ilgili yapılan epidemiyolojik çalışmaların birçoğu bu maddelerin sebebiyet verdiği yüksek hava kirliliği, solunum yolu hastalıkları, kardio, akciğer problemlerin insan sağlığı üzerinde büyük önem taşımasıdır (Brunekreef ve Holgate, 2002). İnsanların, zamanlarının yaklaşık %90'nını kapalı ortamlarda geçirdiği gerçeği bu ortamların hava kalitesinin ne kadar önemli olduğunun açıkça tabiridir fakat buna rağmen dünyada ve Türkiye'de yapılan partikül madde miktarını tespit çalışmaları dış ortamda gerçekleştirilmiş olup, kapalı ortamlarda gerçekleştirilmiş çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır (Karakaş, 2015). Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USA EPA)'nın en önemli altı yaygın hava kirleticisinden biri olan Partikül Madde ($PM_{2,5}$, PM_{10})'nın partikül boyutu, hacmi, kimyasal kompozisyonu, difüze olma özellikleri, reaksiyon özellikleri farklıdır. Organik ve inorganik bileşiklerin karışımından oluşan partikül madde hava kirliliğinin ana kaynağı olarak tanımlanır.

Kütle açısından genel olarak iki gruba ayrılan bu partiküller; kaba partiküller (10μm) ve ince partiküller (2.5 μm) olarak tanımlanır. Parikül maddenin havada kalma süresi tanecik boyutuna bağlıdır, partiküllerin boyutu ne kadar küçük olursa havada kalma süresi aynı oranda artar (Kaya ve Öztürk, 2012) .

EPA'nın sınıflandırmasına göre aerodinamik çapı 0.1 μm'den küçük partiküller çok (ultra) ince, 0.1 μm ile 2.5 μm (2.5 μm dahil) arasındaki partiküller ince partiküller, 2.5 μm ile 10 μm arasındaki partiküller kaba (course) ve 10 μm'den büyük partiküller ise çok kaba partiküller olarak adlandırılmaktadır.

PM konsantrasyonu genellikle birim hacimdeki kütle yada parçacık adedi olarak tanımlanır. PM konsantrasyonu, endüstriyel alanlarda mg/m^3 veya $\mu g/m^3$ olarak, ofis binaları ve endüstriyel temiz alanlarda ise $adet/m^3$ olarak ifade edilir (ASHRAE., 2003). Kaba partiküller (>2.5 μm) daha çok mekanik işlemler sonucu oluşurken, ince partiküller (<2.5 μm, $PM_{2,5}$) ile ultra ince partiküller (<0.1 μm) ikincil kirletici olarak gaz ve yakıtların kimyasal reaksiyonları sonucu da oluşabilmektedir, buna örnek olarak diesel yakıtların yanması sonucu direk ortama atılmasıdır (URL1).

Ana kaynağı iç ortamlarda gerçekleşen aktiviteler ve dış ortam kirliliği olan iç ortam partiküllerin konsantrasyon seviyeleri genellikle havanın değişim yüzdesi, iç

ortam aktiviteleri, dış ortam PM seviyesi, ortama salınan parçacıkların aerodinamik çapları gibi faktörler sayesinde değişkenlik göstermektedir (Braniš ve ark., 2005). Kapalı ortamlarda sigara içimi, havalandırma mekanizmaları, ısıtma, yemek pişirme ve diğer kapalı ortam aktiviteleri (yürümek, temizlik işlemleri ve kapalı ortamlara insanlar tarafından giriş çıkış yapılması gibi) iç ortamda tozların ve parçacıkların dağılımına neden olabilmektedir. Bu parçacıkların dağılımına sebep olabilecek aktivitelerin gerçekleşmediği zamanlarda ise kişilerin normal aktiviteleri (temizlik faaliyetleri, hareket etmek, deri döküntüleri, kumaş ve kâğıt fiberlerinden çökelen toz parçacıklarının yeniden ortama dağılmasına neden olabilmektedir (Fromme ve ark., 2007). Günümüzde hava kirliliği ve sebebiyet verdiği sağlık sorunlarına yönelik araştırmaların yaygın olmasından dolayı dış ortam hava kalitesinin verileri ile gerçekleştirilmektedir. Ancak insanlar zamanlarının %87'sini kapalı ortamlarda geçirdiklerinden ve bu ortamların kötü hava kalitesine sahip olduğundan dolayı ortamda bulunan havanın sağlık üzerinde olan etkisini değerlendirebilmek için dış ortam verileri yerine iç ortam verilerinin incelenmesi gerekmektedir.

1.1. Hava Kirliliği

Hava kirliliği, atmosferde bulunan toz, gaz, duman, su buharı, koku ve birçok kimyasalların etkileşimi sonucu oluşan parçacıkların canlılara ve eşyalara zarar verebilecek miktarda bulunmasıdır. Son yıllarda tüm dünya ülkelerini etkileyen bir çevre sağlığı sorunu olan bu kirlilik her yıl 3 milyon insanın ölümüne sebebiyet vermektedir. Bir başka tanımla hava kirliliği, endüstriyel prosesleri ve motorlu taşıtları güçlendirmek için fosil yakıt yanması, yani doğal gaz, kömür ve petrol gibi antropojenik faaliyetler sonucu meydana gelmektedir.

Hava kirliliğinin ana nedenlerine bakıldığında ise, artan nüfus sayısı, şehirleşme ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji ihtiyacı fosil yakıtlara olan ihtiyacın artmasına neden olmuştur (Karakaş, 2015). Fosil yakıtlarının fazla kullanılması sonucu atmosferin yapısında gün geçtikçe değişiklikler meydana gelmektedir. İnsanlar durmaksızın her an çevrelerindeki havayı soluyor. Havada bulunan gaz ve partiküllerde solunan hava ile birlikte solunuyor. Bu kirleticiler insanların kalbine akciğerine ve diğer organlarına zarar vermektedir. Geçmişte hava kirliliğinin sebebiyet verdiği ölüm vakalarına baktığımızda

1948 yılında Pennsylvania'da yaklaşık 20 kişi hayatını kaybederken bu olay 1930 yılında Belçika'da ve 1952 yılında Londra'da 63, 3000 kişinin hava kirliliği nedeniyle hayatını kaybetmiştir. Her ne kadar doğal fiziksel olayların (volkanlar, yangınlar) sonucu olarak atmosfere farklı kirleticiler salınsa da antropojenik (insan) faaliyetlerinin çevrede oluşan hava kirliliğine birinci derece kaynak olarak belirlenmiştir.

1.2. İç Ortam Hava Kirliliği

İç ortam havası; iş yeri, konut, alışveriş ve yaşam merkezleri, taşıma araçlarının iç mekânları (otobüs, araba, gemi, tren vb.) okul ve ofis gibi binaların içinde bulundurduğu hava olarak ifade edilir. İç ortam hava kirliliği ise yukarıda bahsi geçen ortamlarda sağlığa zarar verebilecek miktarda maddelerin bulunmasıdır. Bu solunabilir maddelerin genellikle gaz, toz, buhar şeklinde gözlenmiştir. Bu maddelerin ortamda bulunma miktarı ve konsantrasyonu ortamın karakteristiğine, bina yapımında kullanılan yapı ve iç mekân malzemelerine ve içinde bulunan bireylerin davranış şekillerine göre farklılık göstermektedir. Buna örnek olarak bir okul binasında öğrencilerin hareketlerinden kaynaklanan koridorlarda tozlanma ve partikül madde oranlarının yükselmesi ve bunun yanı sıra bir kırtasiye dükkanında kullanılan baskı makinesi, fotokopi makinası gibi ekipmanların çeşitli uçucu organik bileşiklerin ortama yayılmasına neden olmuştur.

Ülkelerdeki son zamanların enerji tasarruf politikaları ve bununla ilişkin yetersiz havalandırmanın yapıldığı, iç ortam hava dolaşımının en az düzeye indiği, dış ortama açılabilen pencerelerin bulunmadığı ve klimaların bulunduğu izolasyonlu bina yapımı, bu kapalı ortamların hava kalitesini önemli bir şekilde etkilemiştir. İnsan performansının iç ortam hava kalitesi ile etkilendiği bilinen bir gerçektir. İnsan konforu ve verimliliği için bulunduğu iç ortamın 19-20°C'de olması ve soluduğu havanın nem oranının %30-50 olması gerekmektedir (Alyüz ve Sevil, 2006).

İç ortamlarda bulunan partiküler madde, karbondioksit (CO_2), karbonmonoksit (CO), azotoksitler (NO_x), kükürtoksitler (SO_x), organik bileşikler (UOB), sıcaklık, alerjenler ve çeşitli mikrooganizmaların varlığı o ortamın hava kalitesini etkilemektedir. Bu kirleticilerin bulunduğu ortamdaki hava soluma oranı arttıkça çeşitli rahatsızlıklara yakalanma riski de artmaktadır.

İç ortam kaynaklarından salınabilen bu kirleticiler aynı şekilde dış ortamdan nüfuz ya da iç ortamda fotokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesi sonucu ikincil kirletici olarak ta nitelendirilebilir (Arslanbaş, 2008).

1.2.1. İç ortam hava kirletici kaynakları

İç ortam kirleticileri çok fazla çeşide sahip olmakla birlikte birbirinin arasında farklılık göstermektedir. Bu kirleticilerin bir kısmı iç ortamda gerçekleşen temizlik faaliyetlerinden (UOB), yemek pişirme eylemlerinden (CO, NO_x, partiküller), iç ortam boyama işlemlerinden, sigara kullanımı (CO, partiküller) ve koku giderimi için kullanılan sprey parfümler gibi bazı aktiviteler sebebi ile oluşur. Bunun yanı sıra mobilyalar, bina malzemeleri, kimyasal madde içeren ürünlerden yayılması mümkündür. Ayrıca bazı iç ortam kirleticilerin dış ortamda üretilip pencere veya kapı vasıtası ile iç ortama taşınabilmektedir.

En yaygın iç ortam hava kirleticileri sırasıyla şöyledir:

a) Kimyasal içerikli temizlik ürünleri,
b) Bina içi ve dış cephe bina yapı malzemeleri,
c) Preslenmiş ahşap eşyalar,
d) Lamine edilmiş tahta ürünler
e) Nem
f) Tütün kullanımı (Sigara, nargile vb.)
g) yetersiz havalandırma

Bu kirletici kaynaklarından tütün kullanımı, temizlik malzemeleri, oda kokusu ve bina malzemeleri ile ilgili, iç ortam hava kalitesine etki eden faktörlerden havalandırma ve soğutma sistemleri (IHSS), CO_2, ısıtma, termal etki (nem ve sıcaklık) ile açık ortam hava kalitesindeki etkileri aşağıdaki kısımda özetlenmiştir:

a) Temizlik malzemeleri

Uçucu organik bileşikler (UOB'ler) bina içi kaplama ve yapıda kullanılan malzemelerin birçoğundan kaynaklanır. UOB'ler cila, boya, yapay ahşap, çok sayıda

yapı malzemesinde, mobilyalarda ve bazı temizlik amaçlı kozmetik ürünlerde etkili bir şekilde kullanılmaktadır.

2011 ve 2012 yılları arasında Medina-Ramon ve ark.(Medina-Ramon ve ark., 2005) İspanyada yaptıkları bir çalışmada, 30-65 yaşları arasında olan 4521 temizlik görevlisi kadının ev temizliği yaparken astım hastalığına yakalanmasının tahrişe neden olan temizlik ürünleri ile ilişkilendiğini belirtmiştir. Temizlik ve hijyen gibi avantajların yanı sıra içerdikleri kimyasallardan oluşan dezenfektanların sağlığa olan etkisi büyük risk taşımaktadır. Temizlik faaliyeti yapılırken ortama yayılan uçucu organik bileşiklerin etkisi temizlik bittikten sonrada gaz fazında yayılıp vücuda soluma yoluyla girebilir. Ayrıca temizliği yapan kişi kadar ortamda bulunan bireylerde de aynı risk durumu söz konusudur.

Temizlik malzemelerinden çıkan emisyon (i) temizlik malzemelerinin bileşimi, (ii) temizlik malzemesinin içeriğinde bulunan uçucu bileşimin konsantrasyonu ve (iii) temizlik malzemesinin kullanımı, kullanım sıklığı ve miktarı gibi önemli faktörler ile değişkenlik gösterebilmektedir.

b) Çevresel Tütün Dumanı-ÇTD (Environmental Tobacco Smoke-ETS)

Çevresel tütün dumanı (ÇTD), sigaranın kullanılan kişi tarafından yakılması sırasında sigarının ucundan oluşan dumanı tanımlamaktadır. Türkiye'de hatta dünyada yaygın bir şekilde kullanılan sigaraların taşıdığı sağlık riskleri sadece kullanıcılarda değil kullanım sırasında ortama yayılan çevresel tütün dumanı çevresindeki bireylerde de sağlık sorunları taşımaktadır. Çevresel tütün dumanı, sigara içen kişi tarafından ortama yayılan duman ve sigaranın yanması halinde olan ucundan çıkan dumandan oluşur (Organization ve Initiative, 2007).

Ana yakım dumanından kaynaklanan emisyonların yan yakım emisyonlarına göre daha baskın oluşu ÇTD pasif içiciliği açıklamaktadır. Birçok epidmiyolojik çalışmaları araştırdığımızda pasif içiciliğinin sağlık üzerinde olan etkilerinde akciğer, kadınlarda meme kanseri (Morabia ve ark., 2001); (Johnson, 2005) riski, bağışıklık sisteminin fonksiyonlarını etkilemesi (Castellazzi ve ark., 1999) ve koku duygusunda bozukluğa neden olduğu tespit edilmiştir.

ÇTD'nin düşük seviyelerde bile toksik olanları tehlike arz etmektedir (Thomson ve ark., 2006)ve sınıflandırılmalara göre A grubu karsinojen olarak sınıflandırılmaktadır

(URL2). Binlerce kimyasal içeren ÇTD'lerin az 250'sinin karsinojenik veya toksik olunduğu bilinmektedir (URL3).

Dünya sağlık örgütü (DSÖ) 2013 yılında yaptığı bir açıklamada Türkiye'de 2000 kişi üzerinde yaptığı bir araştırma sonucu hastanelerde kalan hastaların yaklaşık %20'sinin sigara kullanımından kaynaklı olduğu ve ülkede erkek nüfusunun yarısından fazlasının günlük sigara tükettiği bilgisine ulaşmıştır. Kapalı alanlarda hava kalitesini koruma amaçlı dumansız hava sahası politikasını Türkiye ilk kez 2008 yılında sıkı bir yönetim ile uygulamıştır ve buna ilişkin başarılı sonuçlar elde edilerek sigara içiminde %20 oranında azalma olurken hastaneye yatış oranlarında %27 azalma olmuştur (URL4).

Kapalı ortamların hava kalitesini izleme amaçlı sigara kullanımın yanı sıra nargile içiminin de hava kalitesinde yarattığı etkiyi test edebilmek için bir kapalı odada 4 saatlik süre ile nargile içilmiştir (Fromme ve ark., 2009). Nargile içilmesinden kaynaklanan sağlık etkisi yüksek birçok bileşiğin ortama yayılmasına rağmen, insanlar nargile tüketiminin sigara tüketimine göre daha az zararlı olduğunu düşünmektedir. Fakat yapılan araştırmaların sonucunda nargile yakılmasından kaynaklanan UOB seviyelerinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Maziak ve ark. (Maziak ve ark., 2008), bu konu hakkında yaptıkları bir araştırmada nargile tüketimi ile ilişkin partiküler madde konsantrasyon seviyelerini belirlemek için kapalı bir laboratuvar ortamında 20 adet nargile ve 20 adet sigara farklı saatlerde içilerek ortamdaki PM_{10} ve $PM_{2,5}$ konsantrasyonları belirlenmiştir. $PM_{2,5}$ ölçüm sonuçlarında maksimum değerler sigara için 575 $\mu g/m^3$, nargile için ise 908 $\mu g/m^3$ olarak kaydedilmiştir. Bu değerler PM_{10} içinde çok farklılık göstermeyerek sigara içiminde 653 $\mu g/m^3$ olarak tespit edilirken nargile içiminde 1,052 $\mu g/m^3$ gibi yüksek seviyeler göstermiştir (Maziak ve ark., 2008).

c) Oda kokusu

Son yıllarda birincil kadar ikincil emisyonlarında yarattığı etkilerin belirtecek çalışmalar yapılmaya başlamıştır. Yaygın bir şekilde kullanılan oda ve kapalı ortam parfümlerinin etkisini tespit etmek için (Singer ve ark., 2006), 50 m^3 hacminde olan bir odada, ozon mevcudiyetinde oda parfümleri ve temizlik ürünlerinin kullanımında odada oluşan ikincil kirleticileri araştırılmıştır. Sonuç olarak oda kokuları/ spreyleri veya terpenoid içeren temizlik ürünleri iç mekân ozonla kullanılarak yüksek miktarda ikincil kirleticilerini üreterek yeni bulgular oluşturduğu belirtilmiştir.

d) Bina malzemeleri

Uçucu organik bileşiklerin birçok çeşidi vardır, aralarında en önemli kaynaklarından olan yapı, ahşap, dekorasyon ve inşaat malzemeleridir. Bunlar: yer kaplaması, preslenmiş ahşap, kompozit ve boya gibi malzemelerdir. Bu malzemelerin çok tabakalı olanının emisyon veya kirletici yayma süresi daha uzundur ve hız olarak tek tabakalı materyallerden daha yavaştır. Ofis binalarında, yapı malzemelerine ilave olarak fotokopi ekipmanları da UOB'ler için ek kaynak sayılmaktadır (Vural ve Balanlı, 2005; Lee ve ark., 2006).

1.2.2 İç ortam hava kirliliğini etkileyen faktörler

Kaynakların yanı sıra iç ortam hava kalitesine etki eden faktörler bulunmaktadır, bu faktörler: Soğutma Havalandırma ve Isıtma sistemleri, ventilasyon, termal performans (sıcaklık ve nem), CO_2 konsantrasyonu ve dış ortam hava kalitesi. Aşağıda her bir faktörün etkileri aynı başlıklar altında açıklanmıştır.

1.2.2.1. Isıtma havalandırma soğutma sistemleri

Ülkelerin ekonomik gelişimi ile birlikte, IHS sistemlerinin son yıllarda günlük yaşamda fazla tercih edildiği gözlemlenmiştir. Bu sistemler genel olarak kapalı ortamların hava kalitesini iyileştirme ve termal bir rahatlık sağlaması için kullanılmaktadır. Fakat bu sistemlerin havayı düzensiz bir şekilde dağıtması ve binayı yetersiz havalandırma durumu, hasta bina sendromunun oluşumuna neden olmaktadır (URL5). Son yıllarda IHS sistemleri sağlıklı bir kapalı ortam hava kalitesi ve termal rahatlığı sağlayabilmek geliştirilmektedir, buna rağmen termal rahatlık açısından geliştirilmiş bir hizmet sunarken sağlıklı ortam açısından kaliteli bir hava sağlayamamaktadır (Niu, 2004) .

1.2.2.2 Havalandırma

Havalandırma tanımı bir kapalı ortam içinde bulunan havanın doğal (pencere, kapı) ya da yapay (vantilatör) olarak yenilenmesine denir. İnsanlar bulundukları iç ortam ortamda, oksijen miktarı, iç ortam havasının azalması ve karbon dioksitin artması

ila giderek kirlenmektedir. Kapı veya pencerelerin açılmasıyla dış ortam ve iç ortam arasındaki sıcaklık farkı sayesinde, doğal bir şekilde havalandırma gerçekleşebilmektedir. Kalite açısından her mekanik havalandırma cihazının bir hava temizleme sistemine sahip olması önemlidir. Bu amaçla kullanılan HEPA filtreler alerjik yapıda toz ve parçacıklıların yok edilmesine yardımcı olurken havada bulunan bazı gaz türleri, rahatsız edici kokular ve UOB'lerin bertaraf edilmesinde etkindirler.

(Xu ve ark., 2010) yaptıkları bir çalışmada 30 astımlı çocuğun yatak odasında havalandırma ve hava temizleme işlemlerinin solunum sağlıklarını nasıl etkilediğini araştırmıştır. Çalışma sürecinde kullanılan HEPAiRx hava temizleme/havalandırma ile dikkat çekici sonuçlar elde edilmiştir. PM_{10} konsantrasyonlarının %72 oranında azalması görülmüştür. Ayrıca CO_2'de %19, CO'da ise %30 oranında iyileşme görülürken kirletici konsantrasyonlarından uçucu organik bileşiklerin de %59 olarak azaldığı görülmüştür. Bu durum havalandırma sistemlerinin hava temizleme işleminin birlikte kullanılması astım hastalarının semptomlarını daha aza indirebileceğini göstermiştir.

1.2.2.3 Karbon Dioksit (CO_2)

CO_2 miktarı, kapalı ortamlarda yeterli havalandırmanın olup olmadığını belirleyen önemli bir indikatördür. Solunum işleminin sonucu olarak açığa çıkan CO_2'in kapalı ortamlardaki seviyesini belirlemek için ve nasıl olması gerektiğini anlatan birçok standart mevcuttur. Okul sınıflarında gerçekleşen bir çalışmada CO_2 değerinin havalandırma arttıkça düştüğü öne sürülmüştür (Heudorf ve ark., 2009). (Kuş ve ark., 2008) CO_2 seviyesinin bir üniversite dersliklerinde iç ortam hava kalitesini değerlendirme amacıyla ölçtüklerinde ortalama 1,000–1,414 ppm (en yüksek 2,250 ppm) olarak bulmuştur. İzmir şehrinde bir ilköğretim ve anasınıflarında yapılan başka bir çalışmada CO_2 değerleri ilköğretim sınıflarında 1,000 ppm'in üzerinde ölçülmüş, yine aynı değerler anasınıflarında kış aylarında görülmüştür (Sofuoğlu ve Sofuoğlu, 2011).

1.2.2.4 Termal performans (sıcaklık ve nem)

Yerel konforun sağlanması için hava sıcaklığı ve nem en önemli faktörlerdir. Makul nem oranı %50, sıcaklık ise 23º C olarak belirlenmektedir. Konfor dışında termal

performansın kapalı ortamdaki hava kalitesini hangi yönde etkilediği henüz araştırılmaktadır. Aynı anda termal performans ve kapalı ortam hava kalitesini analiz edebilmek için çok parametreli dinamik koşulları da göz önünde bulundurularak incelenmektedir.

1.2.2.5 Dış ortam hava kalitesi

Dış ortam hava kalitesi, hava akımı ile iç ortama taşındığında iç ortam hava kalitesini hem konsantrasyon seviyesi açısından hem de kompozisyon olarak etkilemektedir. Partikül madde seviyesi, eş zamanlı olarak yaz ve kış aylarında gerçekleşen ölçümlerde iç mekânda dış mekâna göre daha yüksek olduğu, sanayilere ve ana yollara yakın evlerde iç mekân PM seviyesinin dış mekân seviyelerine göre daha fazla etkilendiği bulunmuştur (Pekey ve ark., 2010).

2.2.3 İç ortam hava kirleticileri: Partikül Madde (PM)

İç ortam hava kirleticilerinin en önemli kaynaklarından olup hava kalitesini olumsuz şekilde etkileyen küçük taneciklere partikül madde denir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın belirlediği yaygın kirleticiden biri olan partikül madde PM ($PM_{2,5}$ ve PM_{10})'nin reaksiyon özellikleri, kimyasal kompozisyonu, uzun ve kısa aralıkta dağılım özellikleri farklıdır. Partikül madde konsantrosyonunu ifade etmek için metreküpte mikrogram ($\mu g/m^3$) birimi kullanılmaktadır. Partiküllere aerosollerde dahil olmaktadır. PM ister doğal kaynaklardan olsun, ister yapay kaynaklardan, insan hayvan ve bitkilerin sağlığını olumsuz yönde etkileyen bir kirlilik türüdür. Ağırlıkları nedeni ile atmosferde hızla çökebilen büyük partiküller dışında, atmosferde bulunan küçük tanecikli sıvı veya katı parçacıklarını da kapsamaktadır. Yüzlerce kimyasallardan oluşabilen partiküller farkı şekillerde ve boyutlarda dağılabilir. Partikül maddeler oluşum mekanizmasına göre iki gruba ayrılmaktadır:

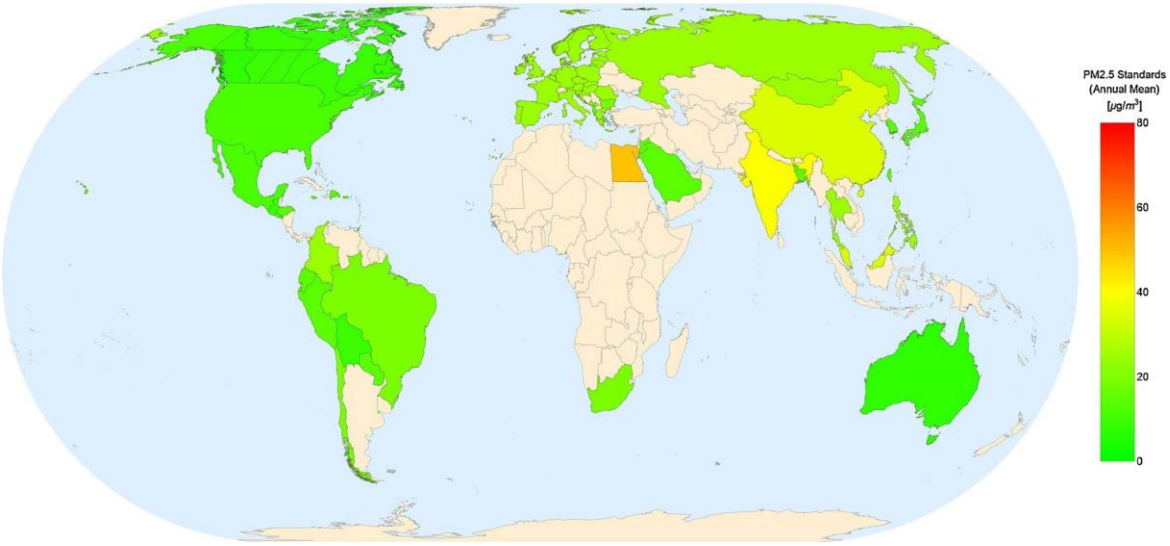
Kirleticilerin kaynaktan atmosfere direk atılıp havada bulunmasına birincil (primer) partiküller denir. Volkanik, toprak tozu, yaprak yüzeylerinden kopan partiküllerin hepsi birincil partiküllerin doğal ana kaynaklarıdır. Buhar jeneratörleri, trafik, inşaat ve tarım aktiviteleri, ısıtma işlemleri antropojenik kaynaklardır. Yakma kaynaklarından genellikle çapı 1μm'den küçük partiküller oluşur, doğal kaynaklardan ise 1 μm'den büyük çaplı partiküller oluşmaktadır.

İkincil (Seconder) partiküller, atmosfere dağılan birincil partiküllerin havada bulunan diğer türler ile yoğunlaşma, yüzeye adsorplanma ve bir takım reaksiyonlar sonucu oluşan partiküllere denir.

2.2.4 Dünyada $PM_{2,5}$ maruziyeti için belirlenen sınır değerler

$PM_{2,5}$'a maruz kalma eşiği, tüm olumsuz sağlık etkilerine karşı kesin olarak güvenli ve eksiksiz bir koruma seviyesi sağlayabilecek şekilde tanımlanmamıştır (Kiesewetter ve ark., 2015). Yine de, ince parçacık kirliliğinin sağlığa etkilerini sınırlamak amacıyla, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) yıllık ve kısa süreli (24 saat) insanın $PM_{2,5}$'e maruz kalmasına ilişkin kılavuz ilkeler önermiştir. Bu küresel standartlara ek olarak, WHO ülkeleri ulusal standartları tanımlamaya ve uygulamaya koymaya teşvik etmektedir (WHO, 2013). Kılavuz düzeyleri ile birlikte, WHO, $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarını kademeli olarak düşürmek amacıyla üç ara maruz kalma seviyesi tanımlamıştır. Ek olarak, WHO, sporadik yüksek $PM_{2,5}$ olayları genellikle yüksek $PM_{2,5}$ seviyelerine yıllık maruziyetten daha az zararlı olduğundan, 24 saatlik ortalamaya göre öncelikli olmak üzere yıllık ortalamayı önerir.

WHO'nun yıllık ortalama hava kalitesi sınırı (AQG) 10 µg / m^3'tür. Şekil 1.1 ve Çizelge 1.1, dünya çapında kullanılan yıllık $PM_{2,5}$ maruz kalma sınırlarının bir özetini göstermektedir. Avustralya ve Kanada'nın British Columbia eyaleti, daha düşük bir standardı yürürlüğe koyan tek ulusal ve ulusal yargı alanıdır: 8 µg/m^3 (Columbia ve objectives., 2009; Government, 2016).



Şekil 1.1. Kentsel alanlara uygulanabilir Yıllık ortalama $PM_{2,5}$ standartları (Martins ve da Graça, 2018)

Çizelge 1.1. Yıllık ortalama $PM_{2,5}$ standartları (kentsel alanlara uygulanabilir) ve DSÖ kılavuzları ve ara sınırlar ile karşılaştırılması(Martins ve da Graça, 2018)

Yıllık Ortalama [μg / m^3]	Ülkeler
8	Avustralya, Britanya Kolombiya'sı (Kanada)
10 (WHO AQG)	Bolivya, Kanada, Guatemala
12	California (Amerika Birleşik Devletleri), Meksika, Singapur, Amerika Birleşik Devletleri
15 (WHO IT-3)	Arnavutluk, Bangladeş, (Arjantin), Dominik Cumhuriyeti, Ekvador, El Salvador, Honduras, Jamaika, Japonya, Ürdün, Paraguay, Peru, Petro Riko (Amerika Birleşik Devletleri), Suudi Arabistan, Tayvan, Trinidad ve Tobago
20	Brezilya, Bulgaristan, Şili, Güney Afrika
25 (WHO IT-2)	Kolombiya, Avrupa Birliği, Moğolistan, Karadağ, Norveç, Filipinler, Kore Cumhuriyeti, Kosova Cumhuriyeti, Rusya, Tayland
35 (WHO IT-1)	Çin, Hong Kong (Çin), Malezya
40	Hindistan
50	Mısır

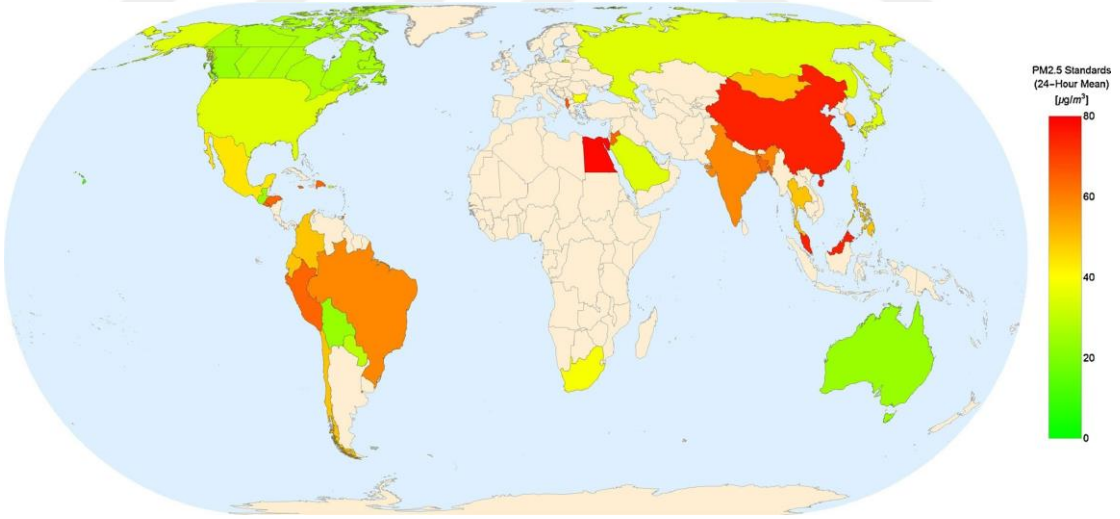
Kanada (federal düzeyde), Bolivya ve Guatemala, WHO kılavuzuna uyuyor. Meksika, Singapur ve ABD (Kaliforniya eyaletinin kendi düzenlemelerine ek olarak federal düzeyde) yıllık standartlarını 12 μg/m^3 olarak belirlemiştir. WHO'nun 15 μg / m3'lük üçüncü ara seviyesi (IT3), birkaç Merkez (Dominik Cumhuriyeti, El Salvador, Honduras, Jamaika, Trinidad ve Tobago ve Amerika bölgesi Porto Riko) ve Güney Amerika (Ekvator, Paraguay, Peru) ve Arnavutluk, Bangladeş, Japonya, Ürdün, Suudi Arabistan ve Tayvan'ın yanı sıra Arjantin'in Buenos Aires eyaleti ile benzerlik göstermektedir. Brezilya, Bulgaristan, Şili ve Güney Afrika'da yıllık standart 20 μg / m^3'tür (Cheng ve ark., 2016).

WHO'nun ikinci ara seviyesi (IT2) Kolombiya, Moğolistan'ın yanı sıra, çoğu Avrupa ülkelerinde de (Avrupa Birliği, Karadağ, Norveç, Kosova Cumhuriyeti ve Rusya), Filipinler, Kore Cumhuriyeti ve Tayland'da standart olarak belirlenen 25 μg/m^3 olarak belirlenmiştir.

WHO'nun ilk orta seviye standardı (IT1) 35 μg/m^3 seviyesindedir (standart IT1'in doğa rezervleri gibi özel koruma şartlarına sahip bölgeler hariç), bu bölgeler Hong Kong Çin Özel İdari Bölgesi ve Malezya'dır. WHO'nun kısa (24 saat) hava kalitesi kılavuzu, epizodik kirlilik zirvelerine karşı korunmayı amaçlamaktadır. Bu sınır şu anda 25 μg/m^3 olarak ayarlanmıştır ve mevcut ulusal standart bu kılavuzdan daha

katı değildir. Bu sınır Avustralya, Bolivya, Guatemala ve British Columbia (Kanada) 'da uygulanır. Kanada (28 µg/m^3), Paraguay (30 µg/m^3) ve Japonya, Rusya, Suudi Arabistan, Tayvan, Amerika Birleşik Devletleri ve Porto Riko (Amerika Birleşik Devletleri) (35 µg/m^3) kullanarak, WHO'nun AQG'si ve IT-3 arasındaki standartları uygulamaktadır. Singapur, WHO'nun IT1: 37.5 µg/ m^3'ünde standart belirleyen tek ülkedir. Bulgaristan ve Güney Afrika (40 µg/m^3) ve Meksika (45 µg/m^3) takip ederken Şili, Kolombiya, Ekvator, Moğolistan, Filipinler, Kore Cumhuriyeti ve Tayland WHO'nun IT2: 50 µg/m^3 ile eşleşmektedir. Brezilya ve Hindistan 24 saat standartlarını 60 µg/m^3 olarak belirlemiştir.

Bangladeş, Dominik Cumhuriyeti, El Salvador, Honduras, Jamaika, Ürdün, Peru, Trinidad ve Tobago ve Buenos Aires'te (Arjantin) 24 saat standardı 65 µg/m^3, Arnavutluk'ta 66 µg/m^3 olarak belirlenmiştir. Çin, Malezya ve Hong Kong (Çin) IT-1grade standartlarını (75 µg/m^3) tekrarlarken Mısır, WHO tarafından önerilenlerin üzerinde bir standart belirleyen tek ülkedir (80 µg/m^3). Avrupa Birliği, Karadağ, Norveç, Kosova Cumhuriyeti ve Kaliforniya (ABD) 24 saatlik bir standart belirlememiştir. Şekil 2 ve Tablo 1 bu 24 saatlik ulusal standartları özetlemektedir.



Şekil 1.2. Kentsel alanlara uygulanabilir 24 saatlik ortalama $PM_{2,5}$ standartları (Martins ve da Graça, 2018)

Şunu da belirtmek gerek, çoğu ulusal standart gelecekteki sınırlar hakkında bir tahminde bulunmaz ve sadece ilgili hükümet ve danışmanlar tarafından gerekli görüldüğünde güncellenir.

Şekil 1 ve 2'de görüldüğü gibi, her ülke için $PM_{2,5}$ standardı genellikle komşu ülkelerindekilerle aynıdır. Yıllık en katı $PM_{2,5}$ standartları Avustralya'da, Kuzey ve Orta Amerika'da bulunmaktadır. Buna karşın Çin, Malezya, Hindistan ve Mısır için

belirlenen standartlar bulunmaktadır, fakat bu standartlar ile her ülkenin ekonomik gücü arasında bir ilişki bulunamamıştır(URL6). Bu, o bölgede açıkça uygulanan $PM_{2,5}$ standartlarının ekonomik olarak daha az gelişmiş ülkelerdekinden özellikle(Bangladeş, Güney Afrika ve Orta ve Güney Amerika'nın çoğu) daha az talep kâr olduğu Avrupa'da açıkça görülmektedir (Brunekreef ve ark., 2015). Afrika ve Asya'nın çoğu ülkelerinde henüz belirlenen bir standart bulunamamıştır.

Bazı ülkeler kabul edilebilir dış mekân $PM_{2,5}$ seviyelerinde bir düşüş öngörmüş olsalar da, yalnızca Avustralya ve Kanada, DSÖ kılavuzunun altındaki $PM_{2,5}$ seviyelerini uygulamaya çalışmaktadır.

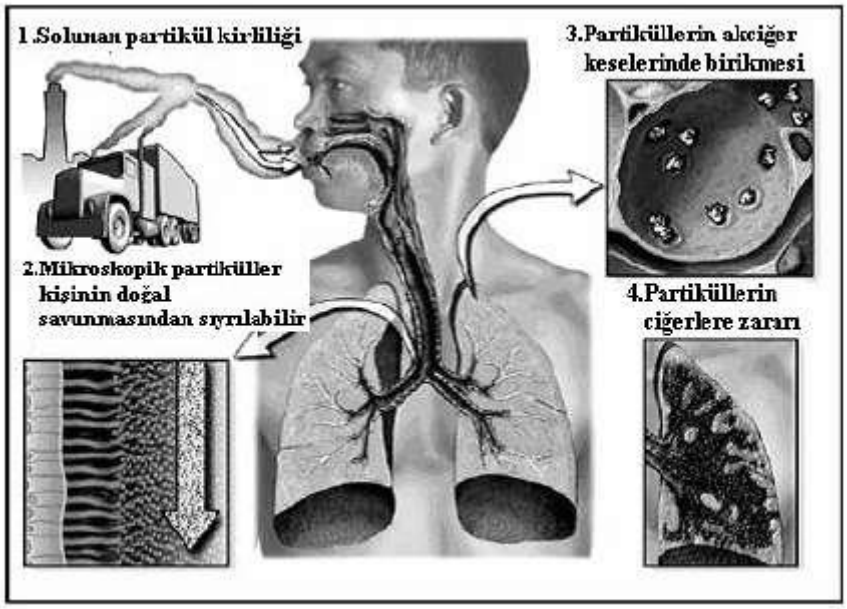
Türkiye'de PM seviyelerinin 1950 yılından itibaren gelişmiş ülkelerde giderek azalma göstermesine rağmen, halen Kuzey, Orta ve Doğu Avrupa ve daha düşük oranda Batı Avrupa'daki bölgelerinde kabul edilebilir sınırların üzerinde olduğu bildirilmektedir. THKKY tarafından 1995 yılında kısa, uzun ve kış dönemlerinde PM_{10} için güvenli sınır değerleri sırasıyla şöyle belirlenmiştir: 400 $\mu g/m^3$, 150 $\mu g/m^3$, 200 $\mu g/m^3$ (Elbir T, 2000).

2.2.4 Partikül madde ve iç ortam hava kirliliğinin sağlığa olan etkileri

İnsan hastalıkları ve kötü hava kalitesi arasındaki ilişki çok eski çağlardan beri kabul edilmektedir. Yirminci yüzyılda hava kirliliğinin sağlık etkileri artık dünya bilincine girmiştir. Ultra ince partiküllerin sağlık üzerindeki etkisi kaba partiküllere göre daha etkili ve tehlikelidir (Alptekin O ve G, 2015). Böylece aerodinamik çapı 1 μm'den küçük partiküllerin kimyasal özellikleri sağlık adına büyük önem taşımaktadır (Karakaş, 2015). Partikül madde tüm nüfus gruplarını etkilemekte, ancak hassasiyet kişinin sağlık durumu ve yaşına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Organization ve UNAIDS, 2006).

PM_{10} akciğerin içine kadar ulaşıp, kan'da bulunan karbon dioksitin oksijene değişme işlemini yavaşlatmaktadır ve nefes darlığına sebep olmaktadır. Bu sırada kalbin, oksijensizliği giderebilmesi için daha hızlı çalışması gerektiği için üzerinde büyük ve ciddi bir baskı oluşmaktadır (Süren, 2007).

Partikül maddenin akciğerde yarattığı tahribat Şekil 1.3'de verilmiştir.



Şekil 1.3. Partikül maddenin akciğerde yarattığı tahribat (Süren, 2007)

Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nun 25 Mart, 2014 tarihinde yayınladığı bir rapora göre, 2012 yılında yapmış olduğu araştırma sonucunda yaklaşık 7 milyon kişinin ölüm sebebi (her 8 ölümden biri) yüksek hava kirliliğinden kaynaklandığını belirtmiştir. Bu rapora dayanarak kalp rahatsızlıklarının yanı sıra, mesane kanseri ve akciğer kanserinin de yüksek hava kirliliği ile bağlantılı olabileceği açıklanmıştır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından hazırlanan bu raporda dış hava kalitesinin yanı sıra ev, işyeri ve tüm kapalı alanlarda bulunan hava kalitesini değerlendirmiştir ve partikül madde hava kirliliğinin yılda yaklaşık 800.000 erken ölüm vakalarına neden olduğu belirtmiştir. Sonuç olarak partikül madde kirliliğinin dünya ölçeğinde başta gelen 13 ölüm sebebi olarak sıralanmaktadır (Anderson J ve ark., 2012). ABD'de (2000'den 2007'ye kadar) 7 yıl boyunca süren bir çalışma, $PM_{2,5}$'un her 10 $\mu g/m^3$ düşüşünde ortalama yaşam süresinin 0,35 yıl uzatıldığını göstermiştir (Correia ve ark., 2013). Amerikan Kanser Derneği'nden Pope ve iş arkadaşları büyük şehirlerde yaşayan 500,000 yetişkine dayanan bir dizi veri toplamıştır. Sigara, alkol ve diğer risk faktörlerine maruz kalındığında her 10 $\mu g/m^3$ $PM_{2,5}$ için genel mortalite akciğer kanseri mortalitesinin sırasıyla %4, %6 ve %8 arttığı sonucuna varmışlardır (Pope ve ark., 2002).

Bu tezin amacı, insan yoğunluğunun fazla olduğu iç ortamların hava kalitesinin önemini kamuoyuna sunarak Türkiye'de bu bilincin yayılmasına, Konya ilinde seçilen iki alışveriş merkezindeki iç ortam hava kalitesinin araştırılmasını ve elde edilen

sonuçları modellenerek kirlilik haritaları oluşturmak, konunun değerini ortaya koymak, tartışmaya hazır hale getirmektir.

Bu amacı gerçekleştirebilmek için sanayi şehri olarak da adlandırılan Konya'da Novaland alışveriş merkezi ve Selçuk üniversitesi Alâeddin Keykubat kampüsünde bulunan Gökkuşağı alışveriş merkezinde partikül madde $PM_{2,5}$ ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen verileri Surfer-16 programı sayesinde haritalandırarak modelleme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar üç ayrı mevsime göre yorumlanmış daha sonra birbiriyle karşılaştırma yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Dünyada iç ortam hava kalitesi hakkında yapılmış olan çalışmalar

Chu ve ark. (2017) Yaptıkları çalışmada, bina içi $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarını kontrol etmek için mevcut binaların çeşitli bina güçlendirme yöntemlerini entegre etmeyi amaçlamaktadır. Yöntemler, hava geçirgenliğini azaltma, oda basınç kontrolü, geri dönüşüm hava filtrasyonu ve yukarıdakilerin yöntemlerin kombinasyonlarıdan oluşmaktadır. Çalışma, binadaki 25 $\mu g/m^3$'ün altındaki kapalı $PM_{2,5}$ konsantrasyonunu azaltmak için her bir kontrol yönteminin etkinliğini doğrulamaktadır. Hem deneysel ölçümlerin hem de modellemenin sonuçlarına dayanarak, sonuçlar aşağıda özetlenmiştir. Deneysel sonuçlar, kapalı $PM_{2,5}$ konsantrasyonunun, uygun kontrol yöntemlerini seçerek, farklı dış mekân $PM_{2,5}$ konsantrasyonları altında sürekli olarak 25 $\mu g/m^3$'ün altında tutulabileceğini gösterdi. Hava geçirgenliğini azaltma, kaynak ve yükü azaltacağından kontrolün öncülüdür. Basınç kontrolü ve hava arıtmanın iki kontrol stratejisi, dış mekân $PM_{2,5}$ konsantrasyonları yüksek olmadığı zaman tek başına kullanılabilir. Bununla birlikte, her birinin kendi sınırlamaları vardır.

Dış mekân $PM_{2,5}$ konsantrasyonu nispeten yüksek olduğunda (genellikle 200 $\mu g/m^3$'ün üzerinde), iç hava kalitesini kontrol etmek için tek kontrol yöntemi yerine kombine kontrol yöntemi kullanılmalıdır. İç havanın basınçlı tutulduğundan emin olmak için nispeten küçük bir temiz hava hacmi seçilmelidir. Açık hava $PM_{2,5}$ değeri 100 $\mu g/m^3$'ten daha yüksek olduğunda, temiz hava sistemi için yüksek verimli bir filtrenin (% 84.1'den büyük) seçilmesi tavsiye edilir. Daha ağır kirliliğe sahip diğer bölgeler için, temiz hava sistemi için daha yüksek bir verimlilik filtresi düşünülmelidir (Chu ve ark. 2017).

Begum ve ark. **(**2008**)** yılında Bangladeş'te yaptıkları bir çalışmada kırsal alanlardaki hanelerde iç ortam hava kirliliği düzeylerini belirlemek için, Dhaka şehrinin yaklaşık 30 km kuzeyindeki Savar'da kırsal alandan PM örnekleri toplamıştır. Havadaki partikül madde (PM) örnekleri, evlerde yemek pişirme ve oturma alanlarından, yakıt kullanımı, mutfak konfigürasyonları ve havalandırmaların iç ortam hava kalitesi üzerindeki etkisini araştırmak, ölçülen iz metallerin ve siyah karbon konsantrasyonlarının kaynaklarını belirlemek amacıyla toplamıştır. Evlerde PM konsantrasyonlarının, diğer biokütle yakıtlardan daha temiz bir yakıt olan LPG kullanılarak daha düşük olduğu gözlenmektedir.

Ayrıca, mutfak ve havalandırma uygulamasının konumu nedeniyle, yaşam alanındaki PM_{10} konsantrasyonunun mutfaklardan kaynaklanan emisyonlardan etkilendiği ve açıkça ortam PM_{10} konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak PM'in ana bileşeninin karbonlu madde olduğu bulunmuştur. Toprak ve duman element kompozisyonlarından elde edilen bileşenler olarak tanımlanmış. Ayrıca, bazı mutfak konfigürasyonlarının düşük dereceli biokütle yakıtların kullanılmasıyla bile diğerlerinden daha düşük PM konsantrasyonlarına sahip olduğu bulunmuştur. Yakıt seçimi iç mekân hava kirliliğini etkilese de, rolü hane halkları için havalandırma faktörlerine bağlıdır. Açık veya iyi havalandırılmış mutfak, yemek pişirme ve oturma odalarında PM_{10} konsantrasyonunun düşüşüne neden olmuştur. Karbonlu malzemenin hem mutfak hem de oturma odasında PM_{10}'un önemli bir bileşeni olduğu bulunmuştur. Bu çalışma, bazı mutfak ortamlarının "kirli" biokütle yakıtları kullanıldığında bile PM konsantrasyonları açısından nispeten temiz koşullar sağlayabileceğini gösterilmiş (Begum ve ark., 2009)

Song ve ark. (2015) kış aylarında yaptıkları bir çalışmada ağır hava kirliliği meydana geldiğinde hanelerde $PM_{2,5}$ kirlilik durumunun ve iç ortamdaki $PM_{2,5}$ kirliliğinin dış ortam ile korelasyonunun anlaşılması ve iç mekân insani faaliyetlerin iç mekân $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarındaki değişimlere etkisini ortaya koymayı amaçlamıştır. Kapalı $PM_{2,5}$ konsantrasyonları, 7-8 Aralık 2013'te dört hanede CLH-2000 taşınabilir $PM_{2,5}$ detektörü kullanılarak ölçüldü. İç mekânda örnekleme yapıldığında aktivite anketi paterni tamamlandı. Sonuçlar, iç mekân $PM_{2,5}$ konsantrasyonunun ortalamasının 112-416μg / m^3 aralığında olduğunu ve kirlilik seviyesinin kışın Pekin'deki 4 evde daha ciddi olduğunu gösterdi. İç mekânda hiç kimse olmadığında, açık hava kirliliği kapalı alanın ana katkısıdır. I/O oranının ortalaması 4 evde 0.84-3.1 aralığındaydı. İç mekânlarda hiç kimse olmadığında I/O oranı 1'den daha azdır.

İçme, pişirme ve temizlik gibi iç mekan insan faaliyetleri iç mekan $PM_{2,5}$ konsantrasyonunu daha yüksek seviyelere çıkarabilir, bu nedenle I/O oranı pişirme, sigara içme ve temizlik sırasında 1'den fazla olduğunu, iç mekan hava filtresi, insan olmadığında I/O oranını düşürebileceği, genel olarak, kapalı insan faaliyetlerinin $PM_{2,5}$ konsantrasyonu üzerindeki etkisi, dış mekan kirliliği ve hava temizleyicisinden daha güçlü olduğu sonucuna varılmıştır (Song ve ark., 2015).

Kulshrestha ve ark. (2009) Bir çalışmada PM_{10}, $PM_{5.0}$, $PM_{2,5}$ ve $PM_{1.0}$ boyut karakterizasyon konsantrasyonlarına ilişkin verileri sunmuştur. Bu tanecik konsantrasyonları, Hindistan-Agra'daki Grimm aerosol spektrometresi kullanılarak, Ekim-07 ile Mart-09 arasında, iç ve dış mekânlarda beş yol kenarı ve beş kent evinde izlenmiş. İç ve dış mekânda yıllık ortalama kaba tanecik konsantrasyonları (PM_{10}), yol kenarındaki evlerde 247 $\mu g/m^3$ ve 255 $\mu g/m^3$, kentsel evlerde 181 $\mu g/m^3$ ve 195 $\mu g/m^3$'tür. Yol kenarındaki evlerde $PM_{5,0}$ konsantrasyonları 211 $\mu g/m^3$ ve 230 $\mu g/m^3$ ve kentsel evlerde 145 $\mu g/m^3$ ve 159 $\mu g/m^3$ idi. İnce parçacıklar için ($PM_{2,5}$) yıllık ortalama konsantrasyonlar yol kenarındaki evlerde 161 $\mu g/m^3$ ve 160 $\mu g/m^3$, şehir evlerinde 109 $\mu g/m^3$ ve 123 $\mu g/m^3$ idi. Yol kenarındaki evlerde $PM_{1,0}$ konsantrasyonları 111 $\mu g/m^3$ ve 112 $\mu g/m^3$, kentsel evlerde 99 $\mu g/m^3$ ve 104 $\mu g/m^3$ idi. Her iki izleme alanında da aylık ve mevsimsel kaba ve ince partikül madde değişimleri incelenmiştir. Partikül kirleticilerin önemli mevsimsel varyasyonları, partikül oranlarının yanı sıra günlük ortalama partikül konsantrasyonları kullanılarak elde edildi. Partikül iç/dış mekân oranları ve konsantrasyonları aynı zamanda meteorolojik koşullar ve sakinlerin (kişiler) günlük girişlerini kullanan iç mekân aktiviteleri ile de bağlantılıydı. Yerel kirlilik emisyonları, artan insan etkinliği ve soğukla mücadele için daha fazla yakılan yakıt nedeniyle kışlardaki yüksek konsantrasyonlardan sorumludur. Bu durum aşırı soğuktan korumak için kapılar ve pencereler kapalı tutulurken bile geçerlidir. Ayrıca kış mevsiminde düşük rüzgâr hızı ve yüksek nem oranı% 55-78 arasında, aerosol partiküllerinin taşınma işlemi sırasında azaltılma oranına neden olmaktadır (Kulshrestha ve ark., 2009).

Yaz aylarında maksimum konsantrasyonlar Mart ayında, minimum konsantrasyonlar ise Mayıs ve Haziran aylarında kaydedilmiştir, ancak yazlardaki toplam kirlilik yükü kışlarınkinden daha düşüktür, muhtemelen sıcaklık ve ılımlı rüzgâr hızı, parçacıklar% 35-48 daha az nem nedeniyle kuru ve bu nedenle kütle konsantrasyonlarında daha az artışa katkıda bulunuyorlar. Ayrıca yaz aylarında, termal dolaşımın neden olduğu hâkim rüzgârlar daha kuvvetli ve karışım yüksekliği daha derindir. Büyük karıştırma yüksekliği olan rüzgâr türbülansı yaz aylarında kirleticilerin uygun Şekilde seyreltilmesi ve dağılmasıyla sonuçlanır (Mantis ve ark., 2005). Kapılar ve pencereler, yaz aylarında, azaltan uygun bir Şekilde hava değişikliği için açık tutulur bu sebeple PM konsantrasyonun özellikle ince parçacıkların iç ortamda azalmasına neden olur (Habil ve ark., 2013).

Sonuç olarak insan aktivitelerinin artması ve iç mekanlarda daha fazla alan ısınması nedeniyle ve dış mekanlarda düşük rüzgar hızı ve yüksek nem nedeniyle, tüm partikül konsantrasyonlarının kış mevsiminde en yüksek olduğu bulunmuştur.

Cheng (2007) yaptığı bir çalışmada, iç mekan PM_{10}, $PM_{2,5}$, siyah karbon (BC), partikül sayı konsantrasyonları, PM boyut dağılımları ve iç mekan-dış mekan korelasyonları, iki farklı mevsimde çalışma ve çalışma saatleri dışında kentsel alanda bir ofis binasında incelenmiştir. Bu çalışmanın ölçüm sonuçları, ofis binalarında mevcut olan PM'nin ayrıntılı bir tanımlamasını belirlemek ve farklı zaman dilimlerinde PM kaynaklarını tanımak için kullanılmıştır. İç mekân saatlik PM_{10} ve $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarındaki değişiklikler, tüm izleme süresi boyunca düzensiz bulunmuştur. İç mekân PM_{10} ve $PM_{2,5}$ 'in düzensiz varyasyonları, dış hava kalitesi koşullarından etkilenmiş olabileceği düşünülmüştür. Farklı izleme mevsimlerine rağmen, ölçüm sonuçları iç mekân PM_{10} konsantrasyonunun çalışma saatleri sırasında iç mekân $PM_{2,5}$ konsantrasyonundan önemli ölçüde yüksek olduğunu göstermiştir. Aksi takdirde, iç mekân PM_{10} konsantrasyonu çalışma saatleri dışında iç mekân $PM_{2,5}$ konsantrasyonuna çok yakındı. İşçi Bayramı ve Cumartesi günleri 09:00 - 21:00 saatleri arasında, iç mekân PM_{10} konsantrasyonu, çalışma günlerinde olduğu gibi aynı hava besleme koşullarında iç mekân $PM_{2,5}$ konsantrasyonuna çok yakındı. Kış iş günlerinde saatlik PM_{10} ve $PM_{2,5}$ konsantrasyonları, bahar iş günlerinde ve tatillerdekinden anlamlı derecede yüksekti, çünkü kışın ortam hava kalitesi genellikle Taipei şehrinde ilkbahardakinden daha düşüktür. Böylece, iç ortamdaki PM konsantrasyonları dış hava kalitesi koşullarından belirgin şekilde etkilenmiştir. İlkbaharda tatil döneminde bile, çalışma saatleri dışındaki ortalama saatlik PM_{10} ve $PM_{2,5}$ konsantrasyonları, çalışma saatlerinde olduğundan biraz daha yüksekti çünkü PM, mekanik havalandırma sistemi durdurulduğunda hava besleme cihazından verimli bir şekilde bertaraf edilmemiştir (Cheng, 2017).

Kim ve ark. (2008) metro ağının içinde yer altı ve yer seviyesindeki istasyonların yüksek aktivite alanlarında, yani istasyon ve bilet ofislerinde, işçi dinlenme alanlarında, platformlarda, sürücü bölmelerinde ve metro arabalarında biriken PM kirlilik seviyelerini araştırmıştır. 1-4 metro hattında 22 istasyon diğer istasyonlardan daha yüksek yolcu ve işçi oranına sahip olması nedeniyle ölçüm yapılması için uygun

görülmüştür. Bu istasyonlardan 8 tanesi yer seviyesinde ve 14 tanesi yeraltında bulunmaktadır.

İstasyon bölgelerinde ve platformlarında ortalama PM_{10} ve $PM_{2,5}$ konsantrasyonları EPA tarafından düzenlenen standardı aşarken, istasyon ofislerinde ve bilet ofislerinde standartların altında kalmıştır. Sonuçlar, en yüksek konsantrasyon seviyelerinin sürücü bölümlerinde gözlendiğini ($p < 0.05$) ve analiz edilen diğer üç yerin birbirinden istatistiksel olarak farklı olmadığını göstermiştir. Dış mekânlarda alınan ortalama PM_{10} ve $PM_{2,5}$ konsantrasyonları sırasıyla 154.5 ve 102.1 $\mu g/m^3$ olarak ölçülmüş; bu, dört işçi ile ilgili alanların üçündeki PM_{10} ve $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının karşılık gelen dış ortam değerlerinden düşük olduğunu göstermektedir. Sürücü kompartımanı dış ortam değerlerinde gözlemlenenden daha yüksek seviyeleri gösteren tek alandı. Sürücü kompartımanında ölçülen PM_{10} konsantrasyonunun yanı sıra, diğer tüm metro çalışan bölgelerindeki PM konsantrasyon seviyeleri Kore iç ortam standardının (150 $\mu g/m^3$) altına bulundu. Ancak, hem PM_{10} hem de $PM_{2,5}$ konsantrasyonları, ilgili ulusal veya EPA düzenleme standartlarından daha yüksekti. Yolcu ile ilgili alanlarda (istasyon bölgeleri, yolcu vagonları ve platformları), PM_{10} ve $PM_{2,5}$ konsantrasyon seviyelerinin dış ortamdaki ortalama konsantrasyondan ($154.5 \mu g/m^3$) daha yüksek olduğu gösterilmiştir.

Tren arızalarından ve tren tekerlekleri ile demiryolu hattı arasındaki sürtünmeden kaynaklanan metalik tozun, metro istasyonları uygun şekilde havalandırılmadığından yeraltında kaldığı varsayılmaktadır. Bu, yeraltı istasyonlarında yüksek konsantrasyondaki PM seviyelerini açıklar. Yer seviyesi ve yer altı istasyonları arasındaki bölünmeden bağımsız olarak, istasyon bölgelerinde ve platformlarda ortalama PM_{10} ve $PM_{2,5}$ konsantrasyonları, düzenlenmiş EPA standardını aşarken, istasyon ofislerinde ve bilet ofislerinde belirtilen standardı aşmamıştır (Kim ve ark., 2008).

Colbeck ve ark. (2010) Pakistan'da yaptıkları bir çalışmada, üç farklı mikro çevre için çeşitli aktiviteler sırasında partikül madde iç/dış konsantrasyonlarındaki farklılıkları araştırmaktadır. Kırsal alanda hanelerin %94'ü, kentsel alanlarda da %58'inin geleneksel soba yakıtları olarak biokütle yakıtlarını kullanması sonucu yüksek düzeyde iç hava kirletici madde üretmektedir. Hava örnekleri iki kırsal alandan ve bir kentsel alandan toplanmıştır. Birinci kırsal alanda örnekleme iki farklı mutfakta ve bir oturma odasında yapılmıştır. Mutfaklar oturma odalarından ayrıydı. Her iki mutfak da

yemek pişirmek için biokütle yakıt kullanılmıştır. Bu bölgedeki evlerin çoğu çamur, ot ve bambudan yapılmıştır ve avluları genellikle döşenmemiş, herhangi bir çimlerden mahrumdur. İki kırsal alanda ve kentsel alanda örnekleme oturma odalarında yapılmıştır. Bu dairelerde, doğal gaz yakıt olarak kullanılmıştır. Kırsal alan 2'de, yarı kentsel bir olup farklı inşaat malzemelerinden yapılmış. Kentsel bölgede, Pakistan'ın mega şehirlerinden biri olup burada örnekleme kentin gecekondu mahallelerinin birinde gerçekleştirilmiştir. Tüm vakalarda havalandırma pencereleri veya kapıları gün boyunca açık kaldılar ve gece boyunca kapalı bırakılmıştır. Tüm örnekleme sahaları aydınlatma için elektrik kaynağına sahip olup, ancak, kırsal alanlarda elektrik kesilmesi sırasında gazyağı lambalarının kullanımı yaygın bir uygulamadır. Bu çalışmanın sonuçları, Pakistan'ın kırsal ve kentsel bölgelerinde bulunan partikül madde için İ/D oranında büyük farklılıklar göstermiştir. Hem kırsal hem de kentsel alanlarda bulunan partikül madde seviyeleri, belirlenmiş standartlardan daha yüksek bulunmuştur. Kırsal alanlarda, biokütle yakıt kullanımı, mutfaklardaki yüksek partikül madde konsantrasyonları için ana katkı maddesiydi ve sigara içme, oturma odası hava kalitesinin bozulmasında büyük bir paya sahipti. Genel olarak iç mekân konsantrasyonları hem kırsal hem de kentsel alanlarda dış ortamdakilerden daha yüksekti. Bu çalışma, özellikle yaşam alanlarına kıyasla biokütle yakıt kullanan mutfakta oldukça yüksek partikül madde konsantrasyonları göstermektedir. Böylece kadınlar ve çocuklar mutfağa harcadıkları zamandan dolayı en fazla maruz kalıyorlar. Bu konsantrasyonlar birçok kez AB, USEPA ve WHO standartlarını / kılavuzlarını aşmıştır (Colbeck ve ark., 2010).

Chatoutsidou ve ark. (2015) İç mekan/Dış mekan (I/O) partikül kütle konsantrasyonu (PM_{10}) ve PM sayı konsantrasyonları mekanik havalandırmalı modern ofis ortamlarında online olarak ölçmüştür. Çalışmanın amacı iç mekân/dış mekân kaynaklarının, sigara içilmeyen, mekanik olarak havalandırılan bir binanın iç ortamına olan katkısını araştırmaktı. Ölçüm Haziran 2014'te Norveç'teki Norveç Hava Araştırmaları Enstitüsü'ne ait bir binada yapılmıştır. Parçacık sayısı büyüklüğü ve dağılımı bir SMPS ve bir APS cihazı ile ölçülürken, kütle konsantrasyonu bir Dust-Trak II fotometre ile ölçülmüştür. Parçacıkların dış mekân katkısını ve iç mekân kaynaklarının etkisini incelemek için iki ofis seçilmiştir. Bir ofis mesai saatleri içerisinde tamamen işgal edilirken, ikincisi ise çoğunlukla boş kalmıştır. Sonuçlar, çalışma saatleri sırasında insanın varlığının, çalışma saatleri dışındaki koşullara kıyasla hem sayı hem de kütle derişimi açısından işgal altındaki ofisteki iç mekân parçacıklarını

etkilediğini göstermiştir. Yeni parçacıklar üreten herhangi bir önemli iç mekân kaynağının (fotokopi cihazları) bulunmaması durumunda, iç ortam, esas olarak, 1 mm'den büyük parçacık boyutları için en önemli kaynak olan insan aktivitelerinin varlığından ve iç ortamdaki yüzeylerden yeniden süspansiyonunun iç mekândaki ana kaynak olmasını sağlamıştır. Dahası, iç mekan partikül sayısı ve kütle konsantrasyonu, büyük ölçüde dış mekan kaynaklarından etkilenmiştir. Genel olarak, hem iç mekan PM sayısı hem de kütle konsantrasyonları, dış mekanlarda gözlemlenene benzer geçici dalgalanmalar gösterdi, buda her iki ofiste de partikül nüfuzunun anlamlı derecede olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, düşük İ/D oranı (her iki ofis için yüzde 90 <0.3) partiküllerin hava filtreleme sisteminden verimli bir şekilde giderildiğini göstermiştir. Bu çalışma, insan varlığının sadece iç mekânda yeni parçacık üretmekle kalmayıp, aynı zamanda daha önce birikilmiş olanları yeniden süspanse ederek iç ortamlarda da yoğun bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır (Chatoutsidou ve ark., 2015).

Glytsos ve ark. (2010) bir laboratuvar ortamında odasında kontrollü iç mekan aktiviteleri altında partikül madde boyutları büyüklüğü dağılımı ve kütle konsantrasyonunu karakterize etmeyi amaçlamış. İncelenen kapalı mekân etkinlikleri arasında mum yakma, sıcak plaka ısıtma, su kaynatma, soğan kızartma, vakumlama, saç kurutma, saç püskürtme, sigara ve tütsü çubuğunun yakılması sayılabilir. Ölçülen parçacık sayısı büyüklük dağılım verilerinin model yapısını değerlendirmek için AMAN-psd bilgisayar algoritması kullanılmıştır. Ayrıca, farklı emisyon kaynaklarının etkisi altında partikül sayısı büyüklüğü dağılım şeklinin değişimi zamana karşı incelenmiştir. Ölçümler bir GRIMM SMPS + C sistemi (11.1 ve 1083.3 nm arasında partikül büyüklüğü aralığı), bir DustTrak Aerosol Monitörü (TSI) ve bir P-Trak Ultrafine Partikül Sayacı (TSI) kullanılarak boş bir laboratuvarda yapılmıştır. Mum yakma, partikül madde kaynakları arasında en güçlü etkiye sahip olduğu bulunmuştur ve partikül emisyon oranlarının en yüksek değerlerini sunmuştur. Soğan kızartması, tütsü çubuğunun yakılması ve sigara içilmesi ana partikül kaynakları olarak tanımlanırken, diğer yandan saç spreyi, saç kurutma, elektrikli ocakta vakumlama ve kaynatma, partikül sayısının konsantrasyonunda önemli bir artış söz konusu olmamıştır. Saç sprey kullanımı $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının artmasına neden olmuştur buda 1mm'den büyük parçacıkların kaynağın aktif bir şekilde kullanıldığında ortama yayıldığını göstermektedir. Sigara içme deneyleri sırasında 1000 $\mu g/m^3$'ten daha yüksek kütle konsantrasyon değerleri de gözlendi. Mum yakma, kaynağın aktivasyonu sırasında

yüksek nano parçacık emisyonu nedeniyle kaynağın bitiminden önce maksimum konsantrasyonun kaydedildiği tek büyük parçacık kaynağıydı. Mum yakma ayrıca, 300 $\mu g/m^3$'ten daha yüksek $PM_{2,5}$ kütle konsantrasyon değerlerine neden oldu. Yanma, partikül emisyonunun mumun üflenmesinden sonra da bir müddet devam ettiğini göstermiştir (Glytsos ve ark., 2010).

Kassomenos ve ark. (2012) Yunanistan'ın ikinci en büyük şehri Selanik'te yaptıkları bir çalışmada 2004 ve 2009 yılları arasında 3 izleme istasyonunda toplanan hava kirleticileri (CO, SO_2, O_3, PM_{10} ve NO_2) verilerini 3 farklı hava kalitesi indeksine göre hesaplamıştır. Sonuç değerlendirmeleri, farklı AQ endekslerinin farklı metodolojilerle (EMMA, AQSI ve DAQI endeksleri) tahmin edilmesine dayandırılmıştır. Bu metodolojiler, Avrupa Birliği ve WHO tarafından sunulan hava kalitesi standartlarına ve kılavuzlarına dayanmaktadır ve önerilecek yeni sınırların dâhil edilmesi konusunda esnektir. Üç metodoloji tasarım ve kullanılan ölçek sayısında önemli farklılıklar gösterse de, az çok tutarlı sonuçlar verilmiştir. İlk endeks bireysel kirleticilere dayanıyordu ve hava kirleticilerin her biri için ayrı ayrı hava kalitesi durumunu belirlemek için kullanıldı, ikinci endeks ise hem kısa hem de uzun vadede bir kirletici kombinasyonuna dayanıyordu. Sonuçlar, bireysel kirletici maddeler kullanıldığında, şehir merkezindeki PM_{10} hava kalitesinin günlerinin % 47'sinde "kötü", NO_2; günlerinde %89'unda "kötü" ve O_3 için günlerin %13'ünde "çok kötü" olarak nitelendirilebileceğini göstermiştir. Benzer Şekilde, kirletici madde karışımına dayanan endeksler, şehir merkezinde günlerin %43'ünün hava kalitesi açısından "çok kötü - problemli" , şehir eteklerinde ise günlerin %54'ü "iyi ila çok iyi" arasında olduğunu göstermiştir. Ayrıca, hava kirliliğinin halk sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini dikkate alan biyometrik hava kalitesi göstergelerinin kullanımı, şehir merkezinde araştırmanın yapıldığı günlerin %58'inde genel hava kalitesinin düşük olduğunu göstermiştir. %18 ve %13'e eşit oranlarla çevre bölgelerde ve pazar günleri hava kalitesinde önemli bir ölçüde iyileşme görülmüştür. Genel olarak, kullanılan tüm metodolojiler Selanik'teki hava kalitesinin düşük olduğunu ve PM_{10}'un buna ana katkı olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak yaz mevsiminde hava kalitesi SO_2 ve CO açısından iyi görünürken, ozon açısından ise kötü bulunmuştur ve tüm bölgelerde PM_{10}, NO_2, CO ve SO_2 açısından Pazar günleri hava kalitesi açısından daha iyidir (Kassomenos ve ark., 2012).

Kumar ve Goyal (2011) Delhi kentinde yaptıkları çalışmada karar verme süreçlerinde temel olarak kullanılabilecek günlük AQI'yi tahmin etmek için tahmin

modeli geliştirmeyi amaçlamıştır. Hava kirliliğinin hava kalitesine dayanan AQI'in, kamuoyu tarafından ne kadar kötü ya da iyi hava kalitesinin olduğunu bilmek için kolayca anlaşılabilecek basit bir göstergedir. Tahmin için ARIMA, PCR ve ARIMA - PCR kombinasyonu olmak üzere üç istatistiksel model kullanılmıştır. İlk olarak, AQI ABD Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından solunabilir Asılı Partikül Madde (RTSP), kükürt dioksit (SO_2), Azot dioksit (NO_2) ve Asılı Partikül Madde (TSP) olarak farklı kriter kirleticiler için kullanılan bir yöntemle tahmin edilmiştir. İkincisi, her mevsim için günlük AQI, zaman serisi oto regresif entegre hareketli ortalama (ARIMA) (model 1), ana bileşen regresyon (PCR) (model 2) ve her ikisinin kombinasyonu (model 3) olmak üzere üç istatistiksel modelle tahmin edilmektedir. Her üç modelin de performansı, model 3 ve model 2'nin değerlerine kıyasla, model 3'ün gözlenen değerlerle iyi uyuştuğunu yansıtan gözlenen kirletici konsantrasyonlarının yardımıyla değerlendirilmektedir.

Her üç modelin de performansı gözlenen AQI'ye karşı test edilmiş ve 7 yılın (2000–2006) dört mevsiminde irdelenmiştir. Sonuçlar aşağıda çıkarılmıştır:

(i) Haftanın yedi günü, hava kirleticilerin konsantrasyonunun hafta içi ve hafta sonlarında fark edilebilir bir farklılığı olmadığı için modelde aynı kabul edilmiş.

(ii) ARIMA ve PCR olmak üzere iki modelin birleşiminden oluşan Model 3, değişkenlerde oto korelasyon ve eş düzeyliği kullanma sorunu ile ilgili olup, tatmin edici bir performans sergilemiştir.

(iii) Mevcut modeller, zaman serisi formülasyonuna dayanan istatistiksel modellerdir ve herhangi bir problem ölçeği içermezler. Bu modeller Gaussian plume veya Eulerian modelleriyle deterministik modellerle birleştirilebilirse, sonuçlar daha da iyileştirilebilir.

(iv) Son olarak, benzer durumlarda, Model 3'ün herhangi bir kentsel şehirde bir gün önceden günlük hava kalitesi tahmini için kullanılabileceği sonucuna varılabilir. Aynı sonuçlar, devlet makamları tarafından karar alma sürecinde kullanılabilir ve sağlıklarını korumak için ihtiyati tedbirler almak için kamuoyu tarafından da kullanılabilir (Kumar ve Goyal, 2011).

Goyal ve Sidhartha (2003) bir başka çalışmada, Delhi'deki ortam havasındaki aşırı yüksek seviyede kirleticileri azaltmak için ulaşım araçlarında sıkıştırılmış Doğal Gaz (CNG) ile dizel değişimini tartışmıştır. Şehirde yaklaşık 2200 otobüs, 25.000 üç tekerlekli, 6000 taksi ve 10.000 arabada CNG kullanıldı. Karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO_2), asılı partikül madde (TSP) ve azot oksitleri (NO_X) gibi çevre kirletici

madde konsantrasyonunun 1995- 2000 yılları arasında ulaştırma sektöründen yayılan nispi karşılaştırması (CNG olmadan) ve 2001 yılında (CNG ile birlikte) CNG araçlarının Delhi'deki çevre hava kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmek için yapılmıştır. Sonuç olarak yukarıdaki kirleticilerin konsantrasyon katkısının önemli ölçüde azaldığı bulunmuştur. Yıllık ortalama TSP konsantrasyonu 405 mg/m^3'ten 347'ye düşmüştür ki bu hala izin verilen sınırların üstündedir. Yıllık CO, SO_2 ve NO_X ortalama konsantrasyonları, sırasıyla 4681 mg/m^3 'ten 4197'ye, 18'den 14 mg/m^3 ve 36'dan 34 mg/m^3'e düşmüştür ve izin verilen sınırlar dâhilindedir. Delhi'deki aylık ortalama TSP konsantrasyonları izlenmiş ve kirleticilerin konsantrasyonunun analizi, partikül madde konsantrasyonunun muson mevsiminde muson yağmuru nedeniyle partiküllerin yıkanmasından dolayı minimum olduğu, muson mevsiminde ise yağışların az olmasından dolayı minimum olduğunu ortaya koydu. WNW yönünden rüzgârlar, bu Delhi'de yüksek miktarlı toz içeren Thar çölünün bulunduğu yöndür. 1995 - 2000 yıllarında (yani CNG'siz) ve 2001 yılında (CNG kullanıldığında) aylık TSP konsantrasyonlarının karşılaştırılması, grafiklerinin eğilim çizgileriyle netleştirilmiştir. Trend çizgilerinin karşılaştırılması 2000 ve 2001 yılları için TSP'nin TSP'nin konsantrasyonlarının 2001'de 2000'den daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, TSP seviyeleri hala (NAAQS), yani (140 - 360) mgm3'ün üzerindedir. Böylece, CNG kullanımının Delhi'deki TSP konsantrasyonunu düşürdüğü görülebilir (Goyal, 2003).

Qin ve ark. 2014 kış aylarında Pekin, Şangay, Guangzhou ve Lanzhou'da ölçülen PM verileri kullanarak etkili bir karışık model önermektedir. PM değişikliklerinin bazı meteorolojik faktörlerden ve diğer hava kirleticilerinden etkilendiği göz önüne alındığında, GCA, PM konsantrasyonu tahmini için kritik olan modellemeden önce PM ile olası öngörüleri arasındaki ilişkinin derecesini araştırmak ve tanımlamak için yapılmıştır. Gri korelasyon analizine (GCA), Topluluk Ampirik Mod Ayrıştırması (EEMD), Cuckoo araması (CS) ve Geri yayılma yapay sinir ağlarına (BPANN) dayanarak, bu makale PM konsantrasyonlarını tahmin etmek için CS-EEMD-BPANN modelini önermektedir. Bu modeli oluşturmadan önce, diğer hava kirleticilerinde (CO, NO_2, O_3 ve SO_2) ve meteorolojik ortamlardaki (rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, sıcaklık, nem ve basınç) PM'nin muhtemel tahmin edicilerini aramak için güvenli bir şekilde kullanılmıştır. Analiz sonuçları, hava kirletici maddelerin, PM ile meteorolojik faktörlerle daha iyi ilişkili olduğunu göstermektedir. PM ve meteorolojik koşullar için ilişkisel derece zayıftır, bu nedenle yerel hava değişiminin PM konsantrasyonu

üzerindeki etkisini açıklayamayan kentin ortalama değerleri veya daha kısa vadeli meteorolojik değişiklikleri açıklayamayan ölçümler dönemi tarafından engellenebilir. Önerilen yöntem, iklim, arazi ve emisyon kaynaklarının farklı özelliklerine sahip Çin'in dört büyük şehrinde (Pekin, Şangay, Guangzhou ve Lanzhou) araştırıldı. Daha sonra, dört adet uygulamalı vaka testi yapıldı ve tahmin doğruluğu, her durumda, $PM_{2,5}$ için ortalama MAPE % 10.92 (1-adım) ve %28.12 (4-adım) ve PM_{10} için% 11.67 (1-adım) ve % 24.84 (4- adım) olarak tahmin ufku üzerinde geliştirildi. Gri korelasyon analizinin sonuçları, CO, NO_2 ve SO_2'nin PM ile daha ilişkili olduğunu ve bu tahmin edicilerin dahil edilmesinin, geliştirilen metot'un etkinliğini ortaya koyan model performansı tahmin edilebilirliğini önemli ölçüde artırabileceğini göstermektedir (Qin ve ark., 2014).

Thach ve ark. (2018) birden fazla kirleticinin ilave etkilerini hesaba katan ve bu endeksin sağlık etkilerini öngörme derecesini değerlendiren bir hava kalitesi endeksi oluşturmak için basit ve özlü bir yöntem oluşturmuştur. Dört kriterli kirletici konsantrasyonu elde edilmiş: aerodinamik çap ≤ 10 μm (PM_{10}), kükürt dioksit (SO_2), azot dioksit (NO_2) ve ozon (O_3) partiküllü madde ve kardiyovasküler tedavi için Hong Kong hastanelerine günlük hasta kabulü 2001-2012 yılları arasında her yaştan ve 65 yaş ve üstü solunum hastalıkları. Kirletici konsantrasyonlarını ilgili kısa vadeli DSÖ Hava Kalitesi Kılavuzuna (WHO AQG) göre normalleştirerek hesaplanan dört kriterli kirleticinin alt endekslerini elde edilmiş, genel ortalama hava kalitesi endeksini oluşturmak için kök ortalama güç fonksiyonunu kullanarak optimal güçle alt endeksleri toplanmış. Optimum güç, tahmin edilen ve tahmin edilmeyen günlerin toplamını minimize ederek belirlenmiştir. Daha sonra, endeksin kirlenme bantları ile kardiyovasküler ve solunum hastalığı girişleri arasındaki ilişkileri, ortam sıcaklığı, bağıl nem ve grip salgını için ayarlanan zaman-tabakalı vaka-çapraz tasarımı sistemi kullanarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, Hong Kong hava kalitesi verilerini ilgili standartlar ve Çin Hava Kalitesi Endeksi (AQI), Birleşik Krallık Günlük AQI (DAQI) ve Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı'nın (USEPA) AQI kirlilik bantlarının sınıflandırılması ile ilgili standartlar kullanarak test incelemeleri yapılmıştır. Gözlenen yüksek kirlilik günlerinin birleşik durumunu, çalışma dönemi boyunca tipik kirlilik profillerini karakterize etmek için en az bir kirletici madde> 1,5 × WHO AQG veya en az iki kirletici madde> 1,0 × WHO AQG olarak belirlenmiştir ve bu optimum enerji = 3.0 ile sonuçlanmıştır. Kardiyovasküler ve solunum hastalığı girişleri için, her yaşın ve 65 yaş ve üstü için indeksin kirlenme bantlarıyla önemli ilişkileri vardı (Thach ve ark., 2018).

Gulia ve ark. (2019) çalışmasında, yol tozunun çevre PM seviyesine katkısı, yol tozunun yeniden askıya alınmasını etkileyen faktörler ve toz bastırma için mevcut olan kimyasal reaktifler gözden geçirilmiştir. Yol tozunun yeniden askıya alınması emisyonu, yol üzerinde biriken silt miktarına, yol tipine (asfalt ve asfalt yol, asfalt yolun beton malzemesi), taşıt hareketlerinin sayısına ve türlerine göre önemli ölçüde değişmektedir. Çalışmanın sonuçları şöyle özetlenmiştir:

1. Araç tipi (HDV veya LDV), araç hızı, yoldaki silt yükleme hızı, iklim koşulları, yol türü ve çevresindeki arazi kullanımı, yol tozunun yeniden askıya alınmasından kaynaklanan PM emisyon parametrelerini etkileyen önemli faktörlerdir.
2. Kalsiyum/magnezyum asetat, magnezyum klorür ve kalsiyum klorür gibi kimyasal reaktiflerin, bireysel olarak ve / veya kombinasyon halinde toz bastırıcı olarak kullanıldığı bulunmuştur. Bu kimyasal reaktiflerin gelişmiş ülkelerde yol tozundan kaynaklanan PM emisyonunu önemli ölçüde azalttığı bulundu.
3. Teorik tahmin ve varsayımlara dayanarak, CaCl2 ve MgCl2 ile karşılaştırıldığında Delhi yollarındaki yol toz emisyonunu azaltmak için daha etkili ve ekonomik toz bastırıcı olduğu bulunmuştur.
4. Bu kimyasalların yol tozunun azaltılmasındaki etkinliği gelişmekte olan ve tropik ülkelerde yoldan maliyet-fayda analizi ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kimyasal reaktiflerin, gelişmekte olan ülkelerde kullanılan yol toz kontrolü (yol temizleme ve yıkama) yaklaşımı ile karşılaştırılması önerilmektedir, çünkü bu ülkelerdeki yol ve meteorolojik koşullar, gelişmiş batı soğuk iklim ülkelerinden farklıdır (Gulia ve ark., 2019).

Keuken ve ark. (2010) 2007/2008 dönemlerinde, Hollanda Rotterdam yakınlarındaki bir sokakta alınan ölçümlerden, kentsel bir planı ve bölgesel konumunda kaba partiküllerin egzoz olmayan emisyonlarının, kara trafiğinden kaynaklanan ince partiküllerin egzoz emisyonları ile aynı sırada olduğu sonucuna varılmıştır. Tüm bölgelerde aynı anda örnekler toplanmıştır. Erken ilkbaharda yüksek emisyonlu İskandinav ülkelerinin ve kurak mevsimde biriken toprak parçacıklarının önemli katkısı olan Akdeniz ülkelerinin aksine, Hollanda'da egzoz dışı emisyonlar yıl boyunca oldukça sabittir. Kimyasal analiz, biriken PM'in esasen yeniden askıya alınmasının ve sınırlı miktarda yol aşınmasının egzoz dışı emisyonların ana kaynakları olduğunu göstermektedir. Egzoz dışı emisyonlarda lastik ve fren aşınmasının nispeten küçük bir katkısı, sırasıyla iz metaller çinko ve bakır tarafından tanımlanmıştır. Sonuçlar, lastik

aşınmasının ağırlıklı olarak ince fraksiyonda bulunduğunu gösterirken, fren aşınması temel olarak kaba fraksiyona katkıda bulunur. Lastik ve fren aşınmasında bu boyutta çözülen fark, solunum sistemine PM biriktirme boyutuna bağlı olduğundan sağlık etkileri ile ilgili olabilir. Amsterdam'da bir sokak kanyonunda yol süpürme / yıkama etkinliği araştırıldı. Bu araştırmada, Rotterdam'da uygulandığı gibi PM'i izlemek için standart yöntemle eşdeğer olmayan partikül ünitelerini ve partikülleri saymaya dayalı PM monitörler kullanılmıştır. Yol süpürme / yıkama etkinliğini değerlendirmek için uygulanan aletler yeterlidir, ancak PM ölçümlerinin kesin sonuçları Rotterdam'daki sonuçlarla karşılaştırılamaz. Amsterdam'daki sonuçlar, Pazar günündeki daha düşük trafik hacminin iş günlerinde olduğu gibi karşılaştırılabilir egzoz dışı emisyon seviyelerine sahip olduğunu göstermiştir. Hafif ve orta dereceli yıkamalardan sonra yolun hızla kurduğu ve yeniden askıya alınma sürecinin devam ettiği varsayılmaktadır. Bu, belirli mevsimsel koşullar nedeniyle egzoz dışı emisyonlarda mevsimsel değişiklik gösteren ülkelere aykırı iken, Hollanda'da egzoz dışı trafik yoğunluğuna, yol kaplama tipine ve meteorolojik koşullara bağlı olarak yıl boyunca oldukça sabittir. Amsterdam'daki araştırmalardan, bu koşullar altında, egzoz olmayan emisyonların yol süpürme / yıkama yoluyla önemli ölçüde azaltılmadığı sonucuna varılmıştır(Keuken ve ark., 2010).

Ren ve Tong (2006) yaptıkları bir çalışmada, 1996 - 2001 yılları arasında Brisbane'de maksimum sıcaklığın, ortamdaki partikül maddesinin 10 μm'den daha küçük çapta (PM_{10}) günlük solunum hastane başvuruları, kardiyovasküler hastane başvuruları, acil durum ziyaretleri, kardiyovasküler acil durum ziyaretleri, normal ziyaretler üzerindeki etkisinin değiştirilip değiştirilmediğini araştırmak için üç zaman serisi yaklaşımı kullanmıştır. Analitik yaklaşımlar 3 farklı model içeriyordu, bunlar: bir iki değişkenli yanıt yüzey modeli, bir katmanlaşmayan parametrik model ve bir tabakalama parametrik modelini içeriyordu. Sonuçlar, PM_{10} ile sıcaklık arasında çeşitli gecikmelerde sağlık sonuçlarının çoğunda istatistiksel olarak anlamlı bir etkileşim olduğunu göstermiştir. PM_{10}, sıcak günlerde soğuk günlerden daha fazla olumsuz sağlık etkisi sergilemiştir. Sonuçlar, Brisbane'deki PM'in emisyonunu kontrol etmenin ve azaltmanın, özellikle de sıcaklık arttığında, önemli olduğu anlamına gelmektedir (Ren ve Tong, 2006).

Pope ve ark. (2002) uzun süreli ince partikül hava kirliliğine maruz kalma ile, akciğer kanseri ve kardiyopulmoner mortalite arasındaki ilişkiyi değerlendirmeyi amaçlamıştır. Ana sonuç akciğer kanseri ve kardiyopulmoner mortalite ve tüm nedenleri

araştırılmıştır. İnce tanecikler ve kükürt okside bağlı kirlilik, tüm nedenlerle, akciğer kanseri ve kardiyopulmoner mortalite ile ilişkilendirildi. İnce partikül hava kirliliğindeki her 10 μg/m^3 birimi, sırasıyla %4, %6 ve %8 artmış, kardiyopulmoner ve akciğer kanseri mortalite riski ile ilişkiliydi. Kaba partikül fraksiyonu ve toplam süspansiyon partiküllerinin ölçümleri, mortalite ile tutarlı bir Şekilde ilişkili olmadığı bulundu. Yanma ile ilişkili ince partikül hava kirliliğine uzun süre maruz kalmak kardiyopulmoner ve akciğer kanseri mortalitesi için önemli bir çevresel risk faktörü sayılmaktadır (Pope III ve ark., 2002).

2.2 Türkiye'de yapılmış çalışmalar

İsmail ve ark. (2009) İstanbul'da yapmış oldukları bir çalışmada PM_{10} etkilerini gözden geçirmiştir. Hedef, PM_{10}'un kısa veya uzun mesafeli taşınım olaylarının şehirdeki etkilerini belirlemektir. PM_{10} verileri İstanbul büyükşehir belediyesi tarafından işletilen hava kalitesi izleme istasyonlarından toplanmıştır. İlk olarak PM_{10} üzerine etkisi olan yerel kaynaklar değerlendirilmiş daha sonra uzun mesafeli taşınım olaylarının etkisine bakılmıştır. Taşınım olayının yerel faktörlerden ayrılması için istasyonlardaki bütün verilerin değerlenmesinin aynı anda olabileceği bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem doğrultusunda PM_{10}'un uzun mesafeli taşınım etkisi sonucu oluşan epizot dönemleri 2008 yılında tam 96 gün olarak belirlenmiş. HKDYY tarafından belirlenen 50 μg/m^3'lük ortalama sınır değer bu epizot günlerinde sınırı aşılmıştır. Epizot dönemlerinin %74'ü kış ve ilkbahar mevsimlerinde gözlenmiştir. HYSPLIT modeli bu dönemlerde hava hareketlerini belirlemek için kullanılmış. Çalışma sonucunda mevsimlere bağlı bir şekilde PM_{10} taşınımının ciddi değişiklikler gösterdiği neticesine varılmıştır (İsmail ve ark., 2009).

Özbeyaz ve ark.(2016) tarafından yapılan bir çalışmada Partikül Madde ile ilgili görüntüler elde ederek hava kirliliğini tahmini ile alakalı bir model tasarımı amaçlamıştır. Çalışma sırasında 3 gün boyunca partikül maddenin farklı türlerini hedef alarak gökyüzü resimleri kaydedilmiş. Resimlere özel algoritmik aşamalar uygulanarak partikül madde yoğunluğunu belirtmeye çalışılmış. Beyaz ve siyah pikselleri belirtmek için özel filtreler uygulanmış, daha sonra resimler belli bir eşik ile ikili formata çevrilmiştir. Sonuç görüntülerinde görünen siyah piksel sayısı, çevre bilgisi, alan bilgisi,

minimum ve maksimum eksenler görüntülerin özelliklerini temsil etmiş. Daha sonra gökyüzü resimlerinden havada ki kirlilik yüzdesinin tespit edebilecek bir sistemin sınıflandırma periyotu ortaya konmuştur. Çalışma bulgularında kaydedilmiş gökyüzü resimlerinin görüntü işleme teknikleri kullanarak analiz ile havada bulunan partikül madde yoğunluğundan yola çıkarak kirlilik vaziyetine karar verilebileceğini göstermektedir (Özbeyaz ve ark., 2016).

Arı ve ark. (2008) Payas ve İskenderun'da $PM_{2,5}$ ve PM_{10} derişimlerini incelemiştir. 2008 6-21 Mayıs tarihleri arasında PM örnekleri her bir bölgede 4 farklı noktadan toplanarak kütlesel derişimler bulunmuş. $PM_{2,5}$ ve PM_{10} numunelerinin toplanması için siklon tipi örnekleyiciler kullanılmıştır. Örnekleme sonucu $PM_{2,5}$ yaz mevsiminde İskenderun şehir merkezinde 26,7 $\mu g/m^3$, merkezden daha uzak nokta da 21,3 $\mu g/m^3$, Payas merkezde 28,8 $\mu g/m^3$ ve Payas'ın sahil kenarında 26,4 $\mu g /m^3$ olarak belirlenmiştir. EPA'nın 15 $\mu g/m^3$'lük standart sınır değeri bütün ölçüm noktalarında aşılmıştır. Aynı noktalarda ise PM_{10} derişimleri sırasıyla; 60 $\mu g/m^3$, 59,9 $\mu g/m^3$, 147,1 $\mu g/m^3$ ve 125,7 $\mu g/m^3$'tür. HKDYY'nin 2008 yılında yürürlüğe giren PM_{10} sınır değerinin yapılan ölçümler ile karşılaştırıldığında 50 $\mu g/m^3$ sınır değeri toplam 16 noktanın 11 noktasında aştığı görülmüştür (ARI ve ark., 2008).

Dursun ve ark.(2017) Selçuk Üniversitesi kampüsünde yapmış oldukları bir çalışmada açık ortamlardaki $PM_{2,5}$ değerlerinin günün belli saatlerine ve farklı mevsimlere göre değişimini değerlendirmiştir. Kampüste 40 örnekleme alanı belirlendikten sonra kış ve ilkbahar mevsimi boyunca sabah, öğlen ve akşam saatlerinde ölçümler yapılmış. Sonuç olarak kış mevsimi sabah saatlerinde yüksek $PM_{2,5}$ konsantrasyonlar elde edilmiş. İlkbahar mevsiminde ise öğlen saatlerinde en yüksek değerler bulunmuş. Toplanan veriler ArcGIS programı kullanarak modellenmiştir. Toplanan verileri kullanarak oluşturulan ve mevsimlere göre $PM_{2,5}$ varyasyonları haritalar halinde sunulmuştur. Kışın elde edilen sonuçların yüksek olma sebebi kullanılan fosil yakıtlarından dolayı olduğu öne sürülmüştür. Ayrıca hafta içi ve hafta sonu arasında da bir değişiklik olduğu gözlenmiş. Hafta sonu değerleri hafta içine göre daha düşük bulunmuştur (Dursun ş ve ark., 2017).

Taner ve ark. (2011) Nisan-Mayıs 2010 tarihleri arasında yaptıkları bir çalışmada Ocak Başı tarzı restoranların atmosferinde bulunan PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{0,5}$ ve $PM_{0,25}$

değerlerine bakmıştır. Bu partiküllerin boyutlarına göre konsantrasyon ve standart sapmaları sırasıyla şöyle bulunmuştur: 35.0±23.3, 19,9±11,5, 17.7±11.2, 70.8±51.7 ve 134.4±117.7 μg/m^3. Örneklemenin yapıldığı bütün restoranlarda yemek pişirme işleminde kullanılan odun kömürünün yanması sonucu ortama 0,25 μm'den daha küçük partiküllerin salındığı sonucuna varılmıştır (TANER ve ark., 2011)

Güneş ve ark. (2016) Marmara Üniversitesi Merkez Kütüphanesi'nde başlattıkları bir çalışmada binanın iç ortam havasında partikül maddelerin 10 μ'dan düşük olan boyutlarının (PM_{10}) öğrenciler ve çalışanların solunumu sırasında sağılığı üzerinde yarattığı etkiyi belirlemiştir. Sınav dönemlerinin denk geldiği kış ve ilkbahar dönemlerinde ziyaretçi sayısının artışı sebebiyle PM_{10}'un da arttığı net bir şekilde görülmüştür. Bu durum gece saatlerinde ilerleme olduğu yani kişi sayısı azaldıkça değişerek azaldığı sonucuna varılmıştır. Kütüphanedeki iç ortam PM_{10} ve Kadıköy Bölgesi'ndeki dış ortam verilerinde olumlu korelasyon görülmüştür. Böylece kişi sayısı arttıkça iç ortamda PM_{10} sayısının da arttığı neticesine varılmıştır. Bina içerisinde yeterli havalandırma olmamasından, oluşan toz ve partiküllerin içeride bulunan kişililerin sağlığını olumsuz yönde etkilediği ve risk oluşturduğu neticesine ulaşılmıştır (Güneş ve ark., 2016).

Bulut (2011) yaptığı bir çalışmada dış ortam ve iç ortamda eş zamanlı bir şekilde PM_1, $PM_{2,5}$, PM_7, PM_{10} ve TSP) miktarlarını ölçerek her iki ortamın aralarındaki ilişkiyi araştırmıştır. İç ortam için Şanlıurfa'da merkezinde bulunan kalorifer sayesinde ısıtılması sağlanan ve doğal yollarla havalandırılan bir ev uygun görülmüştür. Genel olarak sonuçlar verilen standartların üstüne çıkmıştır. Kullanım sıklığı ve faaliyetlerden dolayı oturma odası misafir odasına göre daha yüksek konsantrasyonlara sahip bulunmuş. I/O oranı genellikle 1'den büyük bulunmuştur. İç ortamda bulunan insan faaliyetleri, mobilya, halı vb. kirletici kaynaklarının bulunması bu ortamlardaki kirlilikte büyük rol aldığı tespit edilmiştir. Pencere ve kapı saysinde iç ortama sızan hava, havalandırma içi yetersiz bulunmuştur (Bulut ve Hüsamettin, 2011) .

Karakaş ve Güllü (2013) yapmış olduğu bir çalışmada sigara ve mumun beraber yakımı, farklı tipte sigara kullanımı (klasik ve ince sigara), mum yakımı, deodorant kullanımı, mutfak faaliyetleri vb. ev içinde gerçekleşen faaliyetlerden kaynaklanan PM'nin konsantrasyonu ve boyut dağılımına olan etkilerini değerlendirmiştir.

Çalışmada ölçümlerin yapılması için sürekli kayıt cihazı “Grimm Environmental Dust Monitor (EDM) 107” cihazı kullanılmıştır. Sonuç olarak, mum yakımı deneyinde partiküllerin boyut dağılımıında çapı 0,25 μm olan partikül konsantrasyonları en yüksek oranda (yaklaşık %37,41) bulunmuştur (KARAKAŞ ve GÜLLÜ, 2013).

Güllü (2016) yılında yaptığı bir çalışmada çocukların kreş ve ilköğretim okullarında gündüz vakitlerini geçirdikleri kapalı mekânlardaki hava kalitesinden ötürü yakalandıkları astım ve solunum rahatsızlıkları ile ilgili bir araştırma yapmıştır. Kalabalık sınıflar, doğal havalandırma, mekanik havalandırmanın olmayışı, pencerelerin hava sızdırmayışı gibi nedenlerden dolayı okulların iç ortama hava kirliliği sorunuyla yoğun bir Şekilde karşı karşıya kalmasına sebep olmuştur. Bu sorunların çocuklarda halsizlik, fiziksel gelişimi engelleme, öğrenmede güçlülük çekme ve konsantrasyon eksikliğine neden olarak eğitim hayatlarını etkilediği bulunmuştur. Çözüm olarak bu okulların sanayi bölgelerinden ve trafiğin yoğun olduğu yol civarlarından uzaklaştırarak sınıfların genişliğine göre öğrencilerin yerleştirilmesi, okullarda ikili yerine tekli öğretim yapılması, sınıfları boş dersler ve teneffüslerde bolca havalandırılması ve kriterlere uygun mekanik havalandırma sistemleri kurularak saniyede kişi başı 8 litre temiz hava vermesi gerektiğini açıklamıştır (Güllü, 2016) .

Turan ve ark. (2009) yine bir ilkokul binasında yaptıkları bir çalışmada hava kalitesinin düşük olması sonucu çocukların yakalandığı sağlık problemleri hakkında araştırma yaparak iç ortam ölçümlerine ilaveten öğretmenler ve öğrencilerin velilerine bir anket yaptırılmış. İzmir şehrinin metropol alanında iki, metropol dışında olan okulda toplam 356 öğrencide son dört haftada ankette belirlenen toplam 23 adet semptomun görülüp görülmediği, görüldüyse de sıklığı araştırılmıştır. Ayrıca, velilere çocukların performansı ve bu semptomların sebepleri ile ilgili kişisel fikirleri sorulmuştur. Çocuklarda en çok astım ve alerji semptomları gözlenirken öğretmenlerde baş dönmesi, sinürlerde tıkanıklık, boğazda kuruluk olduğu ortaya çıkmıştır. Literatür sonuçlarıyla yapılan karşılaştırmada, %14,9 ve %1,4 olan astım ve egzama hastalığına yakalanma sıklığının karşılaştırılan değerlerle ile yakın olduğu tespit edilmiştir. Binanı iç ortam hava kalitesiyle ilişkin semptomlar arasında göğüs sıkışması ve sinüs tıkanıklığı sırasıyla%3,9 ve %16,0 oranlarıyla bundan önce ofis binasında yapılan çalışmalardaki neticelerle en çok benzerlik gösteren değerler olarak bulunmuştur (Turan ve ark., 2009).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1. Çalışma alanı

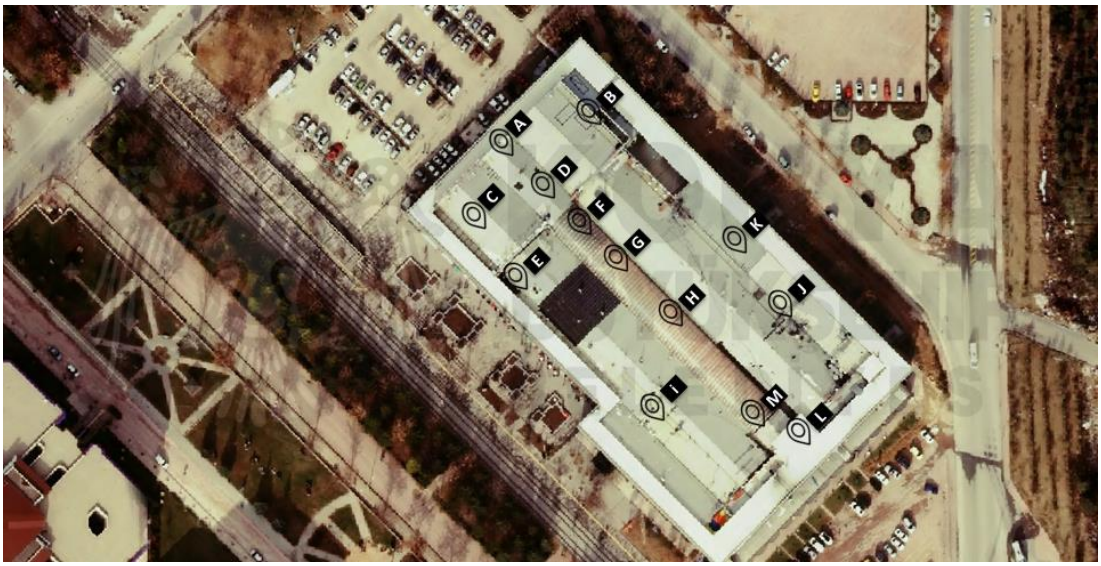
Büyük şehirlerdeki hava kirletici konsantrasyonlarının bölgeler arasındaki seviyelerinin değişimi bölgelerin karakteristiklerine bağlı şekillenmektedir (Cindoruk ve Sıddık, 2018). Konya Büyük şehir belediyesinin Selçuklu ilçesinde bulunan alışveriş merkezlerini temel alarak başlatılan bu çalışmada ölçümlerin yapılması için iki farklı konum seçilmiştir. Kapalı ortamlar olmasına dikkat edilerek seçilen bu mekânların ilki Selçuk Üniversitesi kampüsünde bulunmaktadır, konyanın yeni gelişim bölgesinde yer alan Novaland alışveriş merkezide verilerin toplanması için ikinci mekân olarak seçilmiştir.

3.1.1.1. Gökkuşağı alışveriş merkezi

Selçuk Üniversitesi Alâeddin Keykubat yerleşkesinde öğrenci ve personele hizmet veren gökkuşağı sosyal tesisleri ölçümlerin gerçekleştirilmesi ve verilerin toplanması için birinci konum olarak uygun görülmüştür. Gökkuşağı konum olarak kampüs girişten yaklaşık 400 m ilerde tıp fakültesinin karşısında bulunmaktadır. Yaklaşık 13000 m² alandan oluşan bu bina bünyesinde toplam 63 adet mağaza, kırtasiye, kitap evi, restoranlardan oluşmaktadır.

Binanın kuzey kısmında sağ ve sol taraflarda yaklaşık 2 m genişliğinde iki koridor vardır ve bazı dükkânların girişi o koridorların içerisindedir, yapı olarak düşük tavandan oluşan bu koridorlar içerisinde dolaşan hava kirleticilerinin dar bir alanda hapsolarak solunum seviyesine yakın olmasına neden olmaktadır.

Dükkânların kendi içinde kendi havalandırma sistemleri bulunsa da ortak kullanım alanlarında mevcut değildir. Daha önceden hava üfleme sistemi olan alanların teknik arıza nedeniyle kullanım dışı bırakılması sonucunda asma tavan yapılarak tamamen kapatılmıştır. 1999 yılında yapılan ve faaliyete giren gökkuşağı AVM'de zaman içerisinde basit tadilatlar görse de açılışından bugüne kadar genel bir restorasyon yapılmamıştır. Gökkuşağında ölçümlerin yapılması için 13 ölçüm noktası tespit edilmiştir (URL7).



Şekil 3.1. Selçuk üniversitesi Alâeddin Keykubat yerleşkesi gökkuşağı alışveriş merkezi ölçüm noktaları (URL7)

3.1.1.2 Novaland alışveriş merkezi

Konyanın yeni gelişim alanı olarak anılan otogar bölgesinde bulunan Novaland outlet alışveriş ve yaşam merkezi dağ mühendislik tarafından inşa edilip 2015 yılında kullanıma açılmıştır. Toplam alanı 33000 m²'den oluşan bu alışveriş merkezi bünyesinde 2 tane olmak üzere bir açık, bir kapalı otopark, 51 mağaza, 12 restoran, 3 oyun alanına sahiptir. 4 kattan oluşan bu bina uydu görüntüsünden bakılınca Şekil 3.2'de gösterildiği gibi L harfine benzemektedir. Ayrıca 4 giriş kapsının 3'ü binanın ana caddeye bakan ön cephesinde bulunuyor.



Şekil 3.2. Novaland alışveriş ve yaşam merkezi (URL7)'den türetilmiştir)

Bu nedenle trafikten kaynaklanan hava kirliliğine birebir maruz kalmaktadır. Diğer giriş kapısı ise -1 katta kapalı otopark girişi olarak kullanılmaktadır ve dış ortam hava ortamıyla direkt olarak maruziyet söz konusu değildir. Bu katta bankamatik cihazları, seyahat acentesi ve terzi dükkânları bulunuyor. Tam giriş kapısının önünde birinci ölçüm noktası seçilmiştir.

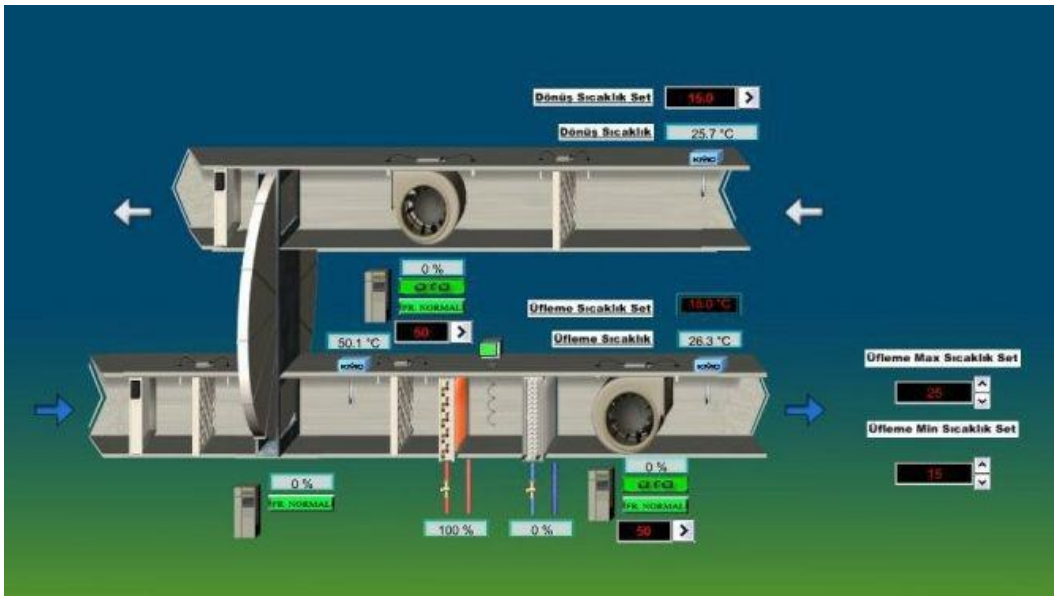
Zemin katın (sıralama olarak 0) kuzey ve güney cephesinde aynı hizada iki giriş kapısına sahiptir. Bu katta çoğunlukla ev eşyası, elektronik eşya mağazaları, kozmetik, az sayıda kafe ve giyim mağazaları bulunmaktadır. Muhtemel kirlilik kaynağı çoğunlukla AVM'nin ön cephesinde bulunan ve her iki kapının da doğrudan oraya açıldığı açık otoparktan içeri taşınan egzoz dumanı olarak düşünülmüştür.

Birinci kat ise tamamen giyim mağazalarından oluşmaktadır, muhtemel kirletici kaynağı ise kumaş türleri, mağaza parfümleri olarak düşünülmüştür. Dördüncü giriş kapısı bu katın arka tarafında bulunmaktadır. Tavanda havalandırma sistemi bulunmaktadır ve binanın tamamında zemin seramik porselen ile kaplıdır.

Üçüncü kat restoranlar, fast food mutfakları ve çocuk oyun alanlarından oluşmaktadır. Bu katın en kayda değer kirletici kaynağı ise restoranlarda yemek pişirme kaynaklı emisyonlardır. Restoranlar, birçok insanın zamanının çoğunu geçirdiği, halka açık bir şekilde ortak kullanılan iç ortamlar olarak tanılıyor. Bu sebeple, bu alanlarda bulunan temiz ve sağlıklı hava sadece görsellik açısından değil, aynı zamanda çalışanların ve ziyaret eden müşterilerin sağlığını korumaktadır (Lee ve ark., 2001). Mutfaklarda bulunan küçük boyutlu partikül maddeler (organik ve inorganik) ve karbon monoksit yemek pişirme faaliyetlerindeki yanma işleminin temel kaynağını oluşturmaktadır (Morawska ve Zhang, 2002).

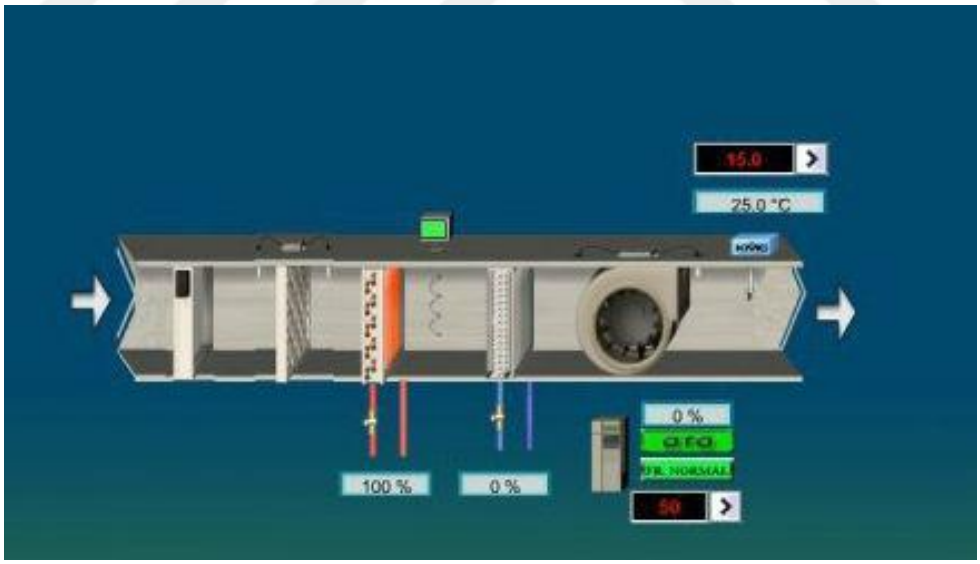
Oyun alanlarına bakıldığında hava kalitesini etkileyebilen ve uçucu organik bileşiklerin yayılmasına sebep olan zemin döşemeleri, kullanılan oyun yapı malzemeleri, aktiviteler sırasındaki solunum oranı ve hareketlilik, o alanda bulunan havalandırma sisteminin yetersizliği olarak sıralanabilir.

Bu alışveriş merkezi giriş, birinci ve ikinci katta taze hava klima santraline sahiptir. Giriş ve birinci kattaki klima sistemi iç ortamda bulunan havayı normal hava sıcaklarında dışardan aldığı havayı katlara verdikten sonra kendi içinde filtreden geçirerek tekrar döndürüp içeri vermektedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.3. Novaland AVM'de giriş ve birinci kat havalandırma sistemi (Basılmamış)

İkinci katta havalandırma sistemi farklı bir şekilde çalışarak dışardan aldığı havayı içeri tek seferlik verdikten sonra direk olarak dışarı göndermektedir. Bu şekilde çalışmasının sebebi sözü geçen katta kirlilik oranının yemek ve oyun alanlarından yüksek konsantrasyonlarda ortama salınmasıdır.



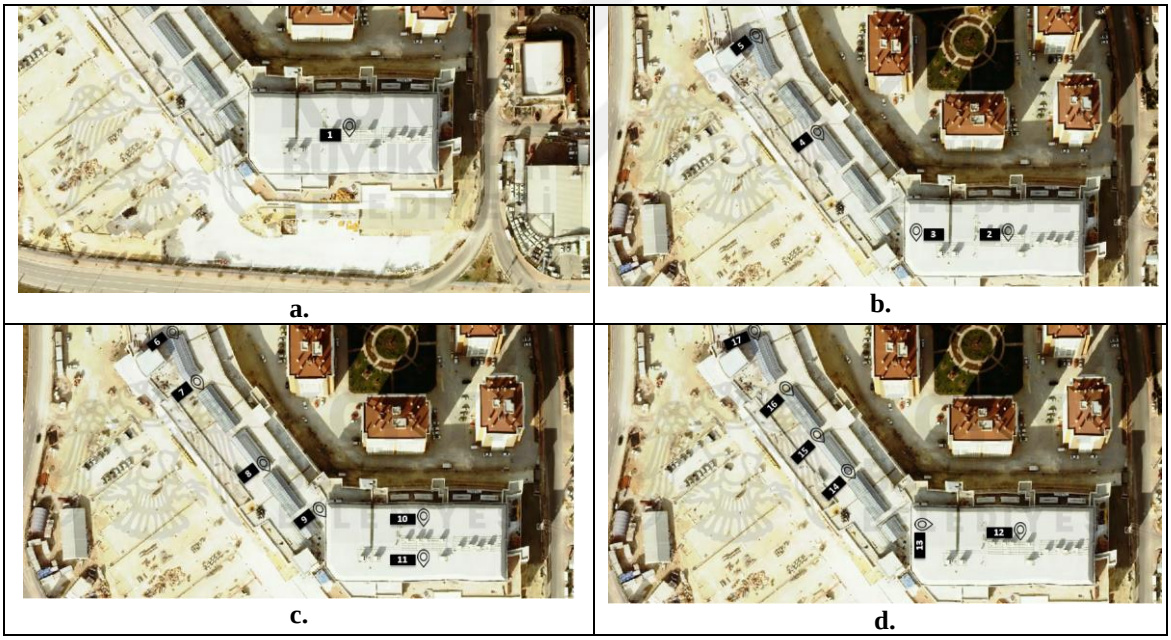
Şekil 3.4. Novaland AVM'de ikinci kat havalandırma sistemi (Basılmamış)

Partikül maddenin $PM_{2.5}$ AVM içinde doğru bir şekilde dağılımını gösterebilmek için bütün katlarda ölçüm yapılmıştır ve toplamda 17 ölçüm noktası belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Novaland alışveriş merkezinde alınan ölçüm noktalarının bulundu katlar

Bulunduğu kat	Ölçüm noktaları	Bulunduğu kat	Ölçüm noktaları
1	10	-1	1
1	11	0	2
2	12	0	3
2	13	0	4
2	14	0	5
2	15	1	6
2	16	1	7
2	17	1	8
		1	9

Birinci ölçüm noktası -1 katta otopark girişinde bulunmaktadır, bu katta alanı nedeniyle tek bir ölçüm noktası yeterli görülmüştür. 2-5 noktalar, zemin katın farklı noktalarında yer alarak giriş kapılarının önü ve katın diğer bölgelerindeki konsantrasyon farklılığını gösterebilme amacıyla alınmıştır. 6-11 noktalar, birinci katın boylu boyunca belirli yerler seçilerek alınmıştır. 12-17 noktalar ise ikinci katta bulunan restoranların ve oyun alanlarının önünde seçilmesine özen gösterilmiştir. Ölçüm noktaları harita üzerinden Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Novaland AVM'de katlara göre ölçüm noktaları, a. (-1) kat, b. (0) kat, c. (1) kat, d. (2) kat (URL7)'dan türetilmiştir)

3.1.2 Partikül madde ölçümü

Havada bulunun toz ve partiküllerin ölçüm yöntemleri partiküllerin hacmine ve çalışmada istenilen sonuçlara göre değişiklik gösterir. Elektronik kayıt sayesinde havada bulunan partiküllerin konsantrasyonunu belirlemek için yapılandırılmış "Particle Counter PCE-PCO1" bir lazer partikül sayacı ve toz ölçüm cihazıdır Şekil (3.4). Particle

counter PCE-PCO1 cihazından veriler sayısal olarak görüntülenebilmektedir. Bu cihaz, temiz odalar, iç ortam hava kalitesi, egzoz, tütün veya sigara dumanı ve diğer zararlı hava kirleticilerine maruz kalma ve havadaki toz seviyelerinin izlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 3.6. Partikül madde ölçüm cihazı "particle counter PCE-PCO1"

Partikül sayacı, kirlilik seviyesini kesin olarak belirlemek için geliştirilmiştir. Cihazın 6 farklı parçacık boyutunu ölçmesi (0.3 µm, 0.5 µm, 1.0 µm, 2.5 µm, 5.0 µm, 10 µm), ölçümlerin (5000 ölçümden fazla) dahili hafızaya kaydedilebilmesi, arka aydınlatmalı geniş, renkli bir LCD ekran, görüntü ve video kaydı için yerleşik bir kamera, hava sıcaklığı, çiğ noktası ve bağıl nem ölçmek için sensörler içermesi, Sıcaklık ölçümlerini Selsius derece (°C) veya Fahrenhayt derece (°F) cinsinden görüntülemesi gelişmiş özelliklere sahip olduğunu göstermektedir.

Kolay taşınabilirliği bakımdan farklı noktalarda ölçüm alınması için uygun görülen bu cihaz, ölçüm yerine gitmeden önce şarj edilmeli ve hazırlanmalı ve ölçümden önce tozsuz bir ortamda (kalibrasyon) yaparak sıfırlanmalıdır. Ölçüm alanına ulaştıktan sonra, güç (power) düğmesine basılarak cihaz açılır ve partikül sayma ekranına geçmek için ENTER düğmesine basılır. Cihazın üstündeki toz ve sıcaklık sensörlerinin kapakları açılarak ortamdaki tozları ve sıcaklığı algılaması için hazır hale getirilir ve BAŞLAT / ÇALIŞTIR düğmesine basılır. Ünite 30 saniye boyunca ölçüm yapmaya başlar. Ölçüm süresi bittikten sonra F2 düğmesine basılarak veriler kaydedilir.

Cihaz ayrıca 3 tane farklı örnekleme moduna sahip, bunlar: kümülatif, diferansiyel (ayrımsal) ve konsantrasyon olarak geçiyor. İstenilen tip ölçüm yapılmadan önce seçilmesi gerekiyor. Bu özelliklerin yanı sıra tarih ve saati, dil ve ekran ışıltısını isteğe göre sistem ayarlarından düzletilebiliyor.

Bu tip çalışmalarda örnekleme ve ölçüm dönemine bağlı olarak elde edilen verilerin sürekli (mümkünse günlük kontrolden geçirilmeli) cihazın hafıza kartından bilgisayar ortamına aktarılması veri kaybına uğranılmaması bakımından büyük önem taşımaktadır.

3.1.3 Modelleme ve grafik programı surfer 16

Golden software firmasının ürettiği bu yazılım 2 ve 3 boyut grafik sisteminden oluşur. Farklı ortamlarda kaydedilmiş dağınık verilerin gridlenmesi, kontur haritalarının oluşturulması ve 3 boyutlu görüntülerin elde edilmesi için kullanılır (Polat, 2002).

Birçok farklı bilim dalından insanlar Surfer kullanıyor. 1984'ten beri, dünya çapında 100.000'den fazla bilim adamı ve mühendis Surfer'in gücünü ve basitliğini keşfetmiş durumda. Programın sıra dışı kılavuzlama ve şekillendirme yetenekleri, XYZ verileriyle çalışmak için tercih edilen yazılım haline getirmiştir. Yıllar boyunca bu program hidrologlar, mühendisler, jeologlar, arkeologlar, okyanus bilimciler, biyologlar, jeofizikçileri, iklimbilimcileri, eğitimcileri, öğrencileri ve daha fazla kişi tarafından kullanılmıştır. XYZ verilerini çarpıcı bir netlik ve doğrulukla görselleştirmek için yüksek performans göstermektedir (Bresnahan ve Dickenson, 2002).

Toplanan verileri bilgiye dönüştüren bu program, verilerin doğruluğunu ve hassasiyetini koruyarak yüksek kalitede görselleştirmektedir. Surfer'in kapsamlı modelleme araçlarının yanı sıra interpolasyonu ve ızgaralama parametrelerini ayarlanabilir, hataları ve kırılmaları tanımlayın veya hacimler, dönüşümler, düzleştirme veya filtreleme gibi ızgara hesaplamaları yapabilmektedir (URL8).

Eşyükselti eğrisi, hesaplaştırma, 3 boyut yüzey, renk kabartma vb., gibi harita türlerinden oluşmaktadır ve her tür veriyi görselleştirmek ve modellemek için araçlar sunmaktadır. Bu çalışmada elde edilen harita türü contour map (eşyükseilti eğrisi)'dir. Çalışma levhasına yüklenen XYZ verilerini ızgara (grid) haline getirerek tüm istatiksel hesaplamaları yaptıktan sonra istenilen harita türünü seçerek harita oluşturulmuştur. Haritayı daha anlamlı ve okunabilir hale getirebilmek için çeşitli kişiselleştirme seçenekleriyle ekranın sol alt köşesinde bulunan pencere sayesinde harita kişiselleştirilebilir. Bu seçenekler, kesitler, büyüteçler, ölçek çubukları ve çoklu eksen, doğrusal veya logaritmik renk ölçekleri, birden çok haritayı birleştirmek, metin, çizgi, dolgu ve sembol özellikleri gibi düzenlemelerden oluşmaktadır. (URL8).

3.2 YÖNTEM (METOD)

3.2.1 Partikül madde $PM_{2.5}$ ölçüm yöntemi

Partikül madde konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla yapılan araştırmalarda genelde dış ortamda bulunan kirletici kaynaklarına bakılmıştır. Bunlara kıyasen iç ortam partikül madde kirliliği, konsantrasyonları, kaynakları ve zamanlarının çoğunu çeşitli iç mekan ortamlarında geçiren insanlara maruz kalma seviyeleri hakkında çok az bilgi vardır(Challoner ve Gill, 2014). Mevsimsel değişikliklerin partikül madde üzerinde etkisini tespit etmek için başlatılmış bu çalışmada ölçümlerin alınması için yaz, sonbahar, ve kış mevsimleri seçilmiştir. Yaz ve son bahar mevsimlerinde, Selçuk üniversitesi gökkuşağı sosyal tesisleri ve Novaland alışıveriş merkezinde birer hafta ölçüm yapılmıştır, kış mevsiminde her iki konum içinde hafta içi ve hafta sonu ölçümleri yapılmıştır. Toplam ölçüm süresi 4 gün olmak üzere tamamlanmıştır.

Ölçümlerin yapıldığı 3 mevsiminde de günlük ölçüm programı mekânların çalışma saatlerine bağlı olarak 10 saat sürmüştür, ölçümler 2 saat aralığı ile günlük 6 kez tekrarlanmıştır. Ölçüm noktalarının koordinatları alındıktan sonra her mevsim sonu toplanan veriler Excel programında günlük haftalık ve saatlik ortalamaların alınacağı şekilde listelenmiştir. X ve Y koordinatlarının yanı sıra Z koordinatı ölçülen $PM_{2,5}$ değerlerini temsil etmiştir. X Y koordinatlarını ve ölçüm değerleri SURFER-16 programına aktararak worksheet (çalışma levhası) oluşturulmuştur. Hazırlanan veriler ızgara haline getirilerek tüm istatiksel hesaplamalar yapılmıştır. Daha sonra eşyükselti eğrilerini gösterebilmek için harita seçeneklerinden contour map seçilmiştir, haritada yüksek ve düşük konsantrasyonları ve dağılım çizgilerini anlaşılır bir şekilde göstermek için kişiselleştirme penceresi kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Partikül madde ölçümleri, Konyanın iki büyük alışveriş merkezinin iç ortamında üç ayrı mevsimde gerçekleştirilmiştir. Örneklemeler Selçuk üniversitesi Alâeddin Keykubat yerleşkesi gökkuşağı alışveriş merkezi ve Novaland alışveriş merkezinde yapılmıştır. Birinci örnekleme dönemi 21.05.2018 – 03.06.2018 tarihleri arasında, ikinci örnekleme dönemi 24.09.2018 – 07.10.2018 tarihleri arasında ve üçüncü örnekleme dönemi 25.12.2018 – 07.01.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Ölçüm periyotları boyunca her bir mekânda birer hafta ölçüm yapılmıştır. Birinci dönem yaz ölçümleri, ikinci dönem sonbahar, son dönem ise kış ölçümleri olarak alınmıştır. Günlük 6 defa ölçüm yapılarak partikül madde $PM_{2,5}$'un haftalık ortalama dağılımları Surfer 16 ile hazırlanmıştır.

4.1. Gökkuşağı AVM $PM_{2,5}$ Bulguları

Tez kapsamında üniversitede bulunan Gökkuşağı AVM'ye hafta içi ve hafta sonu (09.00 -19.00) saatleri arasında gidilmiştir. Ölçüm saatleri alışveriş merkezinin açılış ve kapanış saatine yakın olacak şekilde düzenlenmiştir. Çalışma sonucunda tüm verilerin incelenmesinden elde edilen $PM_{2,5}$'un hafta içi ve hafta sonu ortalama değerleri sırasıyla, yaz için 600,32 $\mu g/m^3$ ve 528,62 $\mu g/m^3$, sonbahar için 693,65 $\mu g/m^3$ ve 495,75 $\mu g/m^3$ son olarak ta kış mevsimi için 2511,87 $\mu g/m^3$ ve 1544,67 $\mu g/m^3$ olarak bulunmuştur.

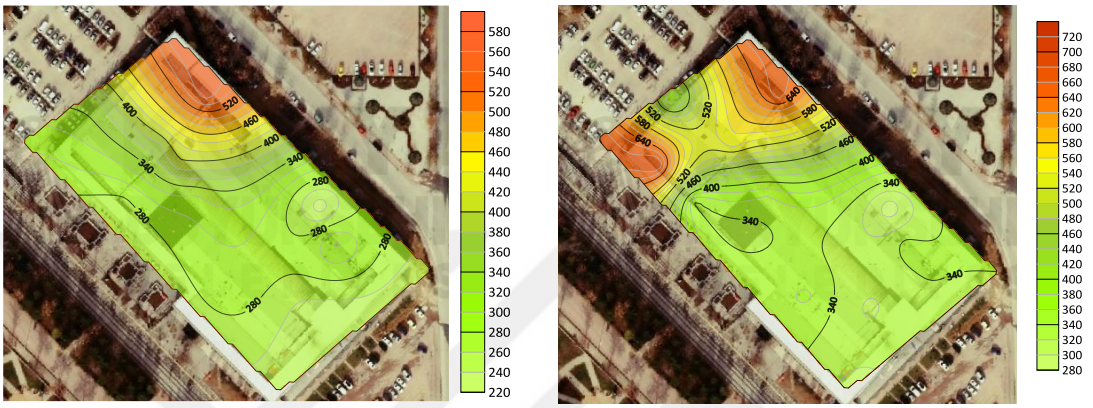
Çizelge 4.1. Gökkuşağı alışveriş merkezinde mevsimsel partikül madde ($PM_{2,5}$) hafta içi ve hafta sonu dönemlik ortalamaları

Ölçümlerin yapıldığı Mevsim	$PM_{2,5}$ hafta içi ortalama değeri $\mu g/m^3$	$PM_{2,5}$ hafta sonu ortalama değeri $\mu g/m^3$
Yaz	600,32	528,62
Sonbahar	693,65	495,75
Kış	2511,87	1544,67

4.1.1 Yaz mevsimi bulguları

yaz döneminde yapılan ölçümlerden elde edilen verilere göre partikül madde $PM_{2,5}$'un sabah saat 9 ölçümlerinde hafta içi ortalaması 580 $\mu g/m^3$'iken hafta sonu az bir farkla 720 $\mu g/m^3$ olarak bulunmuştur. Kirliliğin en yoğun olduğu nokta hafta içi B noktasındayken hafta sonu B ve C noktalarında yoğun olarak görülmüştür. B noktası; yemek pişirme ocakları, kuaför, terzi ve çilingircilerin bulunduğu ince ve kapalı bir

koridordadır. Aktif şekilde çalışma halinde olan bu dükkânlar sayesinde hafta içi ve hafta sonu değerleri arasında çok fark görülmemiştir. C noktası ise AVM'de bulunan ve bahsedilen koridora binanın sol tarafından tekabül etmektedir. Bu koridora açılan restoran mal giriş alanı, medikal malzeme satış noktası ve giyim mağazasının kapısı mevcuttur. Hafta sonu görülen değer, koridorda gerçekleşen mal yükleme işleminden ötürü arttığı görülmektedir. Modelleme sonuçları Şekil 4.1'de gösterilmektedir.

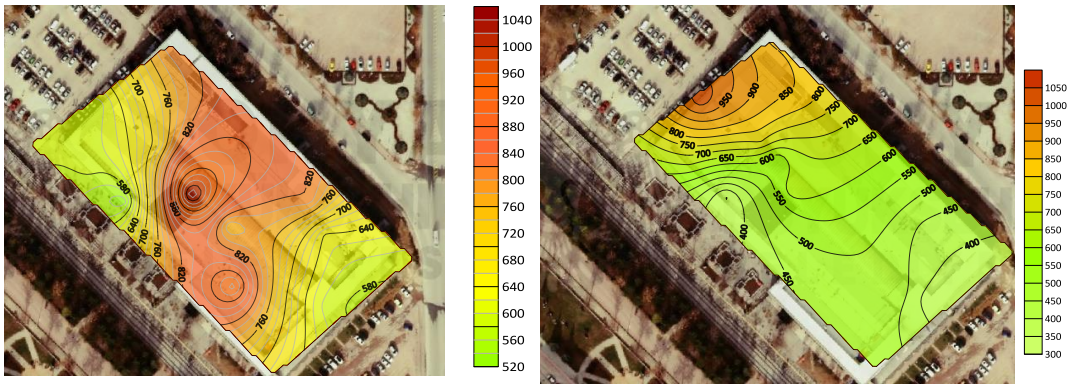


(a) (b)

Şekil 4.1. Gökkuşağı AVM'de yaz mevsimi saat 9 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Gün ortasına yaklaştıkça değerlerin biraz daha arttığı, saat 11 sularında yapılan ölçümlerde net bir Şekilde hem hafta içi hem hafta sonu ortalamalarında modellemeye yansımaktadır. Hafta içi PM $_{2,5}$'un saat 11 ortalaması 1040 µg/m^3 olarak bulunmuştur, hafa sonunda ise 1050 µg/m^3 olarak birbirine çok yakın değerler elde edilmiştir. Hafta içi görülen yoğun kirlilik bölgesi tam olarak binanın orta kısımlarına, koridorlar ve restoranların bir kısmına denk gelmektedir (Şekil 4.2) .

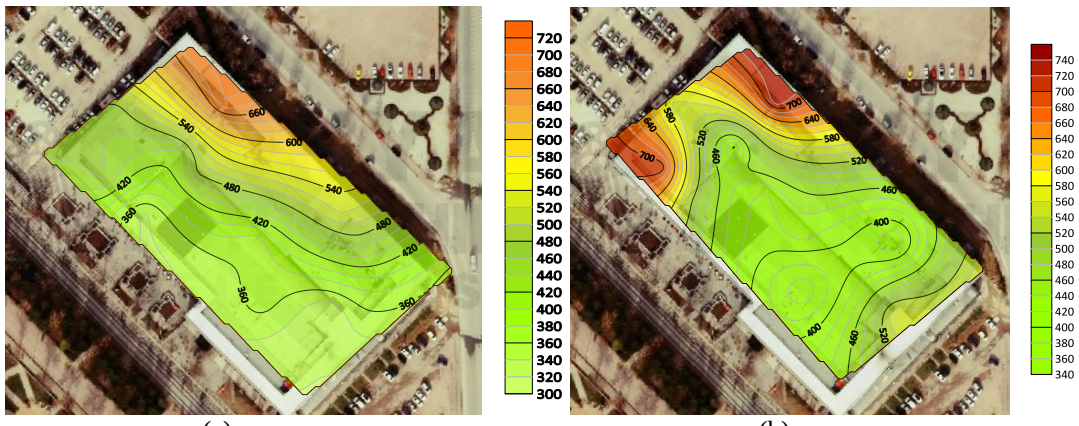
Kampüs personelinin ve öğrencilerin bu saatlerinde öğle molasına girmesiyle beraber gökkuşağı AVM'nin içerisindeki kişi sayısında önemli ölçüde artmaktadır. Bu zaman diliminde de kişi sayısındaki artış ile doğru orantılı olarak kirlilik konsantrasyonunda ki artışta ciddi ölçüde artmaktadır. Hafta sonu görülen $PM_{2,5}$ değeri hafta içi değerinden daha yüksek olsa da kirliliğin tespit edildiği bölge A noktasını temsil etmektedir. Bu nokta binanın kuzey giriş kapsının önünde yer alıp günün çoğu saatlerinde açık bulunabilmektedir. Binanın diğer kısımları normal kirlilikte görülüp kuzey kapı girişinde yüksek konsantrasyonların görülmesi, dış ortamda bulunan bir kirletici kaynağının oluşturduğu partikül kirliliğinin iç ortama sızması anlamına gelmektedir. Saat 11 modelleme sonuçları Şekil 4.2 de gösterilmektedir.



(a) (b)

Şekil 4.2. Gökkuşağı AVM'de yaz mevsimi saat 11 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Hafta sonunun hafta içine göre gösterdiği yüksek değerler saat 13.00 ortalamasında da aynı sonucu vermiştir. Her iki haritada da kirliliğin en yoğun olduğu nokta D noktasıdır. Burada bulunan kuaför, çilingir ve ocaklardan kaynaklanan $PM_{2,5}$ kirlilik seviyesinin artmasına neden olmuştur. Hafta içi ortalaması 720 µg/m^3 ve hafta sonu ortalaması 740 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Öğle arası saati bittikten sonra AVM'ye giriş yapan çoğunluğun (öğrenci, personel ve hastane ziyaretçileri) dağılması sonucu iç ortamda bulunan partikül madde $PM_{2,5}$'un konsantrasyonlarında kademeli olarak düşüş gözlemlenmektedir. Ayrıca yazın iç ortamlarda kapılar ve pencereler sayesinde yapılan havalandırma faaliyetinden dolayı iç ortamda hapsolan kirleticilerin kolaylıkla dağılmasına neden olmaktadır. Saat 13.00 sonuçları Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



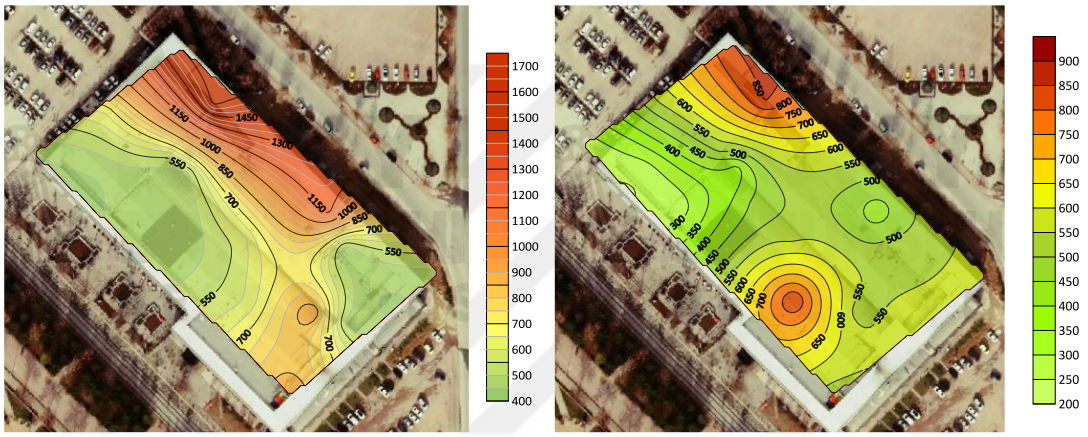
(a) (b)

Şekil 4.3. Gökkuşağı AVM'de yaz mevsimi saat 13 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Yaz döneminin hafta içi saat 15.00 ortalaması 1700 µg/m^3 olarak bulunmuştur, Partikül kirliliğinin dağılımına baktığımızda B, F, G, H, I, J, K noktalarının boyunca 900-1700 µg/m^3 arasında görülen $PM_{2,5}$ konsantrasyonları ders bitiş saatlerine denk gelerek tekrar AVM'de bir kalabalıklık ve kişi ziyaret sayısının artışına işaret

etmektedir. Bu durum özellikle sayılan noktaların (koridorlar ve yemek alanları)'nın bulunduğu yerlerde net bir şekilde gözükmektedir. Kapalı ortamlarda kalabalık arttıkça doğru orantıda partikül maddenin artması söz konusudur ve bu bu, yaz mevsiminde havalandırmaların bulunması dahi görülebilen bir durumdur. İnsanların solunum oranı arttıkça $PM_{2,5}$ konsantrasyonları artmaktadır.

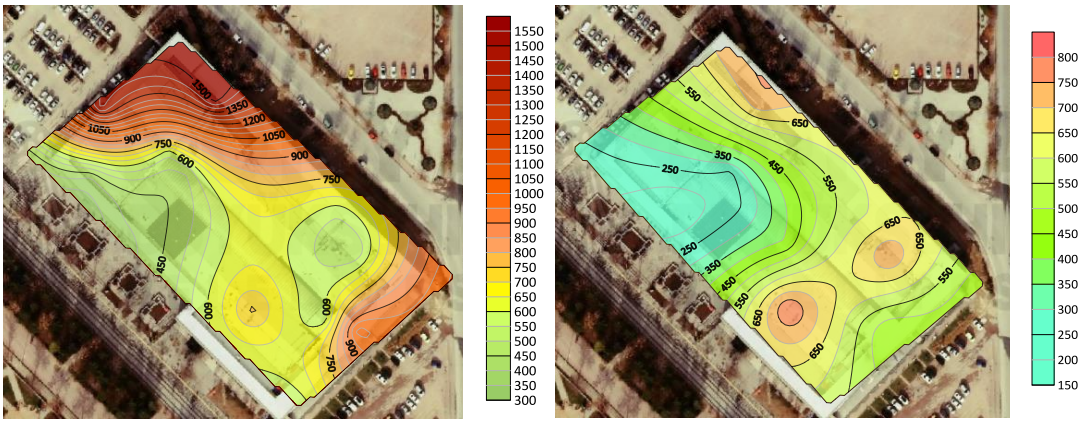
Hafta sonu sonuçları hafta içi ortalamasının yarısına düşerek 900 $\mu g/m^3$ olmuştur. Kirliliğin yüksek görüldüğü noktalar her ne kadar aynı olsa da hafta sonu saat 15:00 ten sonra AVM'ye yapılan ziyaret sayısının azalmasından partikül madde konsantrasyonu daha az bulunmaktadır. Saat 15.00 sonuçları Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



(a) (b)

Şekil 4.4. Gökkuşağı AVM'de yaz mevsimi saat 15 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

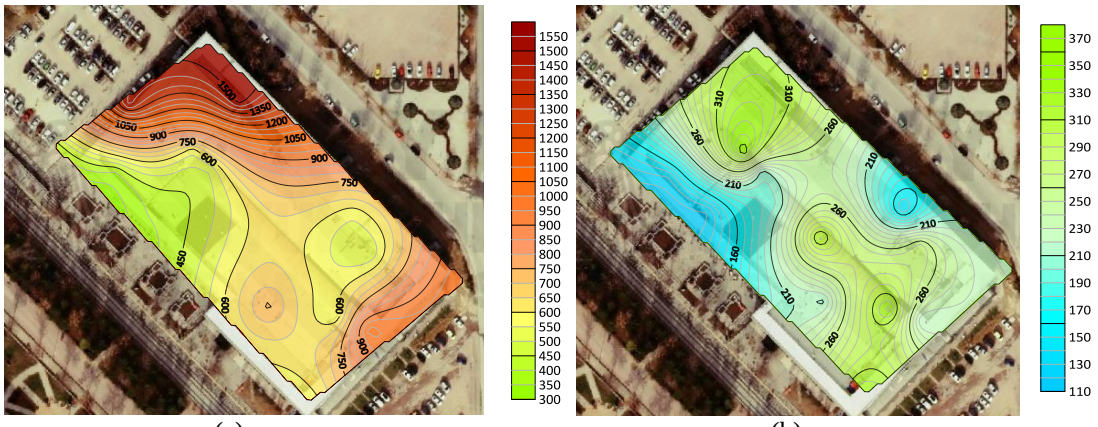
Genel olarak gökkuşağının en yüksek partikül kirliliğine sahip B noktası saat 17.00'de de değişmeyerek hafta içi ortalamasıyla 1550 $\mu g/m^3$ olarak gözlenmiştir. Burada sonuca bakınca, $PM_{2,5}$ binanın kuzey ve kuzey doğu kısmında yüksek konsantrasyonlarda dağıldığı net bir şekilde görülmektedir, binanın sol kısmında ise boylu boyunca daha düşük (600 $\mu g/m^3$ civarı) konsantrasyonlar bulunmuştur. Binanın güney doğu kısmında yeniden yükselen değerler orada bulunan, dış ortama açık olan kapı sayesinde içeriye intikal eden bir kirletici kaynağının bulunduğuna işaret etmektedir. Hafta sonları akşam saatlerine doğru kampüste kişi sayısının azalmasıyla birlikte AVM'ye uğrayan kişi sayışımında azalması anlamına gelmektedir. Bu durumun saat 17.00 ortalamasının hafta sonu sonuçlarında gözlendiğini ve ortalama konsantrasyonun 800 $\mu g/m^3$'a indiğini göstermektedir. Şekil 4.5 saat 17.00 hafta içi ve hafta sonu $PM_{2,5}$ sonuçlarını göstermektedir.



(a) (b)

Şekil 4.5. Gökkuşağı AVM'de yaz mevsimi saat 17 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Günün son ölçüm yapıldığı saat 19.00'un $PM_{2,5}$ kirlilik seviyesi hafta içi 1550 $\mu g/m^3$'iken hafta sonu 370 $\mu g/m^3$ olarak görülmüştür. Saat 19.00, Gökkuşağı AVM'nin sol tarafında bulunan Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'nin hasta ziyaret saatine denk gelmektedir. Bu denenle o Saat'te hastaneye gelen ziyaretçilerin çoğu AVM'ye yemek yemek veya alışveriş yapma amaçlı uğramaktadır. Bunun aksine hafta sonu kampüste öğrencilerin bulunmaması nedeniyle $PM_{2,5}$ kirlilik seviyesi hafa içine göre çok düşük bulunmuştur. Şekil 4.6'da yaz mevsiminde gökkuşağı AVM'de gerçekleşen saat 19:00'daki son $PM_{2,5}$ ölçümün modelleme sonuçları gösterilmektedir.



(a) (b)

Şekil 4.6. Gökkuşağı AVM'de yaz mevsimi saat 19 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Genel bir yorumlama ile yaz döneminde yapılan ölçümler sonucunda en az bulunan $PM_{2,5}$ değeri 370 $\mu g/m^3$'tür. Bu değer DSÖ, AÇA ve EPA'nın $PM_{2,5}$ için belirlediği saatlik 25 $\mu g/m^3$ sınırını aşmaktadır.

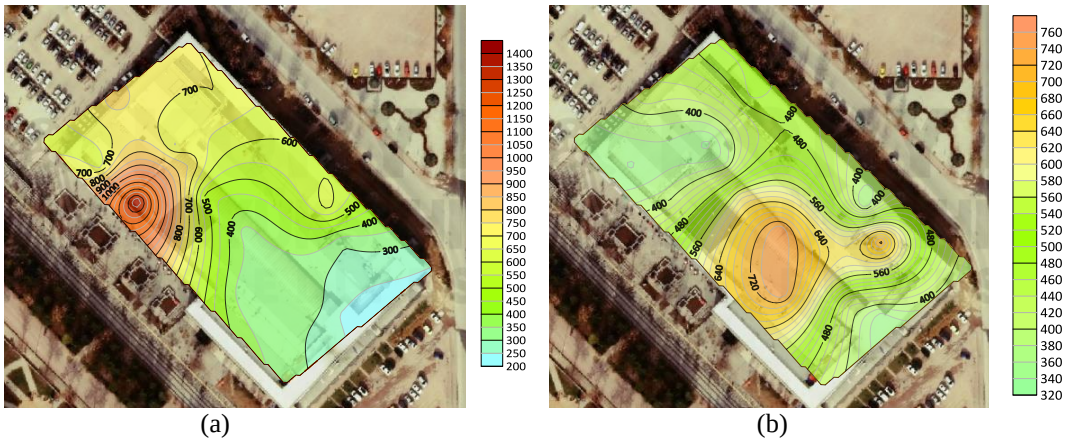
Türkiye'de en son 2008'de güncellenen hava kalitesi değerlendirme yönetimi ve yönetmeliğinde $PM_{2,5}$ ile ilgili standart değer 200 µg/m^3'tür. Elde edilen sonuçlar HKDYY sınır değerini aşmaktadır.

4.1.2 Sonbahar mevsimi bulguları

Sonbahar mevsiminin ortalama $PM_{2,5}$ konsantrasyonları hafta içi 693,65 µg/m^3 ve hafta sonu 495,75 µg/m^3 olarak bulundu. Ölçüm saatleri yaz döneminde olduğu gibi yine saat (09.00-19.00) aralarında yapılmıştır. Selçuk üniversitesinin resmi dönem kayıtlarının hemen ardından başlayan 7 günlük ölçüm periyotu 24.09.2018 tarihinde başlayıp 30.09.2018 tarihinde sona ermiştir.

Hafta içi ortalaması F noktasında (batı giriş kapısı) oluşan ve 1000'i geçen kirlilik seviyesiyle günün erken saatinde olsa da 1400 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Oradaki giriş kapısının her iki tarafında bulunan restoran bacalarının giriş noktasını etkilediği düşünülmektedir. AVM'nin diğer bölgelerinde hafta içi boyunca 700 µg/m^3'ü geçmeyen konsantrasyonlar gözlenmiştir.

AVM'nin hafta sonu daha sakin ve daha az kişi ziyaretinden kaynaklanan daha düşük $PM_{2,5}$ konsantrasyonu 760 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Sonbahar mevsiminin ilk ortalama $PM_{2,5}$ konsantrasyonu saat 09.00 modelleme sonuçları Şekil 4.7'de gösterilmektedir.



(a) (b)

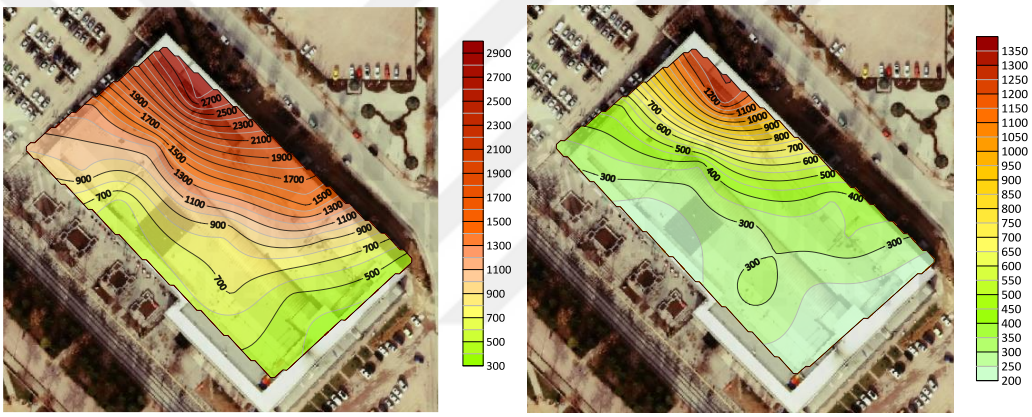
Şekil 4.7. Gökkuşağı AVM'de sonbahar mevsimi saat 9 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Sonbaharda, saat 11.00 değerleri yaz mevsiminde olduğu gibi tehlike arz edecek seviyelerde $PM_{2,5}$ kirliliğinin bulunduğunu göstererek 2900 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Burada B noktasında oluşan partikül kirliliğinin AVM'nin kuzey doğu kısmından

başlayarak ortalara doğru dağılmış ve etkisini göstermiştir. $PM_{2,5}$ konsantrasyonu yemek pişiren restoranların bulunduğu J ve K noktalarında da en az 1300 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Yemek pişirme faaliyetleri iç ortam $PM_{2,5}$ kaynağı olarak EPA tarafından 2. Sırada yer almıştır (Lai ve Ho, 2008).

Restoranlardaki konforlu ve sağlıklı iç ortam, görselliği artırmakla birlikte, müşteri ve çalışanların sağlığını oluşan zararlı hava kirleticilerine karşı korumaktadır. (Lee ve ark., 2001).

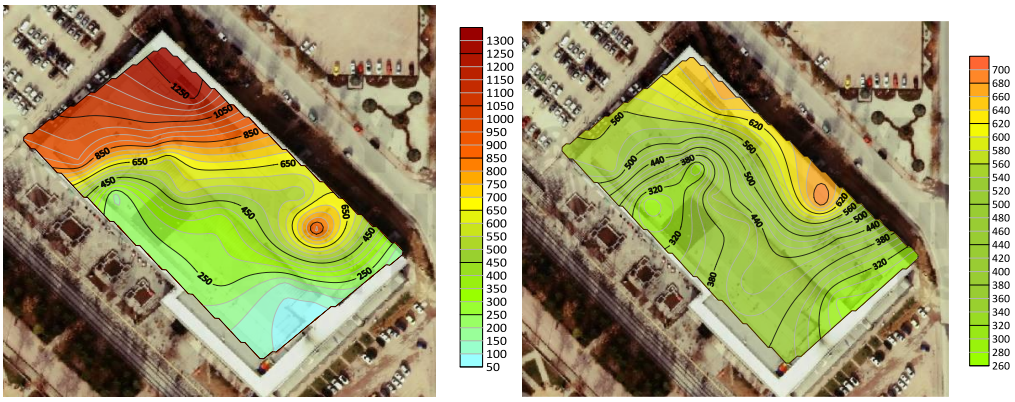
Hafta sonu Partikül Madde kirliliği etkisini sadece oluştuğu noktada göstererek 1350 µg/m$^{3'}$e düşmüştür. AVM'nin diğer bölgelerinde hafta sonu boyunca konsantrasyonlar genellikle 300-400 µg/m^3'ü aşmamıştır. Şekil 4.8'de saat 11:00 modelleme sonuçları gösterilmektedir.



(a) (b)

Şekil 4.8. Gökkuşağı AVM'de sonbahar mevsimi saat 11 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

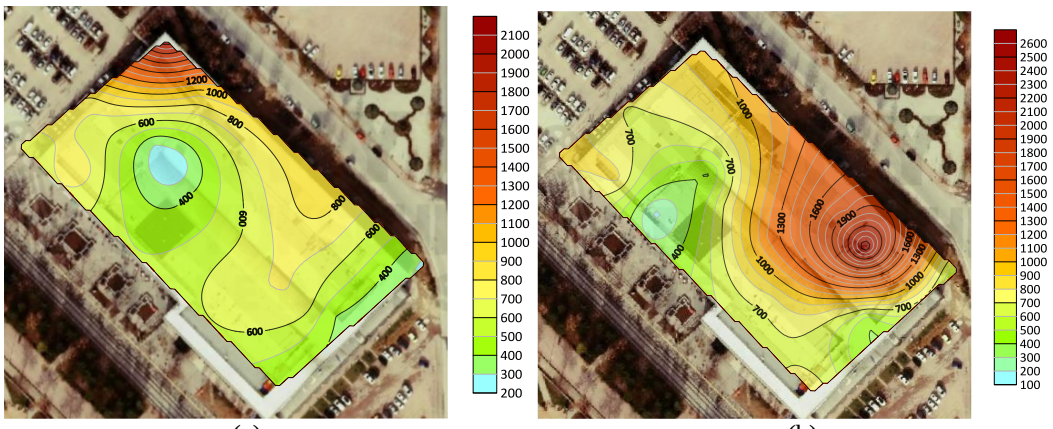
Saat 13.00 için hazırlanan kirlilik haritasına bakıldığında $PM_{2,5}$ konsantrasyonu saat 11.00'e benzer bir dağılım gösterdiği görülmektedir. AVM'nin kuzey kısmında değerler 1300 µg/m^3 olarak bulunurken orta ve güney kısımlarda 650 µg/m^3'ü geçmemektedir. Hafta sonu ise binanın genelinde daha düşük konsantrasyonlar hâkimiyetini gösterirken maksimum $PM_{2,5}$ değeri 700 µg/m^3 olarak bulunmuştur. $PM_{2,5}$ dağılım haritaları, saat 13.00 hafta sonu ve hafta içi konsantrasyonlarını göstermek için Şekil 4.9'de sunulmuştur.



(a) (b)

Şekil 4.9. Gökkuşağı AVM'de sonbahar mevsimi saat 13 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Saat 15.00 örneklemelerinden elde edilen sonuçlara bakılınca, hafta sonu ortalama $PM_{2,5}$ değerleri hafta içi değerlerinden daha yüksek bulunarak, 2600 µg/m^3'lük bir değerle kirliliğin en yoğun olduğu bölgenin J noktasına tekabül ettiğini göstermiştir. Bu noktada ölçümler tam olarak orada bulunan büyük bir restoranın önünde yapılmıştır. Restoranın geniş bir ön cepheye sahip olması, arka tarafta ocakların kullanılması halinde oluşan bütün kirleticilerin ve $PM_{2,5}$ taneciklerinin direk olarak o bölgeye yayılmasına müsaade etmektedir. Hafta içi ortalaması 2100 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Hafta içi sonuçları saat 13.00 ortalamasına benzer bir Şekilde B noktasında yüksek bulunmuştur. Saat 15.00 ortalama konsantrasyonları Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



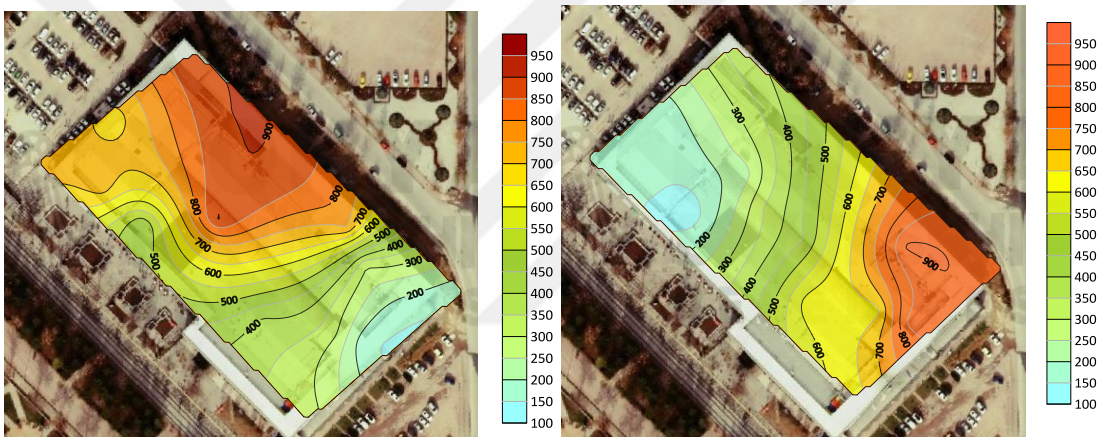
(a) (b)

Şekil 4.10. Gökkuşağı AVM'de sonbahar mevsimi saat 15 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Saat 17.00 sonuçlarında eşit konsantrasyonla hafta içi ve hafta sonu $PM_{2,5}$ değerleri 950 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Fakat kirliliğin göründüğü bölgeler birbirinden farklıdır, hafta içi kirliliğin dağılımı AVM'nin kuzey doğu kısmından diğer bölgelere dağılırken hafta sonu haritasında tam aksine binanın güney doğu kısmında bir dağılım

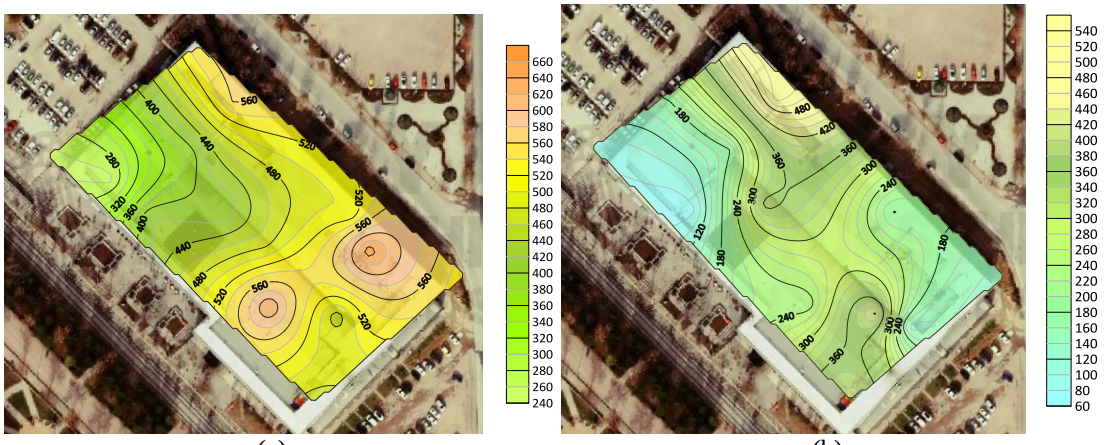
söz konusudur. Orada bulunan güney giriş kapısı sebebiyle dış ortamdan kaynaklanan kirliliğinin iç ortama nüfuz ettiği tahmin edilmektedir. Sonuçlar Şekil 4.11'da gösterilmiştir.

Partikül madde $PM_{2,5}$ kirlilik seviyesi günün son ölçüm yapıldığı saat 19.00'da değerleri daha da düşürerek hafta içi binanın genelinde birbirine yakın konsantrasyonlar görülmüştür ve ortalama 660 $\mu g/m^3$ olarak bulunmuştur. Hafta sonu bu değer daha da azalarak sonbahar mevsiminin en düşük ortalama konsantrasyonu 540 $\mu g/m^3$ olarak bulunmuştur. Hafta sonu günün son ölçüm saatinde, kampüsten personellerin, öğrencilerin ve öğretim üyelerinin ayrılmasıyla birlikte AVM'de neden bu kadar düşük $PM_{2,5}$ seviyelerine rastlandığının açıklamasıdır. Saat 19.00 $PM_{2,5}$ dağılımı hafta sonu ve hafta içi haritaları Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



(a) (b)

Şekil 4.11. Gökkuşağı AVM'de sonbahar mevsimi saat 17 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri



(a) (b)

Şekil 4.12. Gökkuşağı AVM'de sonbahar mevsimi saat 19 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu ortalaması

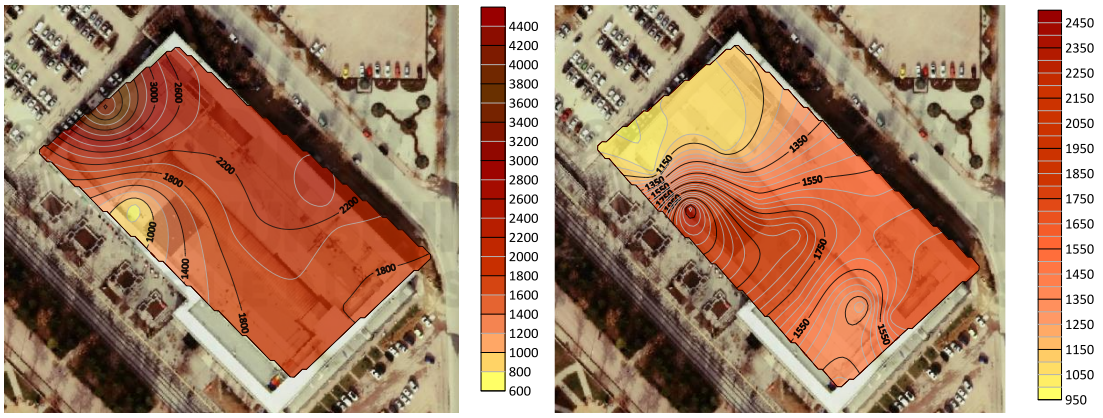
Genel bir yorumlama ile sonbahar döneminde yapılan ölçümler sonucunda en az bulunan $PM_{2,5}$ değeri 540 µg/m^{3}'tür. Bu değer DSÖ, AÇA ve EPA'nın $PM_{2,5}$ için belirlediği saatlik 25 µg/m^3 sınırını aşmaktadır. Türkiye'de en son 2008'de güncellenen hava kalitesi değerlendirme yönetimi ve yönetmeliğinde $PM_{2,5}$ ile ilgili standart değer 200 µg/m^3'tür. Elde edilen sonuçlar HKDYY sınır değerini aşmaktadır.

4.1.3 Kış mevsimi $PM_{2,5}$ bulguları

Kış mevsiminin ortalama $PM_{2,5}$ konsantrasyonları hafta içi 2511,87µg/m^3 ve 1544,67µg/m^3 olarak bulundu. Ölçüm saatleri yaz ve sonbahar dönemlerinde olduğu gibi yine saat (09.00-19.00) aralarında gerçekleştirilmiştir. Örnekleme dönemi 25.12.2018 tarihinde başlayıp 31.12.2018 tarihinde sona ermiştir. Gökkuşağı AVM'de en yüksek $PM_{2,5}$ değerleri kış mevsiminde görülmüştür.

Günün ilk ölçüme başlandığı saat 09.00'da hafta içi ortalama konsantrasyon 4400 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Haritaya bakıldığında, en düşük değer binanın batı kısmında bulunan ana giriş kapısında, F noktasında görülmüştür. Bu kapı ana giriş kapısı olarak adlandırılmaktadır ve binaya giriş en fazla bu kapıdan sağlanmaktadır. Buna bağlı olarak kapının günün çoğu saatlerinde açık tutulduğu anlamına gelmektedir. Bunun yanı sıra kuzey giriş kapısında 3800 µg/m^3'lük bir ortalama konsantrasyon görülmektedir. Kış mevsiminde soğuk havalardan ötürü binada çalışan personellerin tarafından kapalı tutulan kapı sayesinde iç ortamda oluşan kirleticilerin içeride hapsolmasına yol açmaktadır. Yüksek $PM_{2,5}$ kirleticisine sahip bu hava AVM'nin tüm bölgelerine dağılmış bulunmaktadır.

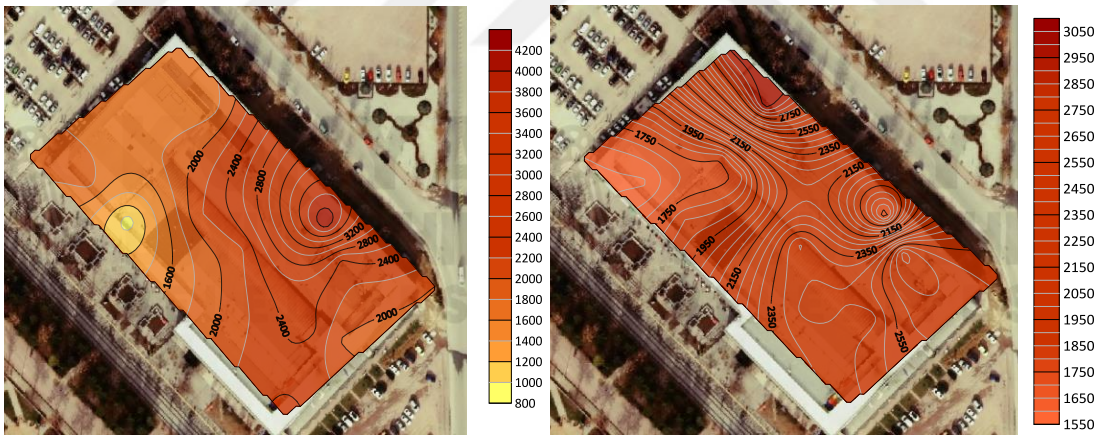
Hafta sonu kuzey giriş kapısı açık tutularak hafta içi görülen haritanın taam aksini göstermektedir. Öğrenci ve öğretim görevlilerin okulda bulunmaması durumunda ana giriş kapısının daha kullanılması, sadece kuzey giriş kapısının AVM personeli tarafından kullanılması orada daha düşük konsantrasyonların bulunmasına neden olmuştur. Hafta sonu ortalama $PM_{2,5}$ konsantrasyonu 2450 µg/m^3 olarak bulunmuştur. $PM_{2,5}$ dağılım haritaları Şekil 4.13'te gösterilmiştir.



(a) (b)

Şekil 4.13. Gökkuşağı AVM'de kış mevsimi saat 9 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu ortalaması

Saat 11:00 yapılan ölçümler sonucunda elde edilen hafta içi ortalama konsantrasyon 4200 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Harita saat 09.00'da yapılan hafta içi açıklamasıyla benzer sonuçlara sahiptir. Hafta sonu ortalama konsantrasyon 3050 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Kirlilik haritasında görüldüğü gibi partikül madde $PM_{2,5}$ konsantrasyonları yüksek değerler ile binanın her bir köşesine dağılmış bulunmaktadır. Kapalı kapılar, içeride çalışan yemek pişirme ocaklarından kaynaklanan $PM_{2,5}$'ların kapalı ortamda kalmasına neden olmuştur. Saat 11.00 için elde edilen hafta içi ve hafta sonu sonuçları Şekil 4.14'te gösterilmiştir.

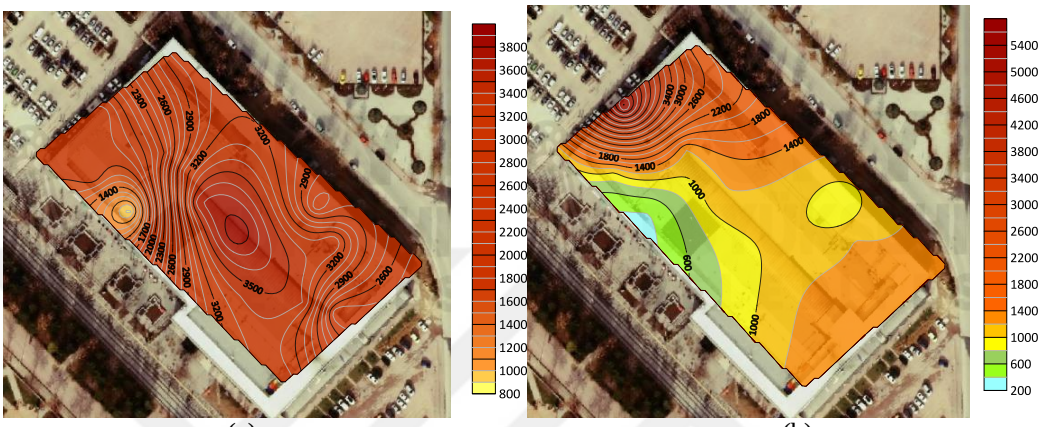


(a) (b)

Şekil 4.14. Gökkuşağı AVM'de kış mevsimi saat 11 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Kış mevsiminde görülen en yüksek kirlilik seviyesi saat 13.00 ölçümlerinde hafta sonu ortalamasında 5400 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Burada ortalama konsantrasyon 200 µg/m^3 olarak batı giriş kapısından başlasa da, kuzey giriş kapısında ciddi bir kirletici kaynağının bulunduğu, bu kirliliğin giderilebilmesi için havalandırma sisteminin bulunmadığı ve kapının kapalı olmasından ötürü oradaki kirlilik dağılım hızı düşerek 5400 µg/m^3 olarak bulunmasına neden olmuştur. Binanın diğer kısımlarında 1000-1440 µg/m^3'lük konsantrasyon dağılımı görülmektedir. Burada hafta sonu değeri

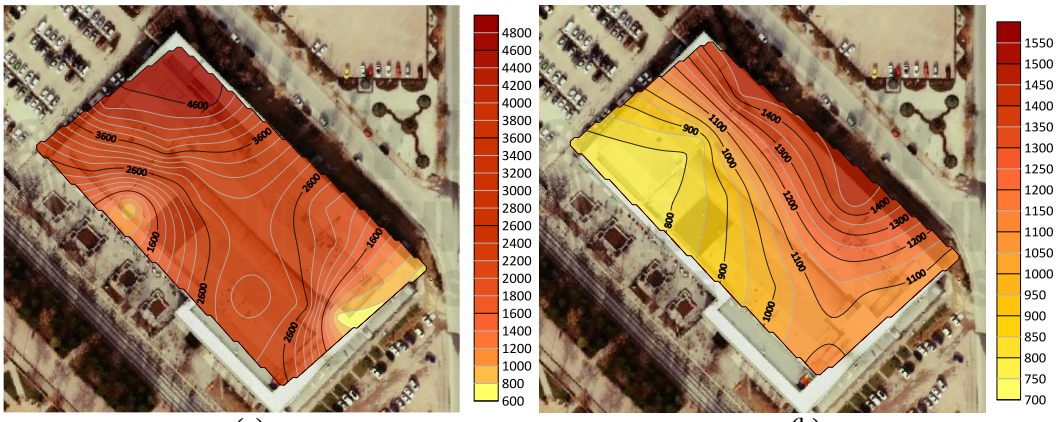
hafta içi değerinden daha yüksek bulunmuştur. Hafta içi elde edilen verilerden ortalama $PM_{2,5}$ değerinin 3800 µg/m^3 olarak bulunduğu görülmektedir. Hafta içi saat 13.00'te en düşük değer 800 µg/m^3 olarak F noktası batı giriş kapısının önünde görülmüştür. Binanın diğer kısımları saat 09.00 ve 11.00'de görüldüğü gibi ciddi tehlike arz edecek seviyelerde bir konsantrasyon dağılımı göstermiştir. $PM_{2,5}$ dağılım haritalar hafta sonu ve hafta içi için Şekil 4.15'te gösterilmektedir.



(a) (b)

Şekil 4.15. Gökkuşağı AVM'de kış mevsimi saat 13 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

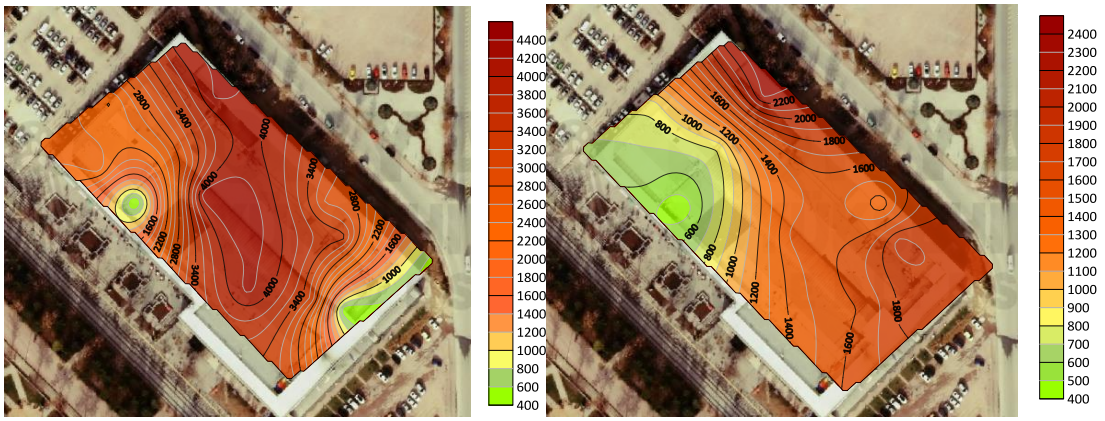
Saat 15.00'te yapılan ölçümlerin sonucunda hafta içi $PM_{2,5}$ ortalama konsantrasyonları 1000 µg/m^3 artarak 4800 µg/m^3 olmuştur. Batı ve güney cephelerde bulunan kapılar sayesinde havalandırma etkisi gösterse de, bina içerisinde hâkimiyet yüksek konsantrasyonlar için olmuştur. Saat 15.00 AVM'ye uğrayan ziyaretçi sayısının yüksek görüldüğü saatlerden biridir. Yoğun kalabalıktan tevellüt eden solunum oranı ve hareket sayesinde oluşan tozlanmanın $PM_{2,5}$ değerlerinin artmasına neden olmuştur. Hafta sonu aynı saat için değerlerde azalma görülerek 1550 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Kuzey ve batı giriş kapılarının açık olduğu etkisi net bir şekilde haritada görülmektedir. Öte yandan B noktasında yine yoğun kirliliğin oluşumundan, binanın diğer kısımlarına yüksek seviyede partikül kirliliği yayılmıştır. Sonuçlar Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



(a) (b)

Şekil 4.16. Gökkuşağı AVM'de kış mevsimi saat 15 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Saat 17.00'de yapılan ölçümlerin hafta içi ortalaması saat 15.00'teki hafta içi sonuçlarıyla benzer bulunmaktadır. $PM_{2,5}$ konsantrasyonu biraz azalarak 4400 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama konsantrasyonu daha da azalarak 2400 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Bu değer hafta içine göre daha az bulunsa da tehlikeli bir seviyeyi belirtmektedir. B noktasında görülen yüksek konsantrasyonlar binanın ortası ve güney kısımlarına dağılmıştır, fakat batı giriş kapısından itibaren bu değer düşerek binanın sol üst köşesinde 400 µg/m^3'e kadar düşmüştür. Kirlilik haritaları Şekil 4.17'de gösterilmektedir.

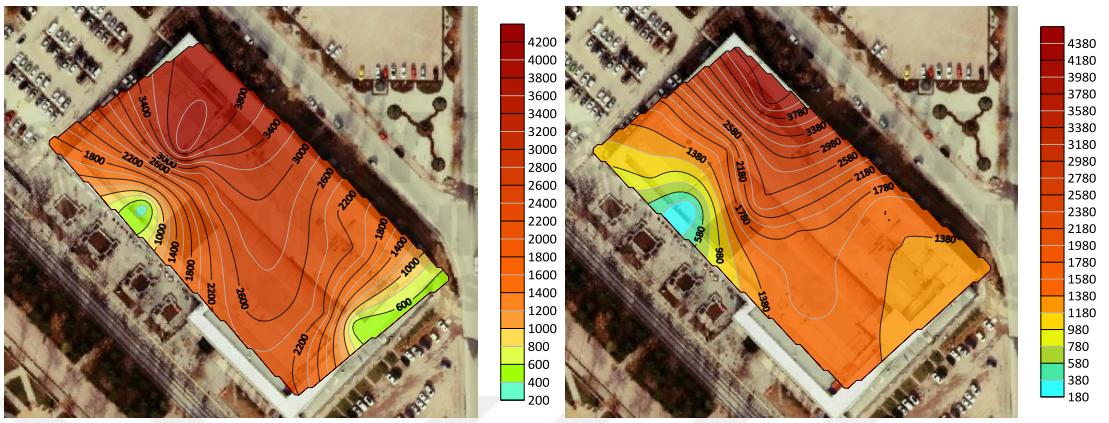


(a) (b)

Şekil 4.17. Gökkuşağı AVM'de kış mevsimi saat 17 (a) Hafta içi, (b) Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Saat 19.00'da yapılan ölçüm sonuçlarında partikül madde $PM_{2,5}$ haritaları saat 17.00 haritalarıyla benzer sonuçlar göstermektedir. Hafta içi ortalaması 4200 µg/m^3

düşse de mevsimi yüksek bir değerle kapatmıştır. Hafta sonunda ise 4380 µg/m^3 ile hafta içine göre yüksek bir değer ile kış mevsiminin son ölçüm saatini tamamlamıştır. Sonuçlar Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



(a) (b)

Şekil 4.18. Gökkuşağı AVM'de kış mevsimi saat 19 (a) Hafta içi, (b)Hafta sonu $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Genel bir yorumlama ile bütün örnekleme dönemlerinde haritalandırma sonucunda otalama hata tüm dağılım noktaları için 4.83e^{-08} olarak bulunmuştur. Kış döneminden elde edilen sonuçlarda da en az bulunan $PM_{2,5}$ değeri 1550 µg/m$^{3'}$tür. Bu değer DSÖ, AÇA ve EPA'nın $PM_{2,5}$ için belirlediği saatlik 25 µg/m^3 sınırını aşmaktadır.

Türkiye'de en son 2008'de güncellenen hava kalitesi değerlendirme yönetimi ve yönetmeliğinde $PM_{2,5}$ ile ilgili standart değer 200 µg/m^{3}'tür. Elde edilen sonuçlar HKDYY sınır değerini aşmaktadır.

4.2 Novaland Avm $PM_{2,5}$ Bulguları

Tez kapsamında Kosova mahallesinde yer alan Novaland alışveriş merkezinde üç ölçüm dönemi belirlenmiştir. İlk ölçüm dönemi yaz mevsiminde, ikinci ölçüm dönemi sonbahar mevsiminde ve son olarak üçüncü ölçüm dönemi kış mevsiminde yapılmıştır. Ölçümler her mevsim için Gökkuşağı AVM'de tamamlandıktan bir gün sonra başlamış ve 1 hafta sürdükten sonra sona ermiştir. Günün ilk ölçümü saat 11.00'de başlayıp, her ölçüm arasında iki saat ara verilerek toplamda 6 ölçüm gerçekleştirilmiş olup son ölçüm saat 21.00'de yapılmıştır. Yapılan ölçüm noktalarına göre her kat için ayrı harita çizilmiştir. Çalışma sonucunda tüm verilerin incelenmesinden elde edilen $PM_{2,5}$'un hafta içi ve hafta sonu ortalama değerleri

sırasıyla, yaz için 336,97 μg/m^3 ve 322,55 μg/m^3, sonbahar için 345,98 μg/m^3 ve 652,57 μg/m^3 son olarak ta kış mevsimi için 595,88 μg/m^3 ve 906,4 μg/m^3 olarak bulunmuştur.

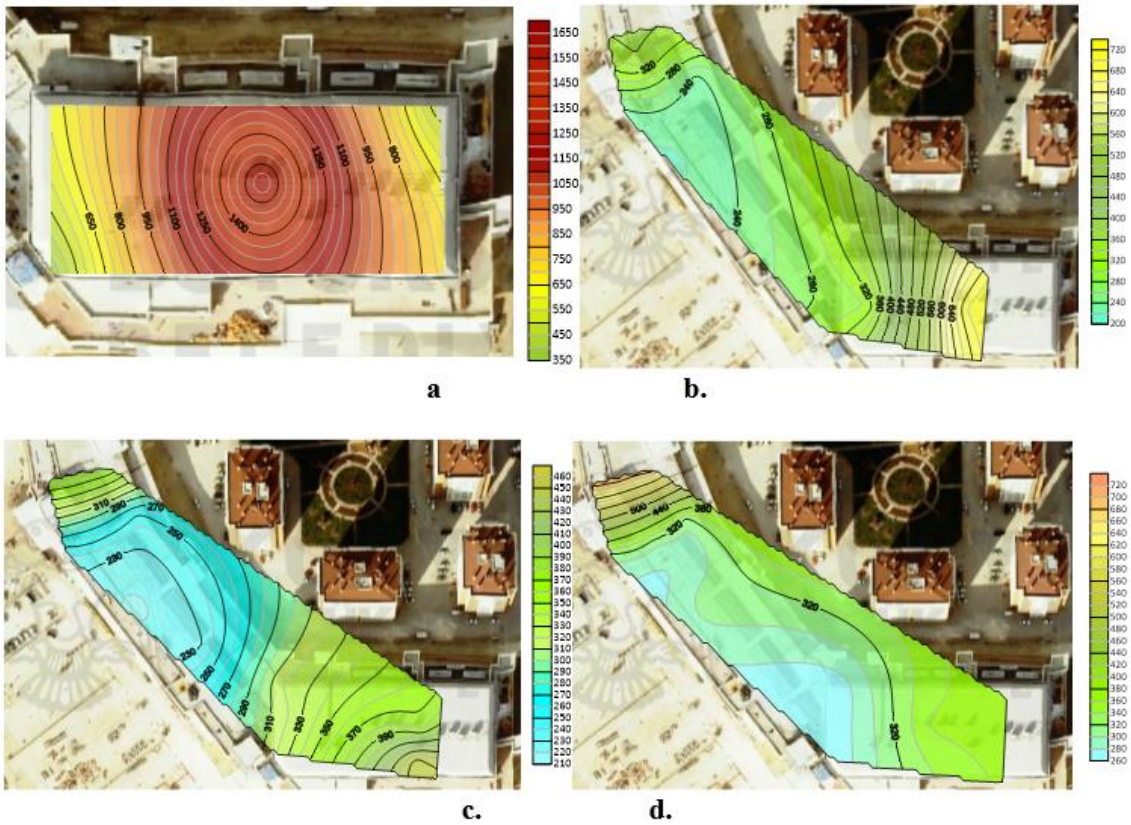
Çizelge 4.2. Novaland alışveriş merkezinde Mevsimsel partikül madde $PM_{2,5}$ hafta içi ve hafta sonu ortalamaları

Ölçümlerin yapıldığı Mevsim	$PM_{2,5}$ hafta içi ortalama değeri μg/m^3	$PM_{2,5}$ hafta sonu ortalama değeri μg/m^3
Yaz	336.97	322.55
Sonbahar	345.98	652.57
Kış	595.88	906.4

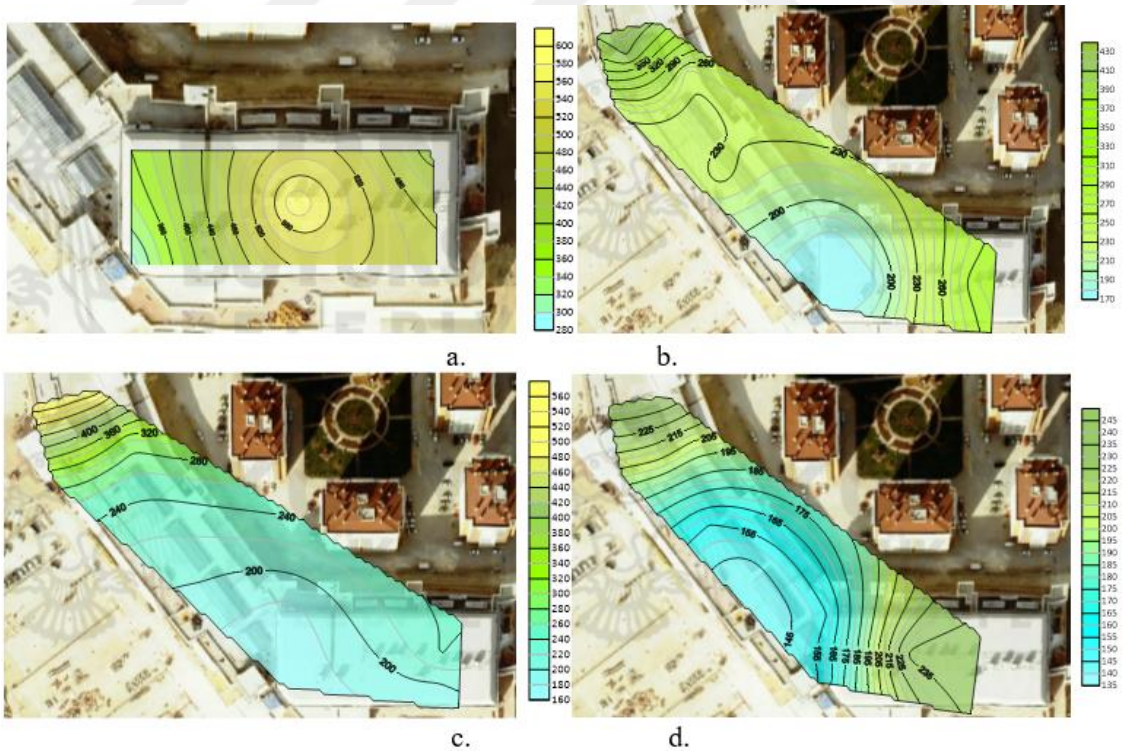
4.2.1 Yaz mevsimi $PM_{2,5}$ bulguları

Yaz mevsiminde yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlar, hafta içi saat 11.00'de katlara göre sırasıyla şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 1650 μg/m^3, (sıfır) giriş katı 720 μg/m^3, birinci kat 460 μg/m^3 ve ikinci kat 720 μg/m^3. Günün ilk ölçüm saatinde eksi birinci katta en yüksek $PM_{2,5}$ konsantrasyonuna rastlanmıştır. Orada bulunan berber, Attar, PTT, bankamatik cihazları ve terzi makinalarının bulunduğu bu katın tek kapısı bulunmaktadır. Bu kapı AVM'nin kapalı otoparkına açılmaktadır, bu yüzden iç ortamda oluşan kirlilik seviyesinin dış ortama dağılması beklenirken kapılar açıldığında otoparkta bulunan araç emisyonlarının bu katın atmosferine yayıldığı gözlenmiştir. Ayrıca bu katın tavan yüksekliğinin yaklaşık 3,5 m'yi geçmemesi partiküllerin dar bir alanda hapsolmasına ve solunum düzeyine daha yakın olmasına sebep olmuştur. Giriş katına bakıldığında binan sağ alt köşesinde 2.ölçüm noktasında (2. Ve 1. Ölçüm noktaları farklı katlarda olup üst üste denk gelmektedir) kirlilik seviyesinin binadaki diğer kısımlara göre daha yoğun olduğu görülmektedir. Buda eksi 1. Katta oluşan kirliliğin 2. Noktaya yayıldığı anlamına gelmektedir. Diğer katlara bakıldığında havalandırmanın çalışıyor olması, daha az kişi ziyareti ve temizlik faaliyetlerinin yeni yapılmış olması nedeniyle genellikle daha düşük konsantrasyonlara rastlanmaktadır. Haritalar Şekil 4.19'da gösterilmiştir.

Hafta sonu değerleri hafta içine göre nispeten daha düşük bulunmuştur. Yapılan ölçümler sonucunda her katta bulunan $PM_{2,5}$ konsantrasyon sırasıyla şöyledir: eksi birinci kat 600 μg/m^3, (sıfır) giriş katı 430 μg/m^3, birinci kat 560 μg/m^3 ve ikinci kat 245 μg/m^3. Hafta sonu konsantrasyonlarını belirten haritalar Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



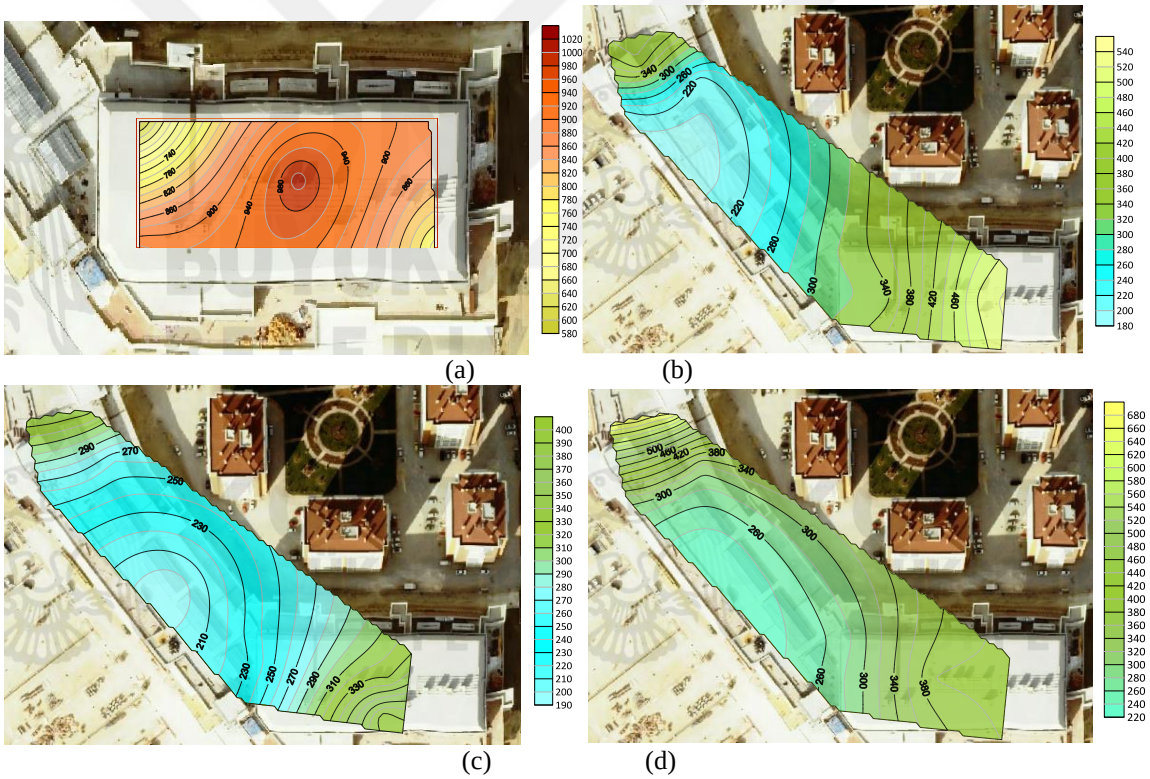
Şekil 4.19. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta içi saat 11.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerleri



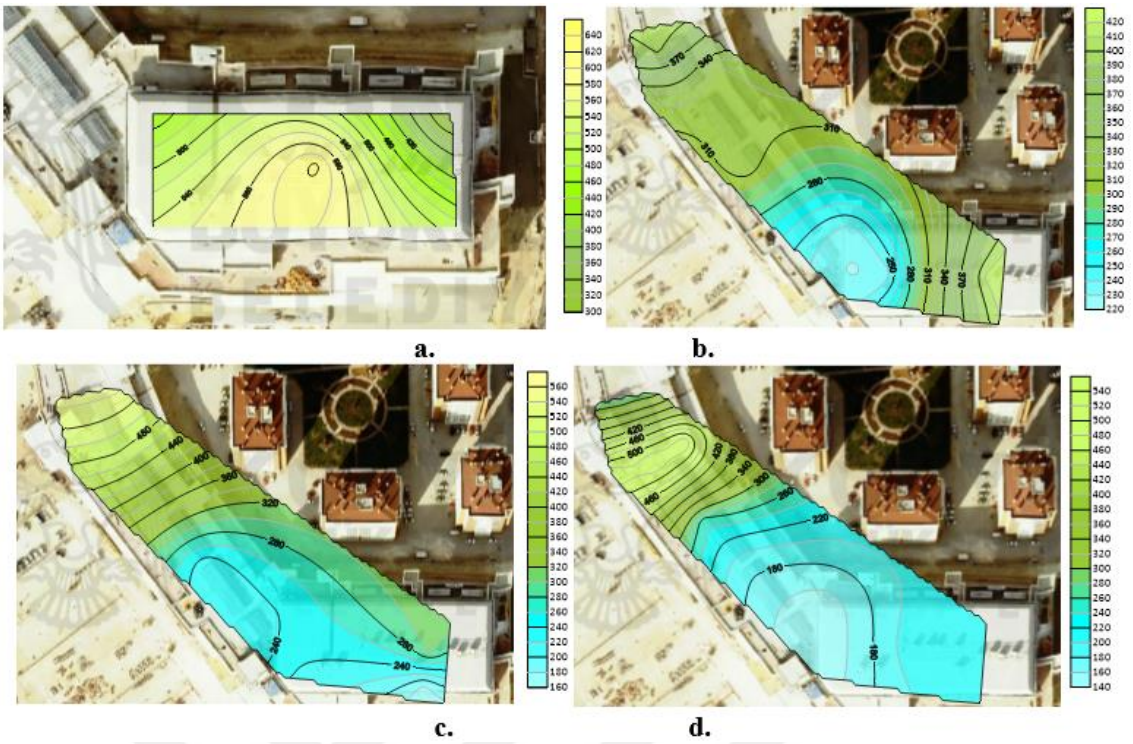
Şekil 4.20. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta sonu saat 11.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Günün ikinci ölçümünün yapıldığı saat 13.00'te AVM'de görülen $PM_{2,5}$ konsantrasyonları sırasıyla: eksi birinci kat 1020 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 540 µg/m^3, birinci kat 400 µg/m^3 ve ikinci kat 680 µg/m^3. Yine birinci ölçüm noktasında değerler yüksek bulunurken, diğer katlarda havalandırma sayesinde daha düşük konsantrasyonlara rastlanmıştır. Haritalar Şekil 4.21'de gösterilmiştir.

Hafta sonu saat 13.00 $PM_{2,5}$ konsantrasyonları keskin bir fark göstermeyerek azalma göstermiştir. Konsantrasyonlar her kat için şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 640 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 420 µg/m^3, birinci kat 560 µg/m^3 ve ikinci kat 540 µg/m^3. Partikül madde ölçüm cihazında bulunan renk skalasına göre yeşil alanlar solunabilir seviyedeki kirliliğe işaret etmektedir, turuncu ve kırmızıya doğru konsantrasyonlar yükseldikçe o ortamdaki kirliliğin tehlike arz ettiği anlamına gelmektedir. Haritalar Şekil 4.22'de gösterilmektedir.



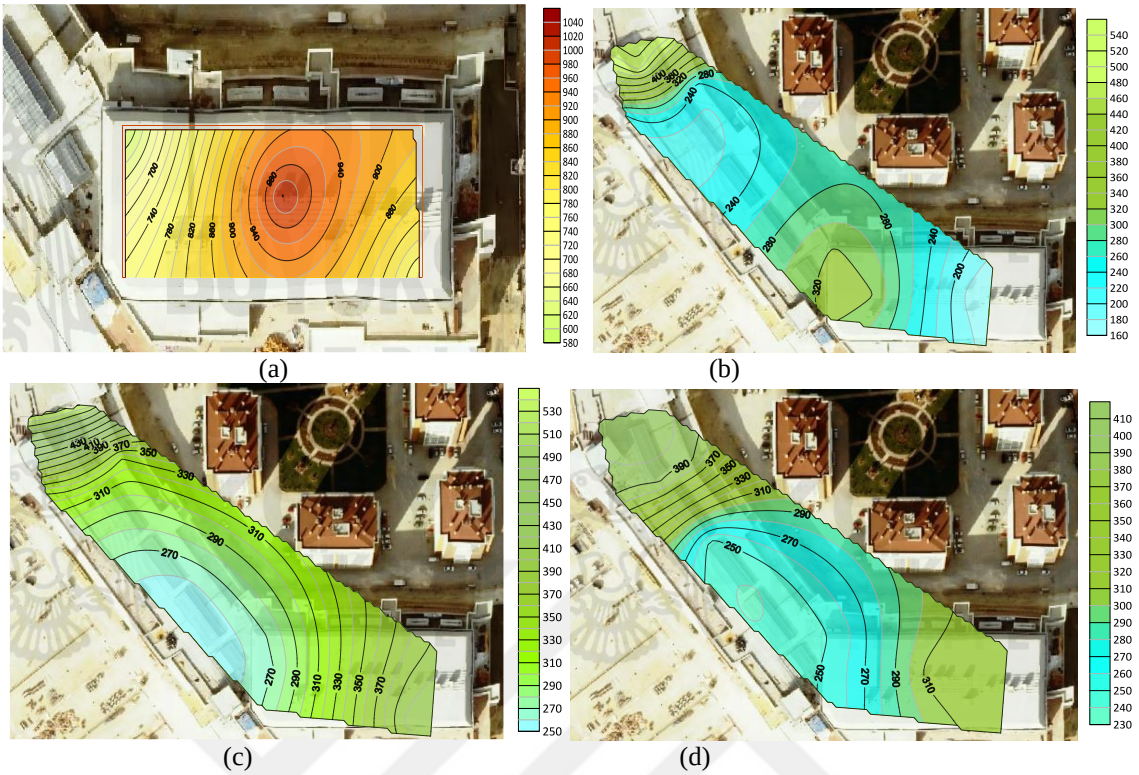
Şekil 4.21. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta içi saat 13.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerleri



Şekil 4.22. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta sonu saat 13.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerleri

Saat 15.00'te yapılan ölçümlerin hafta içi değerleri her kat için sırasıyla: eksi birinci kat 1040 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 540 µg/m^3, birinci kat 530 µg/m^3 ve ikinci kat 410 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Saat 13.00'te bulunan sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Haritalar Şekil 4.23'te gösterilmiştir.

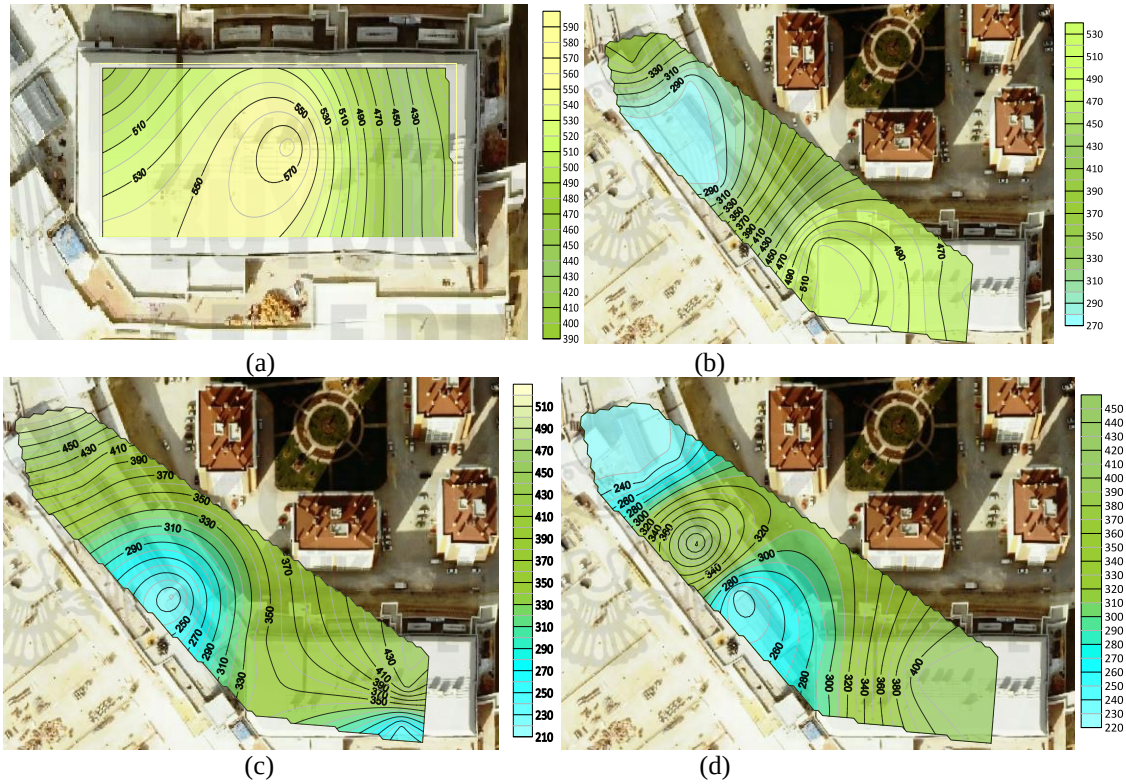
Hafta sonunda yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlarda hafta içinden elde edilen sonuçlardan daha düşük değerler bulunmuştur. Konsantrasyonlar her kat için sırasıyla şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 1040 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 540 µg/m^3, birinci kat 530 µg/m^3 ve ikinci kat 410 µg/m^3 olarak bulunmuştur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.24'te gösterilmiştir.



(a) (b)

(c) (d)

Şekil 4.23. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta içi saat 15.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler



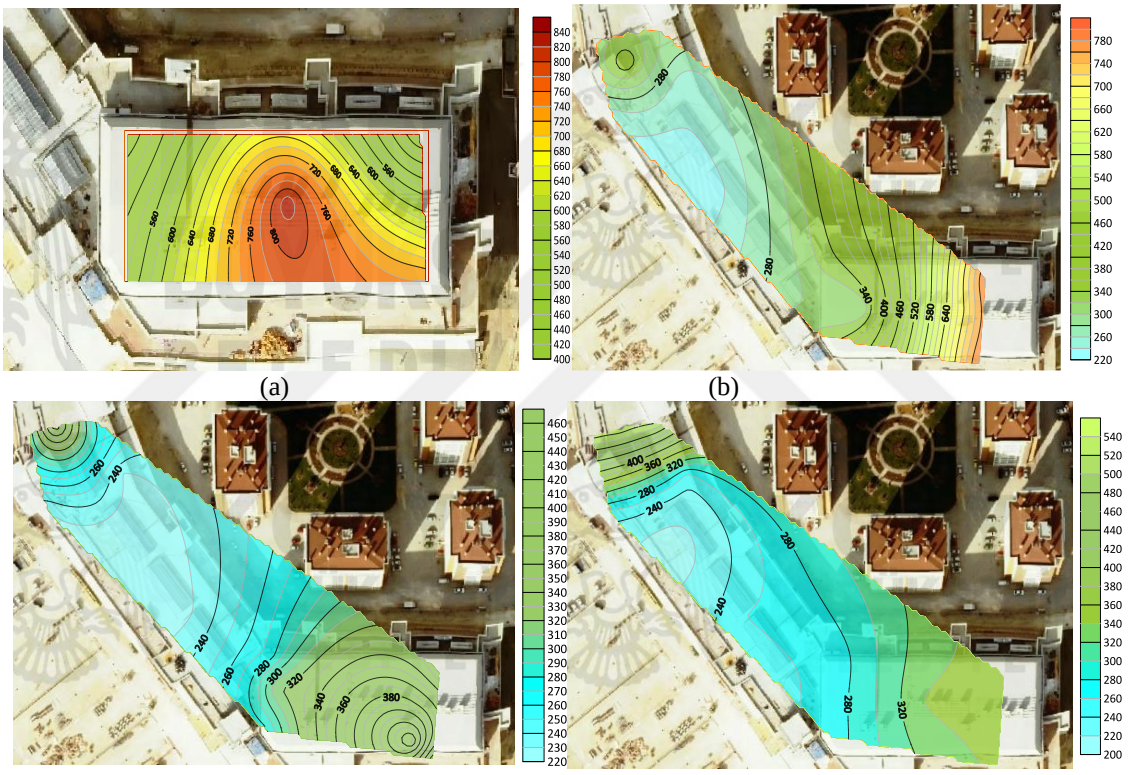
(a) (b)

(c) (d)

Şekil 4.24. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta sonu saat 15.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Saat 17.00'de yapılan ölçümlerin hafta içi sonuçları her kat için sırasıyla şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 840 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 780 µg/m^3, birinci kat 460 µg/m^3 ve ikinci kat 540 µg/m^3 olarak bulunmuştur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.25'te gösterilmiştir.

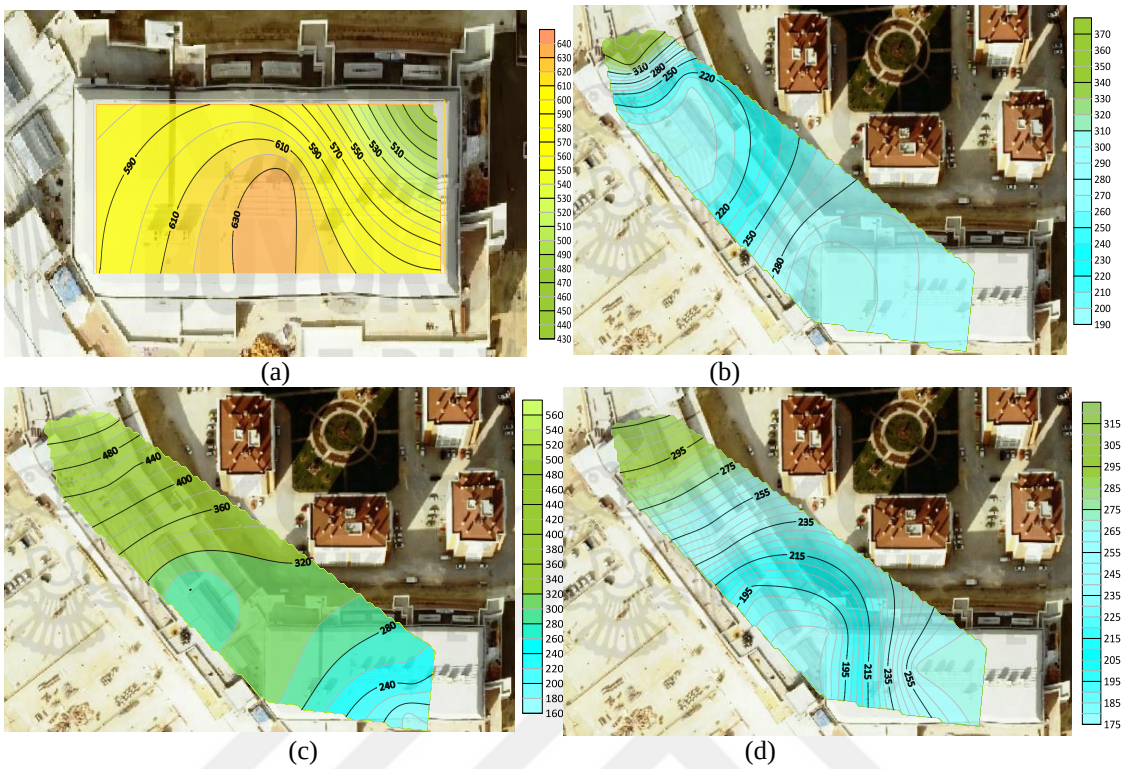
Saat 17.00'de yapılan ölçümlerin hafta sonu sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 640 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 370 µg/m^3, birinci kat 560 µg/m^3 ve ikinci kat 315 µg/m^3 olarak bulunmuştur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.26'te gösterilmiştir.



(a) (b)

(c) (d)

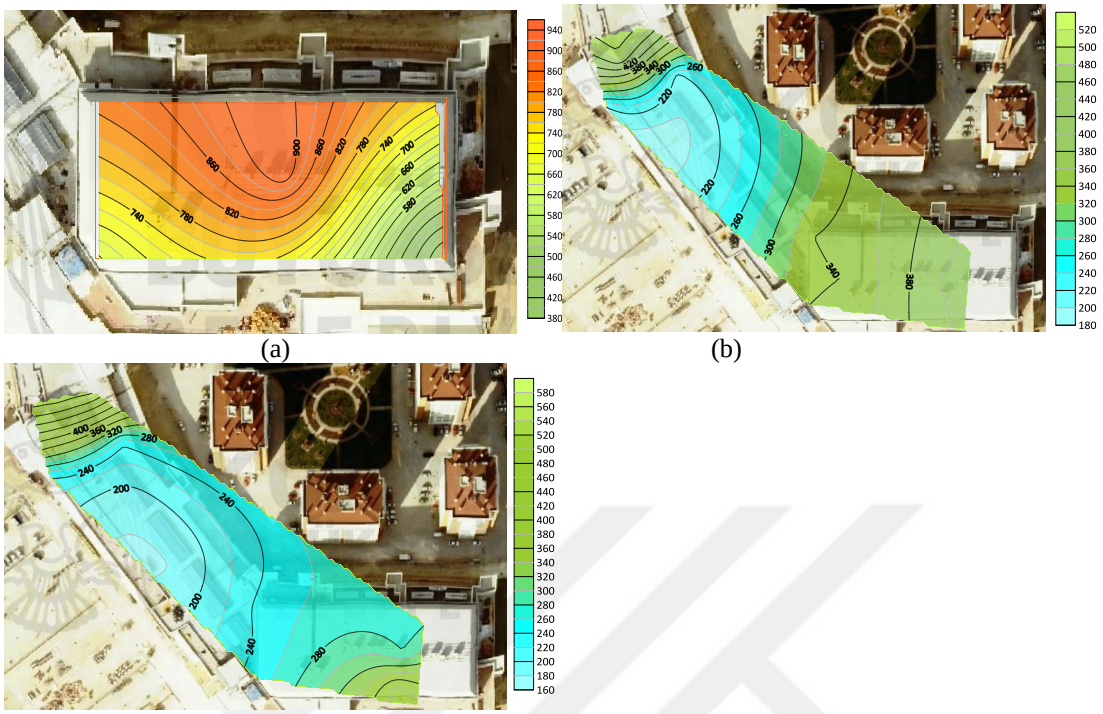
Şekil 4.25. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta içi saat 17.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler



Şekil 4.26. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta sonu saat 17.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Saat 19.00'de yapılan ölçümlerin hafta içi sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 940 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 520 µg/m^3, birinci kat 580 µg/m^3 ve ikinci kat 420 µg/m^3 olarak bulunmuştur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.27'de gösterilmiştir.

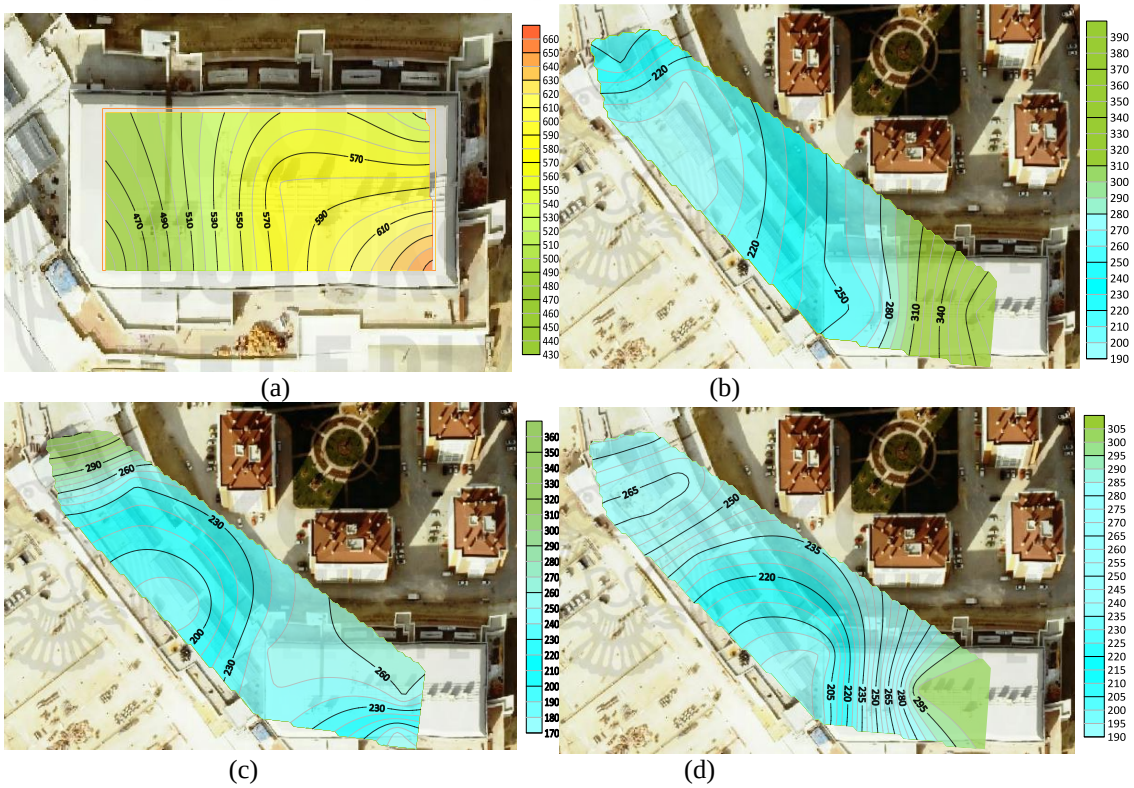
Saat 19.00'de yapılan ölçümlerin hafta sonu sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 660 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 390 µg/m^3, birinci kat 360 µg/m^3 ve ikinci kat 305 µg/m^3 olarak bulunmuştur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.28'de gösterilmiştir.



(a) (b)

(c) (d)

Şekil 4.27. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta içi saat 19.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

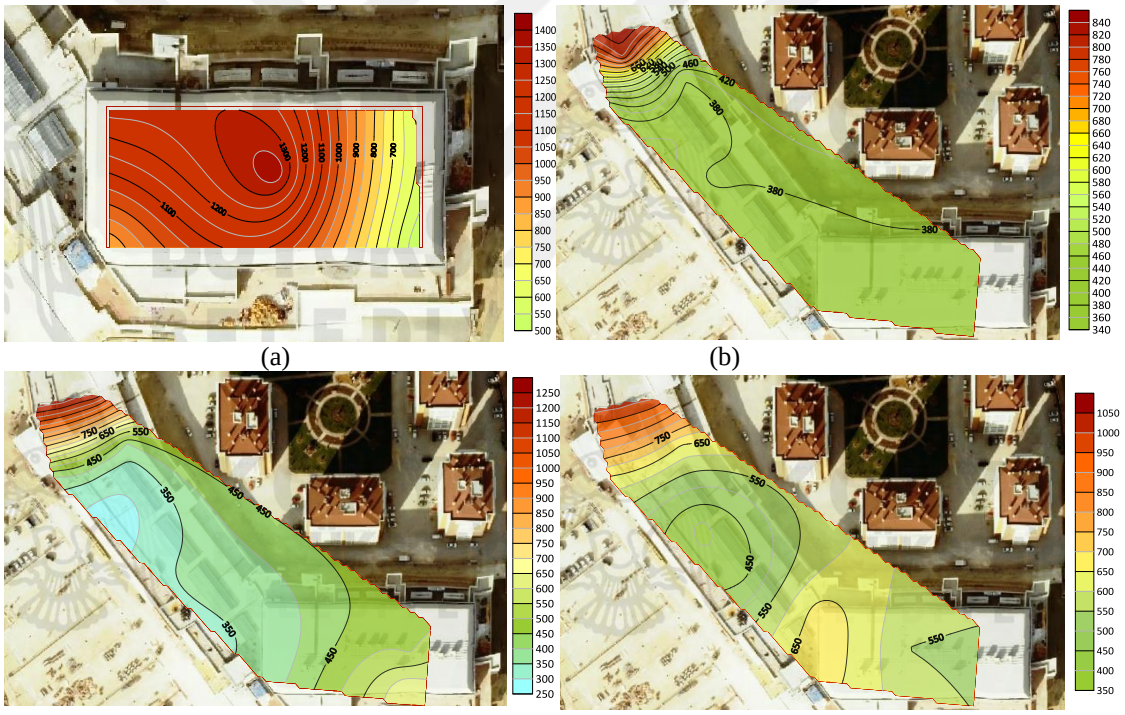


(a) (b)

(c) (d)

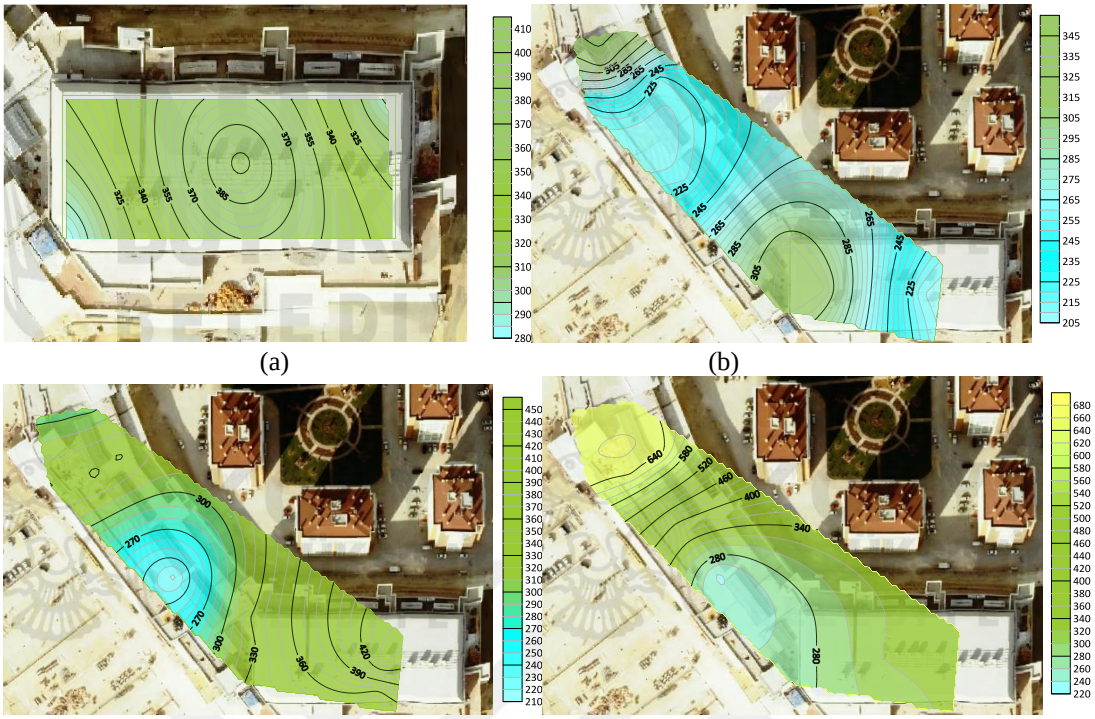
Şekil 4.28. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta sonu saat 19.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Saat 21.00'de yapılan ölçümlerin hafta içi sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 1400 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 840 µg/m^3, birinci kat 1250 µg/m^3 ve ikinci kat 1050 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Eksi birinci katta konsantrasyonların tekrar arttığı gözlenmiştir. AVM'nin kapanış saatine yakın olduğundan otoparkta oluşan hareketlilik nedeniyle araç emisyonları artarak $PM_{2,5}$ değerlerinin artmasına sebep olmuştur. Yükselen değerler giriş katı, birinci ve ikinci katta da binanın üst köşesinde görülmüştür. İkinci katta restoranların yemek pişirme faaliyeti sebebiyle oluşan iç ortam partikül kirliliğinin birinci ve giriş (sıfır) katına dağıldığı düşünülmektedir. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.29'de gösterilmiştir.



Şekil 4.29. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta içi saat 21.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Saat 21.00'de yapılan ölçümlerin hafta sonu sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 410 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 345 µg/m^3, birinci kat 450 µg/m^3 ve ikinci kat 680 µg/m^3 olarak bulunmuştur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.30'de gösterilmiştir.



Şekil 4.30. Novaland AVM'de yaz mevsimi hafta sonu saat 21.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

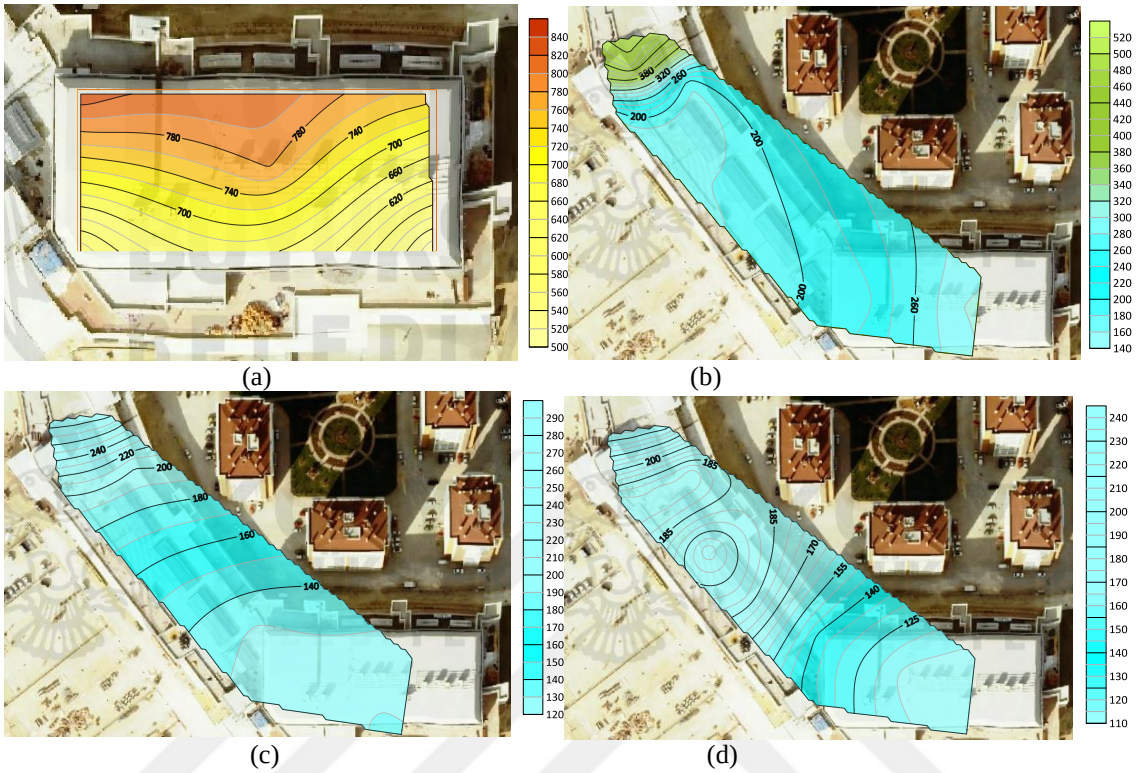
Genel bir yorumlama ile yaz mevsiminde Novaland AVM'de yapılan ölçümlerin haritalarında göründüğü üzere hafta içi $PM_{2,5}$ konsantrasyon ortalamalarının hafta sonuna göre daha yüksek bulunmuştur. Yaz döneminde yapılan ölçümler sonucunda en az bulunan $PM_{2,5}$ değeri 245 µg/m^{3}'tür. Bu değer DSÖ, AÇA ve EPA'nın $PM_{2,5}$ için belirlediği saatlik 25 µg/m^3 sınırını aşmaktadır.

Türkiye'de en son 2008'de güncellenen hava kalitesi değerlendirme yönetimi ve yönetmeliğinde $PM_{2,5}$ ile ilgili standart değer 200 µg/m^{3}'tür. Elde edilen sonuçlar HKDYY sınır değerini aşmaktadır.

4.2.2 Sonbahar mevsimi $PM_{2,5}$ bulguları

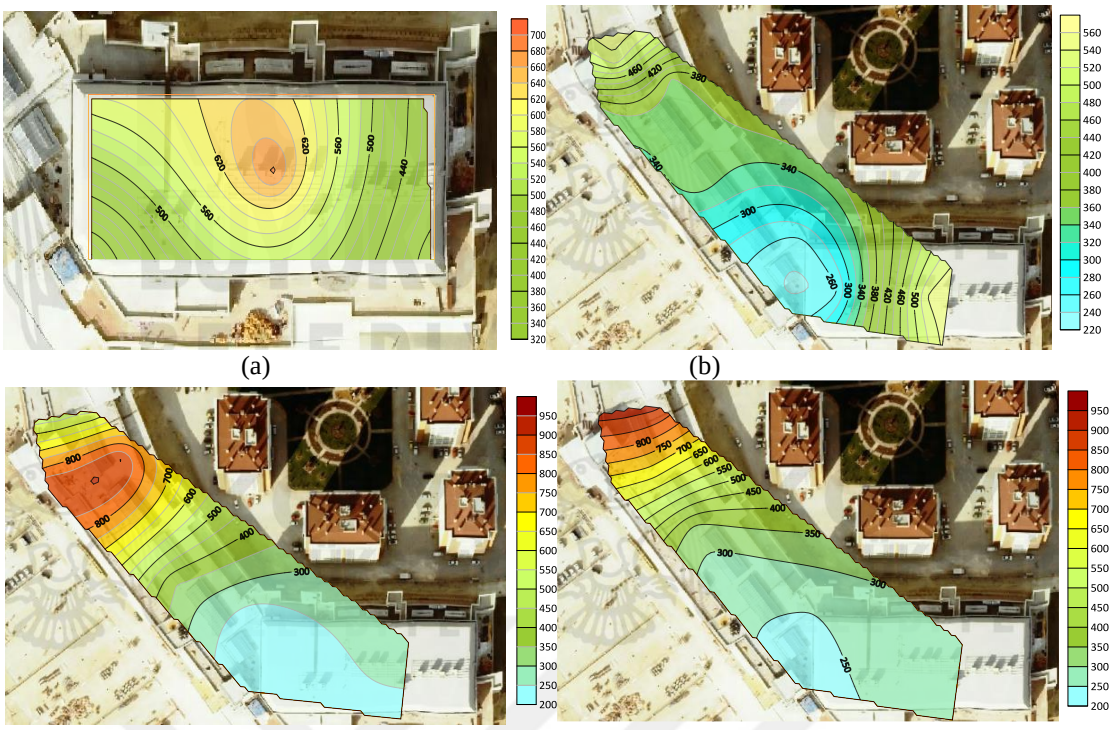
Sonbahar mevsiminde yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlar, hafta içi saat 11.00'de katlara göre sırasıyla şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 840 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 520 µg/m^3, birinci kat 290 µg/m^3 ve ikinci kat 240 µg/m^3. Tüm katlara bakıldığında, eksi birinci katt en yüksek $PM_{2,5}$ konsantrasyonu ve ikinci katta ise en düşük $PM_{2,5}$ konsantrasyonu görülmüştür. Günün ilk ölçüm saatinde henüz AVM'de ziyaretçi sayısı artmadan yapılan bu ölçümde, havalandırmanın çalışmasıyla da ilişkin

düşük seviyelerde $PM_{2,5}$ kirliliğine rastlanmıştır. Haritalar Şekil 4.31'de hafta içi ortalama değerleri ve lokasyonlarını göstermiştir.



Şekil 4.31. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta içi saat 11.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

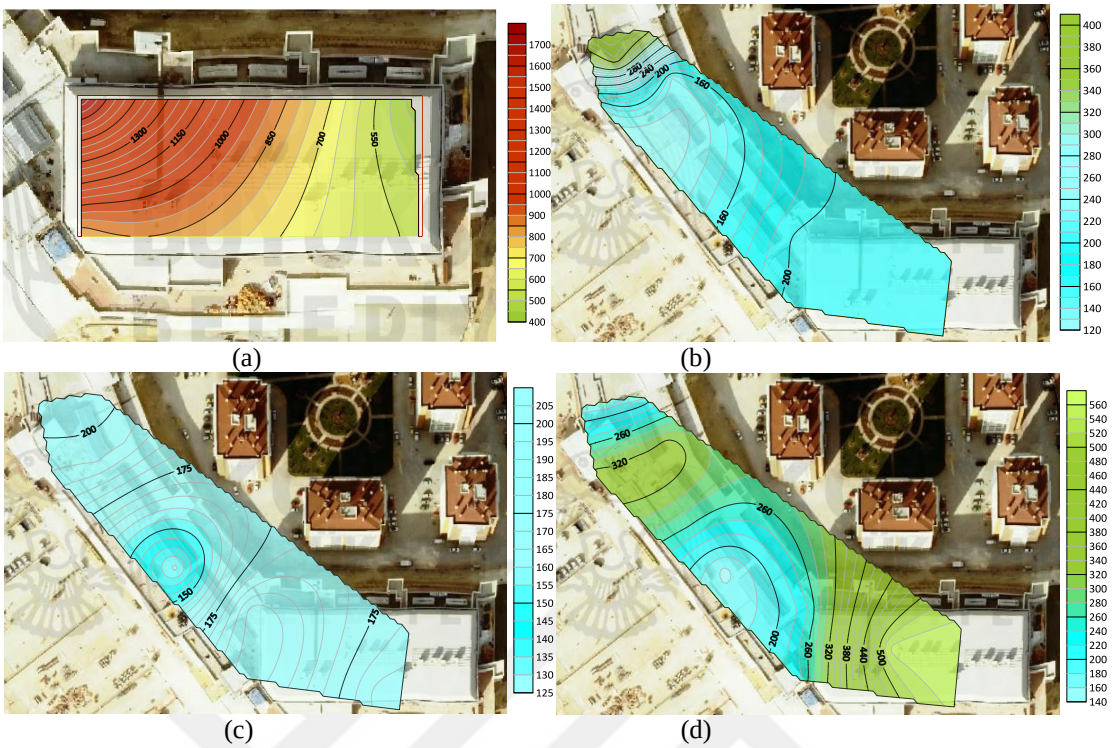
Sonbahar mevsiminde yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlar, hafta sonu saat 11.00'de katlara göre sırasıyla şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 700 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 560 µg/m^3, birinci kat 950 µg/m^3 ve ikinci kat 950 µg/m^3. Binanın üst kısmında birinci ve ikinci katta görülen kirlilik seviyesi orada bulunan oyun alanlarından kaynaklanmıştır. Haritalar Şekil 4.32'de gösterilmiştir.



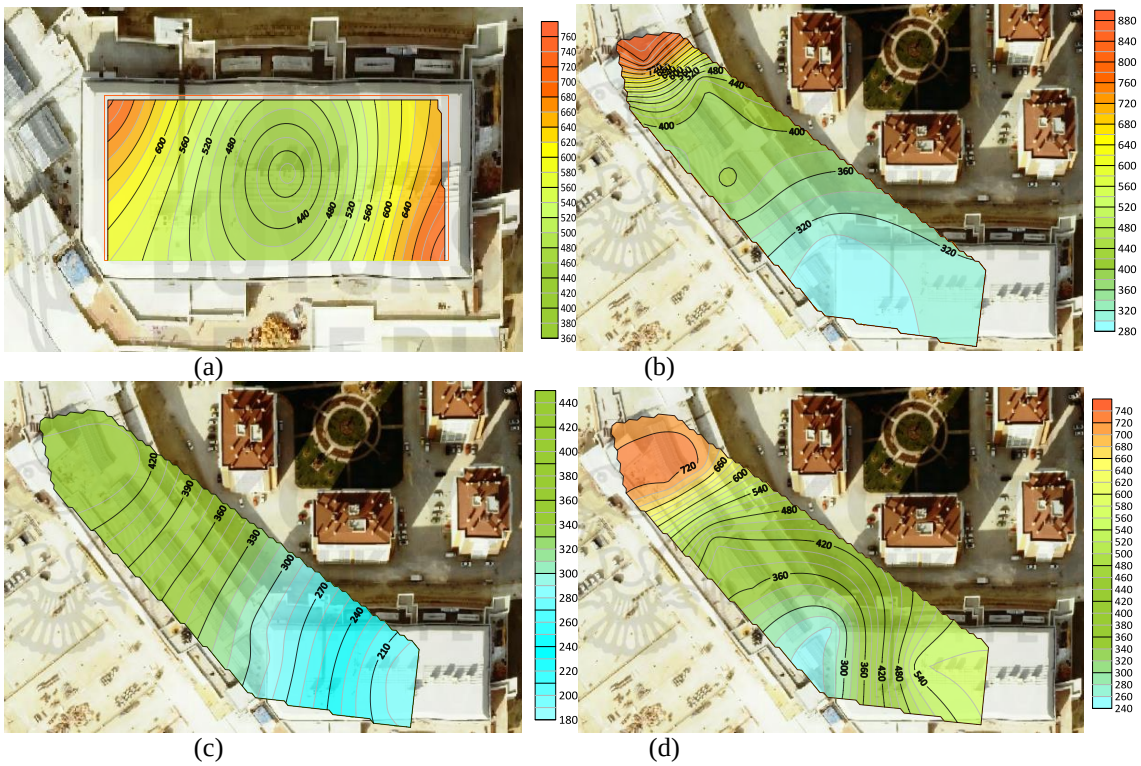
Şekil 4.32. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta sonu saat 11.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Saat 13.00'te yapılan ölçümlerin hafta içi sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 1700 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 400 µg/m^3, birinci kat 205µg/m^3 ve ikinci kat 560 µg/m^3 olarak bulunmuştur. En yüksek değer eksi birinci katta görülmüştür. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.33'te gösterilmiştir.

Saat 13.00'te yapılan ölçümlerin hafta sonu sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 760 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 880 µg/m^3, birinci kat 440µg/m^3 ve ikinci kat 740 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Giriş katında görülen kirliliğin noktası tam olarak AVM'nin A giriş kapısının olduğu yere tekabül etmektedir, bu yüzden orada görülen yüksek kirlilik seviyesinin dış ortamdan iç ortama yayılan bir kirleticinin olduğu anlamına gelmektedir. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.34'te gösterilmiştir.



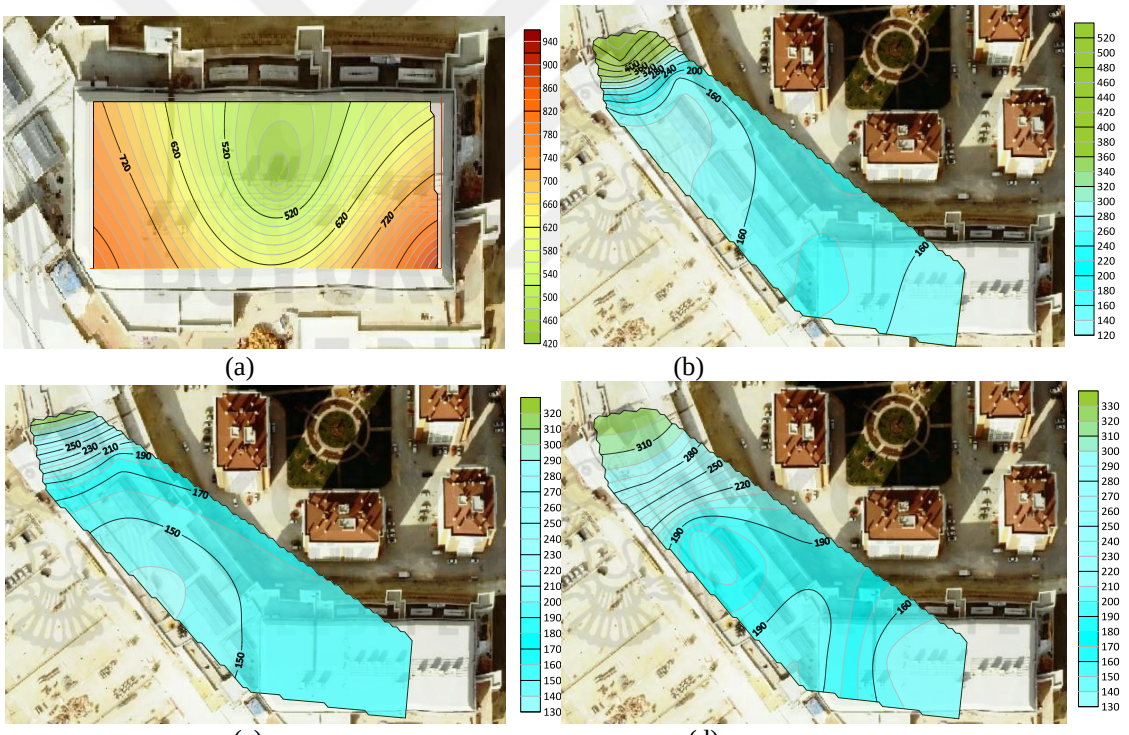
Şekil 4.33. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta içi saat 13.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler



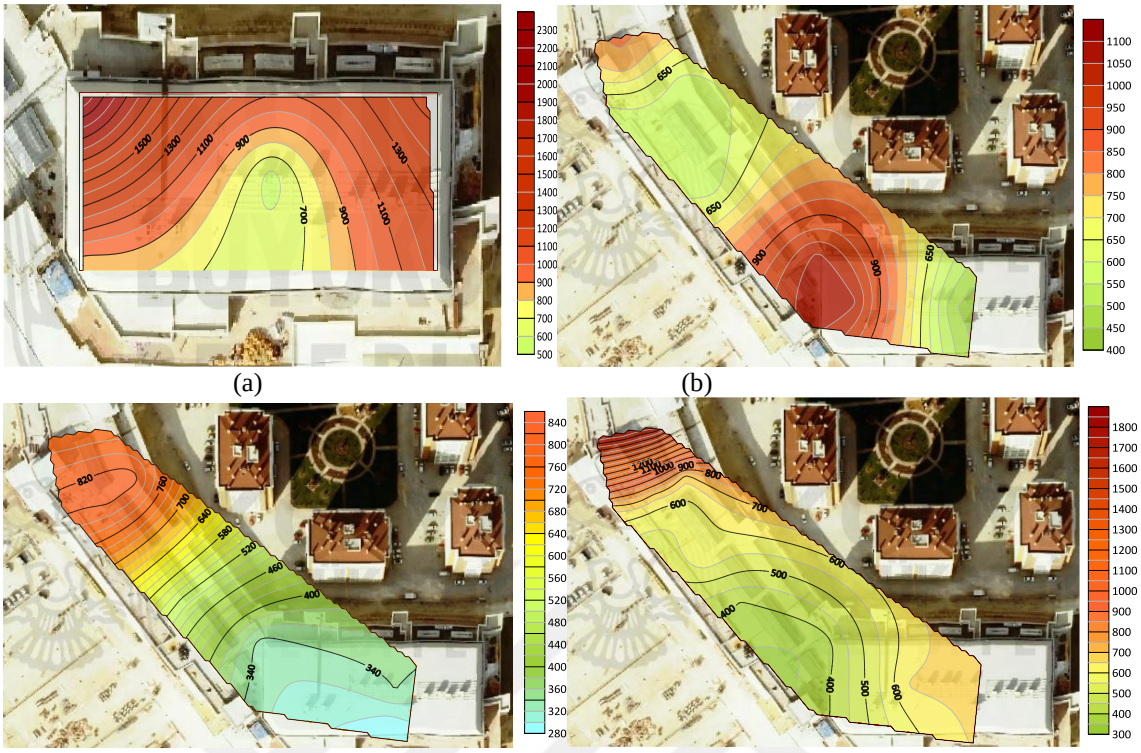
Şekil 4.34. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta sonu saat 13.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Saat 15.00'te yapılan ölçümlerin hafta içi sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 940 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 520 µg/m^3, birinci kat 320µg/m^3 ve ikinci kat 330 µg/m^3 olarak bulunmuştur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.35'te gösterilmiştir.

Saat 15.00'te yapılan ölçümlerin hafta sonu sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 2300 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 1100 µg/m^3, birinci kat 840 µg/m^3 ve ikinci kat 1800 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Sonbahar mevsiminin en yüksek konsantrasyonları burada görülmüştür. Hafta sonu olması nedeniyle öğle saatlerinden sonra AVM'nin ziyaretçi sayısı artmaktadır. Bu nedenle kalabalıktan kaynaklanan $PM_{2,5}$ konsantrasyonu tüm katlarda yüksek bulunmuştur. Özellikle oyun ve sergi alanlarında oluşan yoğun kirlilik haritalarda net bir Şekilde gözlenmiştir. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.36'da gösterilmiştir.



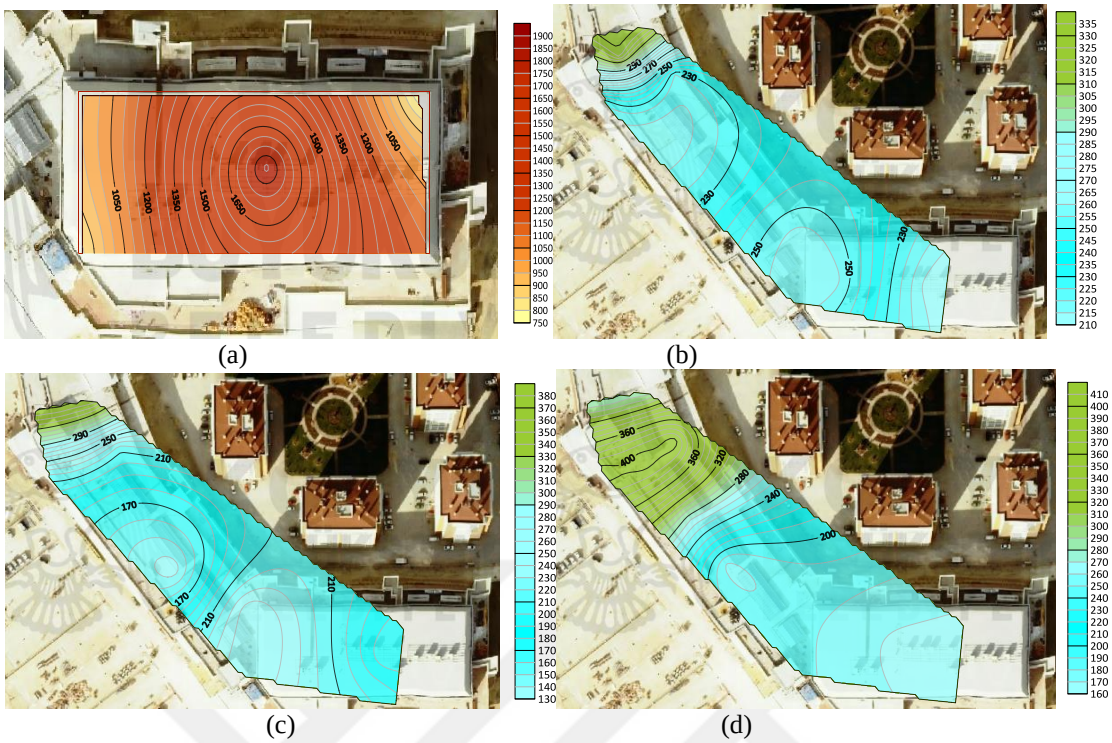
Şekil 4.35. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta içi saat 15.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler



Şekil 4.36. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta sonu saat 15.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Saat 17.00'de yapılan ölçümlerin hafta içi sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 1900 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 335 µg/m^3, birinci kat 380 µg/m^3 ve ikinci kat 410 µg/m^3 olarak bulunmuştur. En yoğun $PM_{2,5}$ konsantrasyonu eksi birinci katta gözlenmiştir. Akşam saatlerine denk geldiği, ve sözü geçen katta havalandırmanın bulunmadığı için AVM'de kalabalık artınca partikül madde seviyesinin doğru orantıda artması muhtemel bir sonuçtur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.37'de gösterilmiştir.

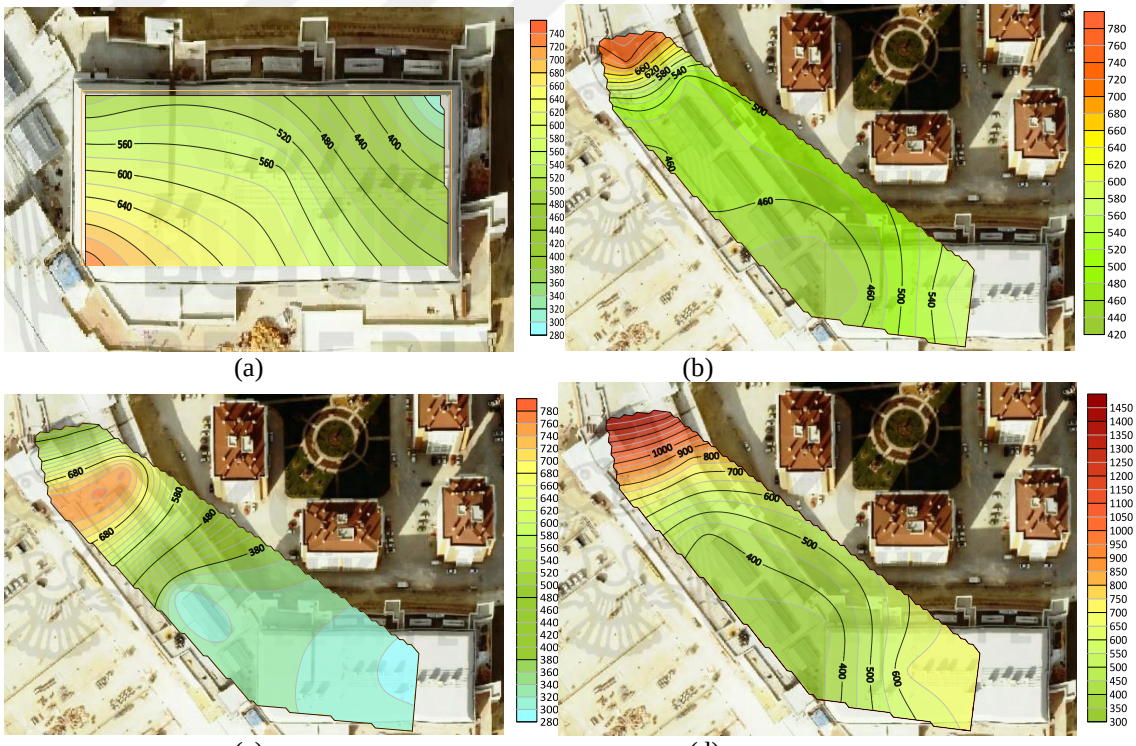
Saat 17.00'de yapılan ölçümlerin hafta sonu sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 740 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 780 µg/m^3, birinci kat 780 µg/m^3 ve ikinci kat 1450 µg/m^3 olarak bulunmuştur. En yüksek konsantrasyon ikinci katta gözlenmiştir. Akşam saatlerine yaklaştıkça artan ziyaretçi sayısı yemek katında büyük bir yoğunluğa neden olmuştur bu sebepten çalışan ocakların ve oyuncakların sayısı arttıkça $PM_{2,5}$ seviyesinde de artış söz konusu olmuştur. Diğer katlardaki konsantrasyonlar birbirine çok yakın bulunmuştur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.38'de gösterilmiştir.



(a) (b)

(c) (d)

Şekil 4.37. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta içi saat 17.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

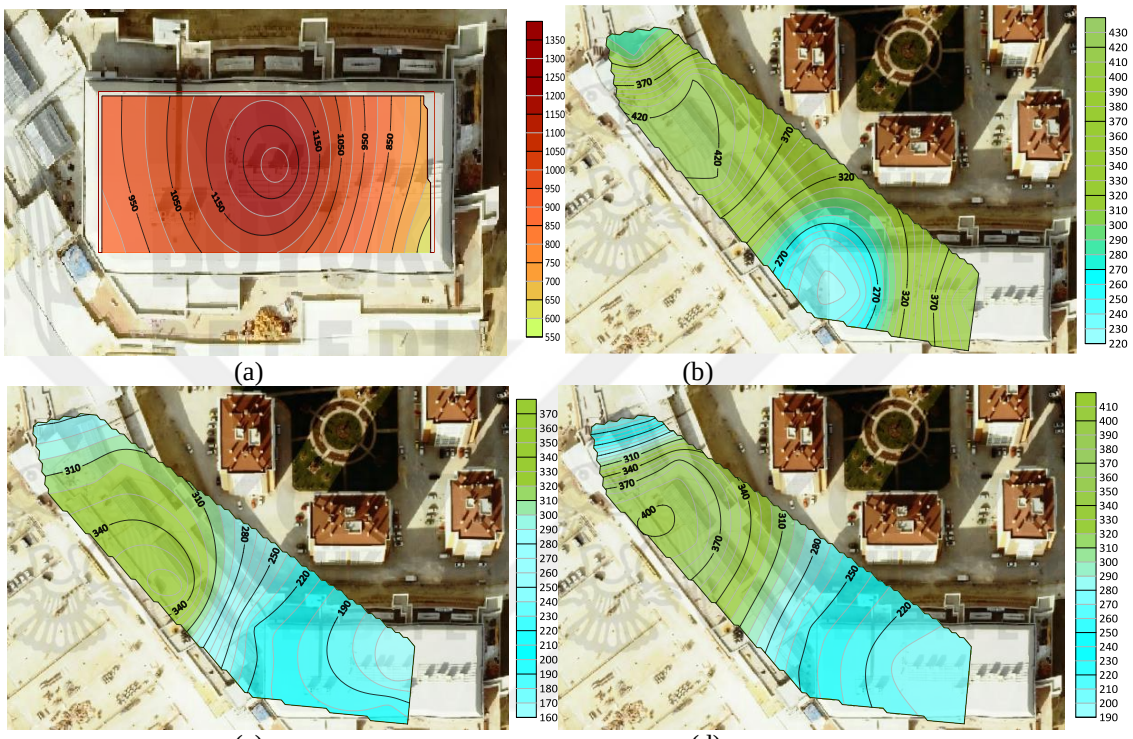


(a) (b)

(c) (d)

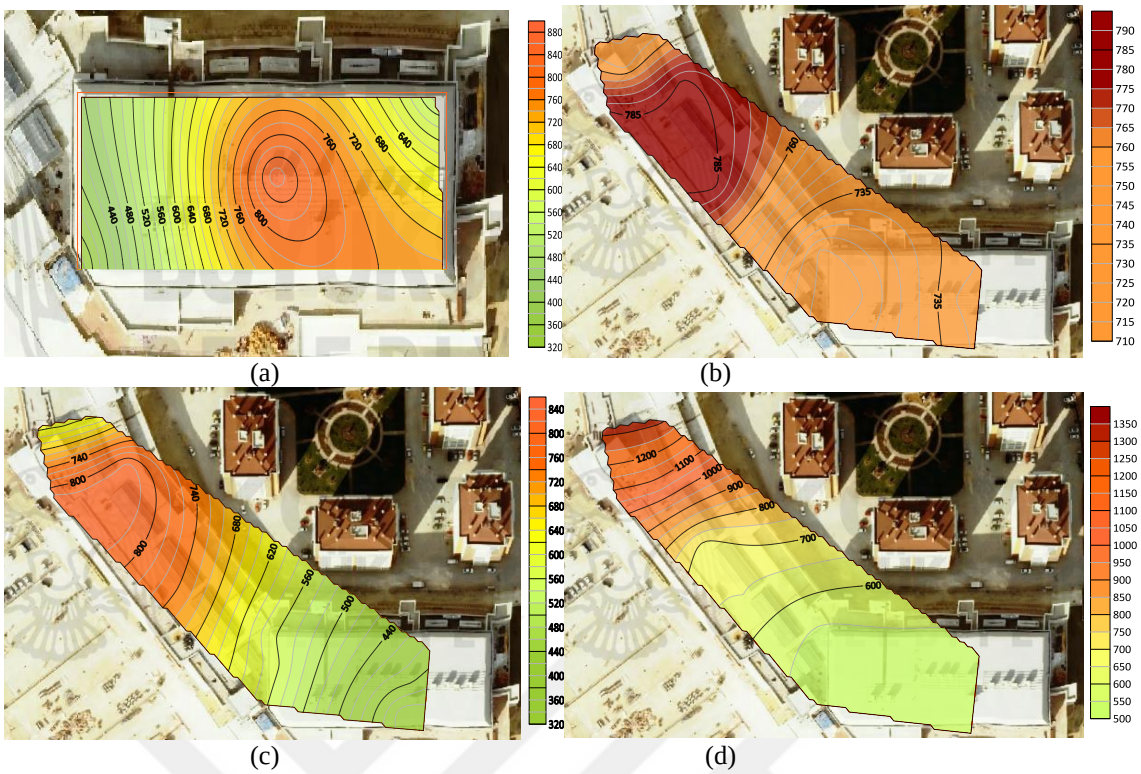
Şekil 4.38. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta sonu saat 17.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Saat 19.00'da yapılan ölçümlerin hafta içi sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 1350 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 430 µg/m^3, birinci kat 370 µg/m^3 ve ikinci kat 410 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Konsantrasyonlar saat 17.00 görülen ile benzerdir. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.39'da gösterilmiştir.



Şekil 4.39. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta içi saat 19.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

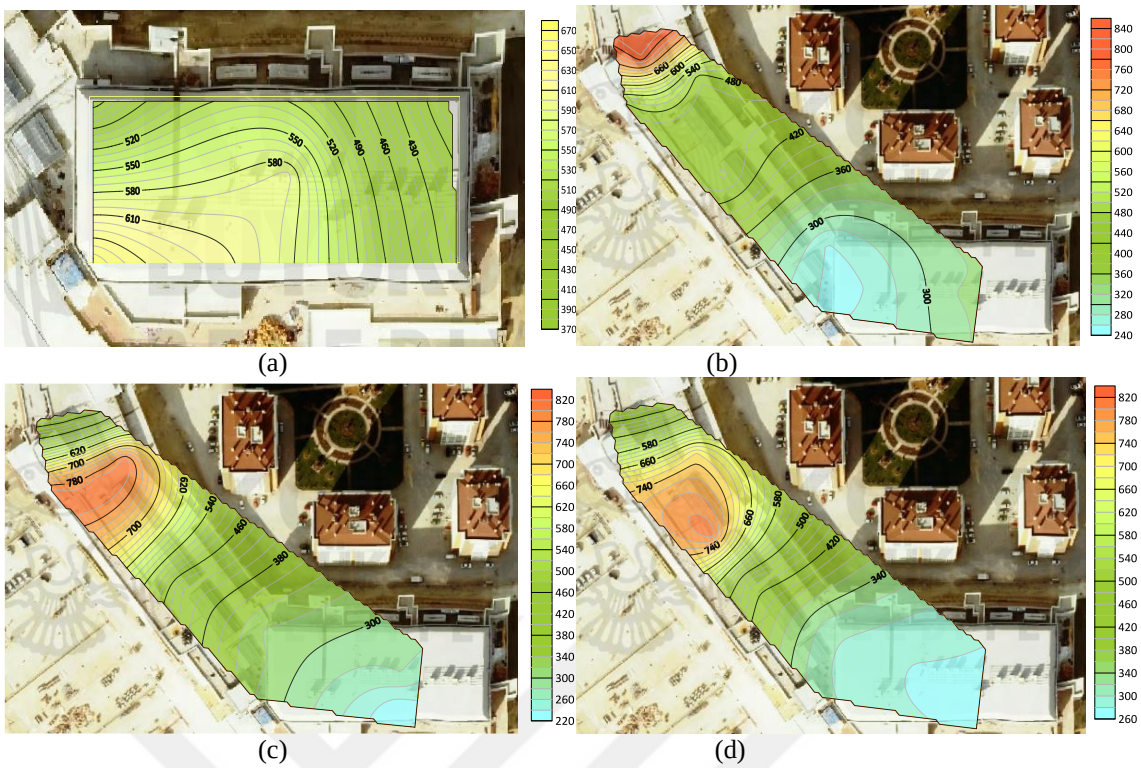
Saat 19.00'da yapılan ölçümlerin hafta sonu sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 880 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 790 µg/m^3, birinci kat 840 µg/m^3 ve ikinci kat 1350 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Konsantrasyonlar saat 17.00 ile benzer olsa da kirlilik dağılımı fark göstermiştir. $PM_{2,5}$'un bütün katlarda binanın geneline dağıldığı görülmüştür. Akşam saatlerinde ziyaretçi sayısı arttıkça havalandırmanın temiz hava yayma performansının düştüğü tahmin edilmektedir. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.40'ta gösterilmiştir.



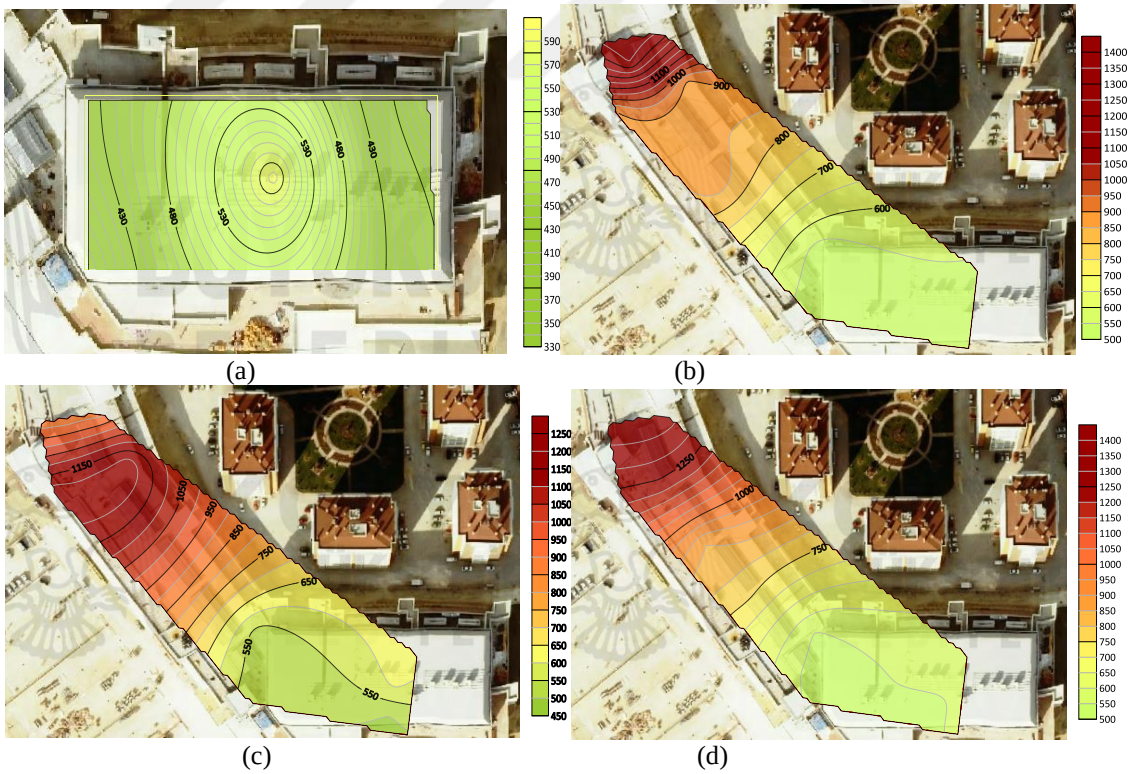
Şekil 4.40. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta sonu saat 19.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Saat 21.00'de yapılan ölçümlerin hafta içi sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 670 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 840 µg/m^3, birinci kat 820 µg/m^3 ve ikinci kat 820 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Bir önceki ölçüm saatiyle kıyaslanınca saat 21.00'de eksi birinci katta $PM_{2,5}$ değerleri azalırken diğer katlarda yükselmiştir. Kirlilik yine aynı kısımlarda gözlenmiştir. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.41'de gösterilmiştir.

Saat 21.00'de yapılan ölçümlerin hafta sonu sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 590 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 1400 µg/m^3, birinci kat 1250 µg/m^3 ve ikinci kat 1400 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Günün son ölçüm saatinde eksi birinci kattaki dükkânların kapanışı sonucunda $PM_{2,5}$ değerleri biraz azalırken diğer katlarda bir artış görünmüştür. Hafta sonu alışveriş merkezine ziyaret hafta içinden daha yoğun olmaktadır bu durumun yüksek kirlilik seviyesine müsaade ettiği anlamına gelmektedir. Kirlilik her üç katta da binanın üst köşesine doğru yoğunlaşmış durumda, havalandırma sisteminin oluşan kalabalıktan ötürü belli noktalarda yetersiz kalmış olması tahmin edilmektedir. Ayrıca 1. ve 2. Katlarda o bölgelerde oyun alanları bulunmaktadır buda, günün en kalabalık olduğu saatte bu alanların işgal edildiği ve aktif Şekilde kullanıldığı anlamına gelmiştir. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.42'de gösterilmiştir.



Şekil 4.41. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta içi saat 21.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler



Şekil 4.42. Novaland AVM'de sonbahar mevsimi hafta sonu saat 21.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

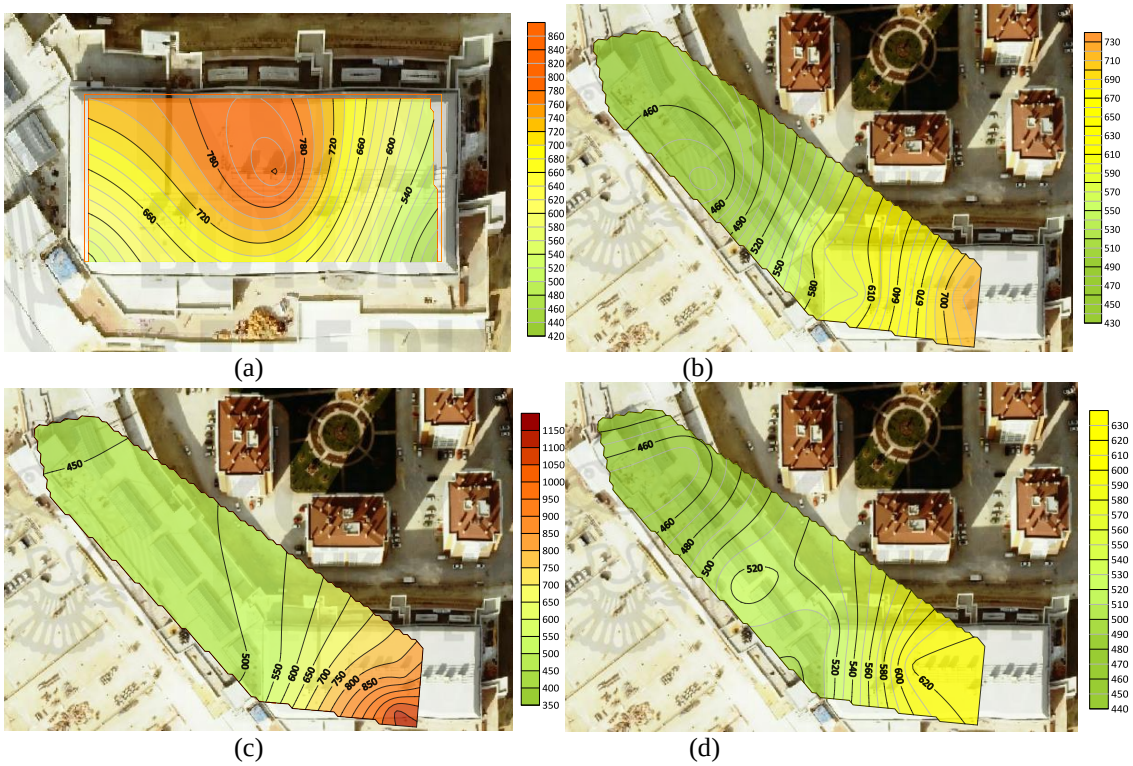
Sonbahar mevsiminde elde edilen bulgular özetle şöyledir: hafta sonu ortalama değerleri hafta içine göre daha yüksek bulundu, yaz mevsimine göre de genel olarak

daha yüksek değerler elde edildi, dönemin en yüksek $PM_{2,5}$ konsantrasyonu eksi birinci katta 2300 µg/m^3 olarak bulundu. Diğer katlar tüm ölçüm saatlerinde birbirine benzer sonuçlar gösterirken hafta sonu saat 21.00'de en yüksek değerleri vermiştir.

Değerlerin hepsi DSÖ, AÇA ve EPA'nın $PM_{2,5}$ için belirlediği saatlik 25 µg/m^3 sınırını aşmaktadır. Türkiye'de en son 2008'de güncellenen hava kalitesi değerlendirme yönetimi ve yönetmeliğinde $PM_{2,5}$ ile ilgili standart değer 200 µg/m^3'tür. Elde edilen sonuçlar HKDYY sınır değerini aşmaktadır.

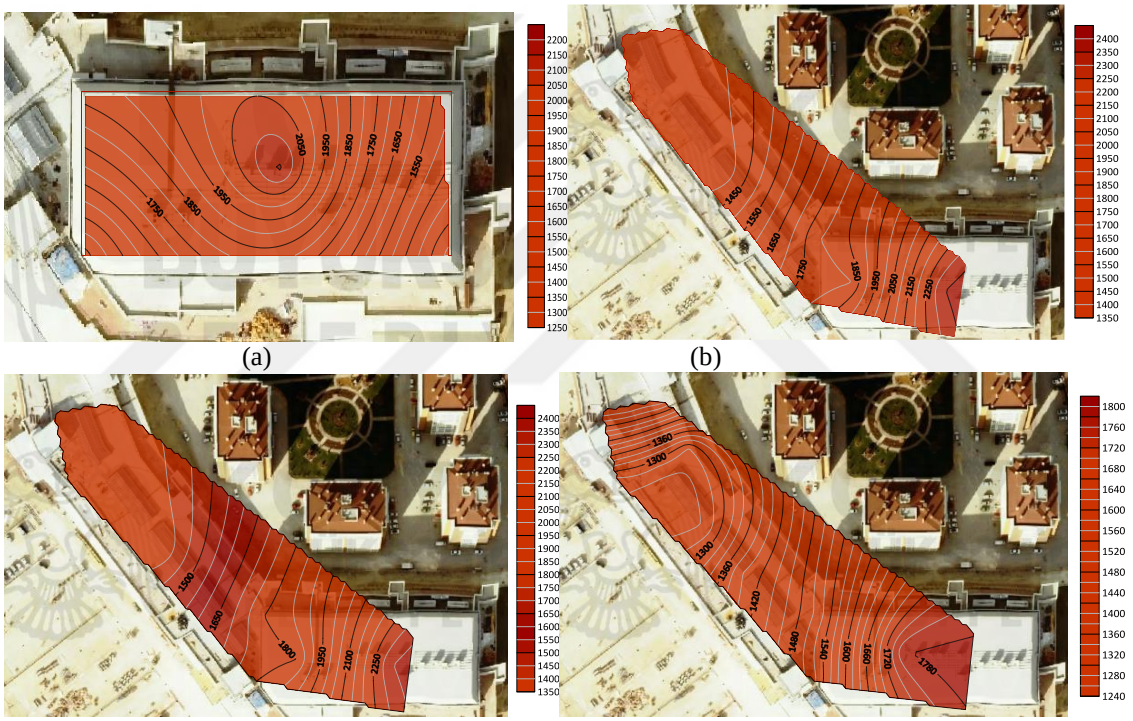
4.2.3 Kış mevsimi $PM_{2,5}$ bulguları

Kış mevsiminde yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlar, hafta içi saat 11.00'de katlara göre sırasıyla şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 860 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 730 µg/m^3, birinci kat 1150 µg/m^3 ve ikinci kat 630 µg/m^3. Eksi birinci katta görülen $PM_{2,5}$ konsantrasyonu aynı noktadan giriş katına da yayılmıştır. En yüksek kirlilik seviyesi birinci katta 11. Ölçüm noktasında görülmüştür. Restoran, kafe ve oyun alanının bulunduğu bu noktada muhtemel kirlilik seviyesi olarak düşünülmektedir. İkinci katta sergileri ve oyun alanlarından kaynaklanan bir kirlilik haritaya yansımıştır. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.43'te gösterilmiştir.



Şekil 4.43. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta içi saat 11.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Hafta sonu saat 11.00 $PM_{2,5}$ konsantrasyonları keskin bir fark göstererek yükselmiştir. Konsantrasyonlar her kat için şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 2200µg/m^3, (sıfır) giriş katı 2400 µg/m^3, birinci kat 1590 µg/m^3 ve ikinci kat 18800 µg/m^3. Bu değerler kış mevsiminin en yüksek değerleri olarak bulunmuştur. Tüm katlarda 1000 µg/m^3'ü aşan konsantrasyonlar, bütün katlarda tehlike arz edecek seviyelerde gözlenmiştir. Havalandırmanın çalışmadığı ana denk gelen ölçüm saatinde aynı zamanda hafta sonu olduğundan ziyaretçi sayısı hafta içine göre daha çok daha fazla bulunmuştur. Bu yüzden en yüksek $PM_{2,5}$ değerleri giriş katında bulunmuştur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.44'te gösterilmiştir.

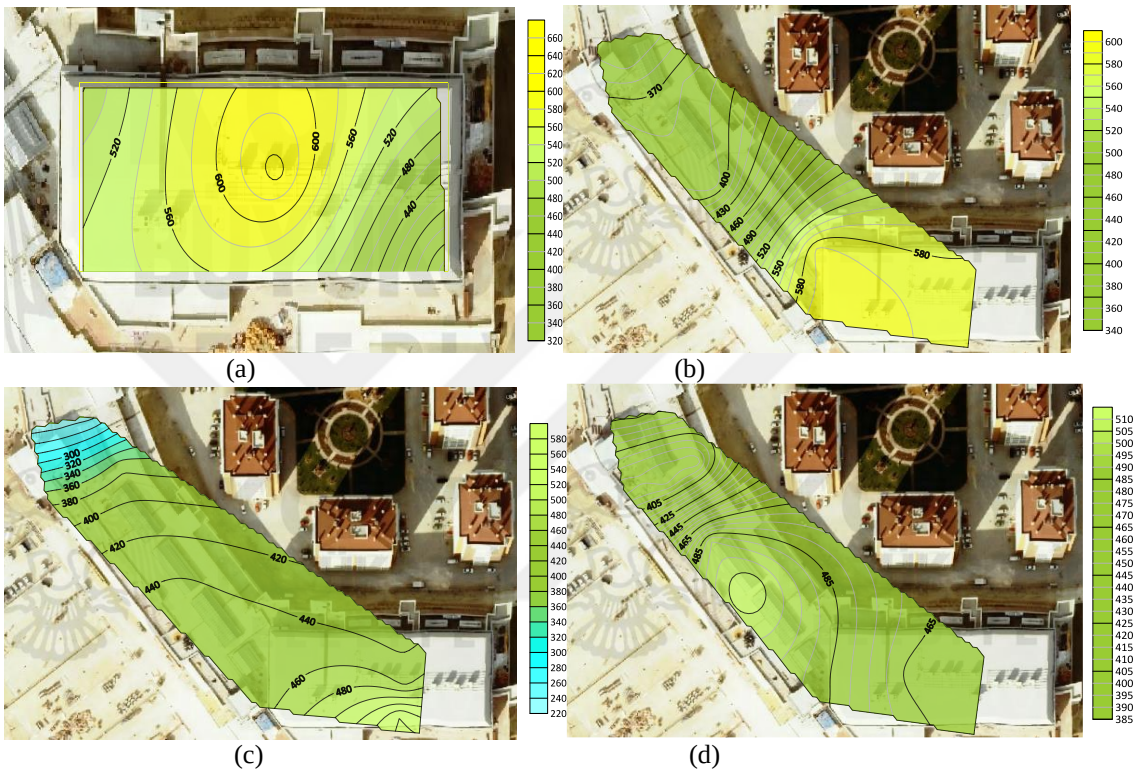


Şekil 4.44. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta sonu saat 11.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

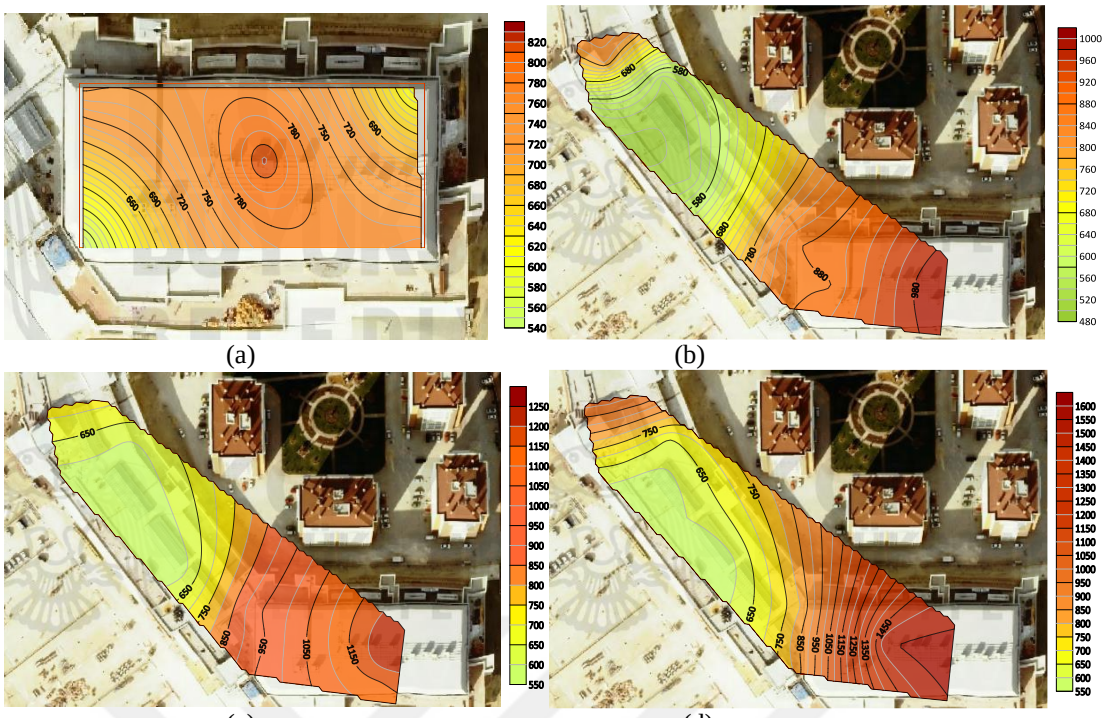
Saat 13.00'te yapılan ölçümlerin hafta içi sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 660 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 600 µg/m^3, birinci kat 580 µg/m^3 ve ikinci kat 510 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Bütün katlarda değerler 660 µg/m^3'ı geçmemiştir. Değerler saat 11.00'e göre daha düşük bulunmuştur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.45'te gösterilmiştir.

Saat 13.00'te yapılan ölçümlerin hafta sonu sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 820 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 1000 µg/m^3, birinci kat 1250 µg/m^3 ve ikinci kat

1600 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Saat 11.00 ile karşılaştığında değerlerin biraz daha azaldığı görülmüştür. Birinci katta kirlilik seviyesinin AVM'ye giriş kapılarının önünde yükseldiği görülmüştür. Buda dışarda oluşan bir kirletici kanyağını iç ortam hava kalitesini etkilediği ihtimalini vermiştir. Birinci ve ikinci katta görülen partikül kirliliği ise oyun alanlarından kaynaklanmıştır. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.46'te gösterilmiştir.



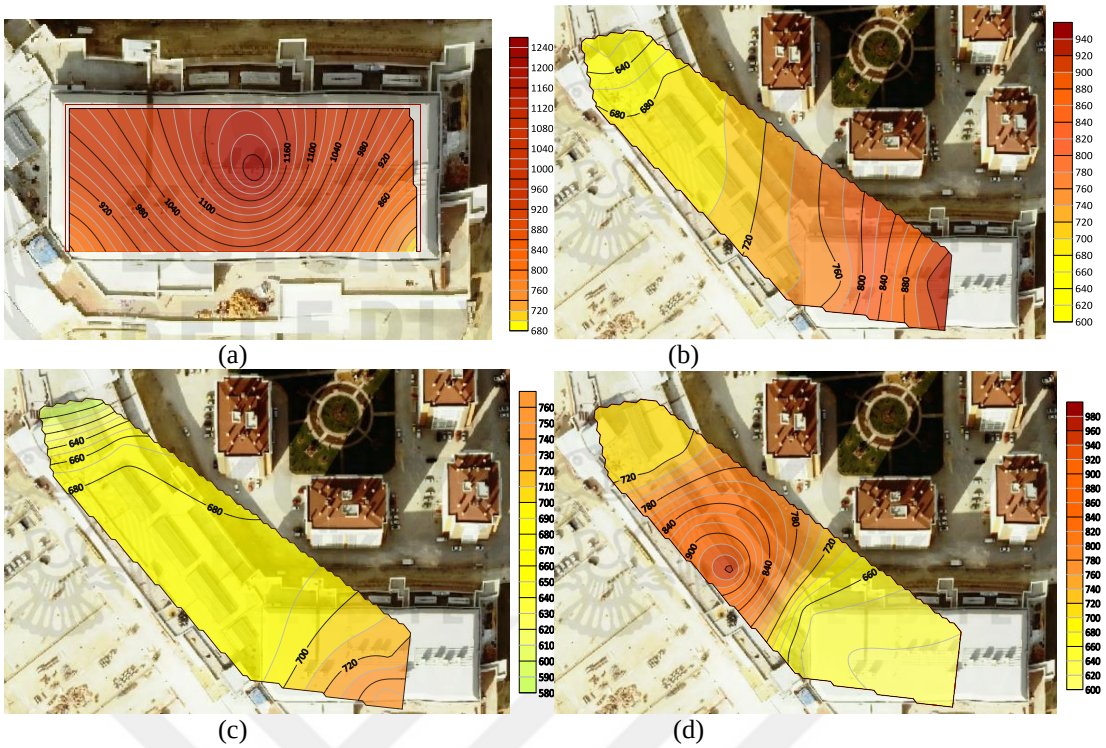
Şekil 4.45. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta içi saat 13.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler



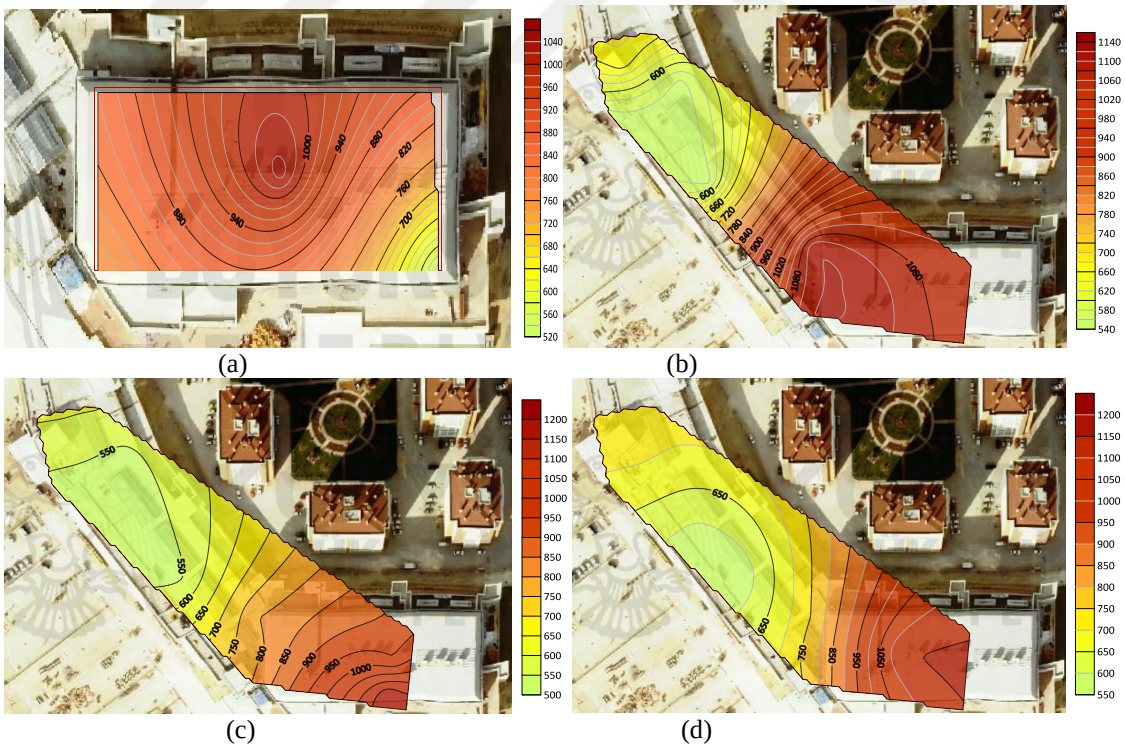
Şekil 4.46. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta sonu saat 13.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Saat 15.00'te yapılan ölçümlerin hafta içi sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 1240 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 940 µg/m^3, birinci kat 760 µg/m^3 ve ikinci kat 980 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Saat 13.00 ölçümlerinden sonra değerler tekrar yükselmiştir. Eksi birinci katta ciddi seviyede tehlike arz eden değerler giriş katıyla bağlandığı noktadan dağılarak haritada görüldüğü gibi binanın alt kısmında yüksek konsantrasyonların gözlenmesine neden olmuştur. İkinci katta ise daha çok tercih edilen ve kalabalık olan restoranların olduğu yerlerde $PM_{2,5}$ seviyesi yüksek bulunmuştur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.47'de gösterilmiştir.

Saat 15.00'te yapılan ölçümlerin hafta sonu sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 1040 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 1140 µg/m^3, birinci kat 1200 µg/m^3 ve ikinci kat 1200 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Haritalarda binanın sağ alt kısmında $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının yükseldiği görülmektedir. Üçüncü noktaya tekabül eden bu bölge hafta sonu sergi alanı olarak kullanılmaktadır. Ziyaretçiler tarafından oluşturulan kalabalık hava kalitesini olumsuz yönde etkileyerek oluşan $PM_{2,5}$ değerlerinin aynı bölgede birinci ve ikinci kata yayılmasına neden olmuştur. Bu yüzden her üç katında modelleme sonucu benzerlik taşımaktadır. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.48'de gösterilmiştir.



Şekil 4.47. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta içi saat 15.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

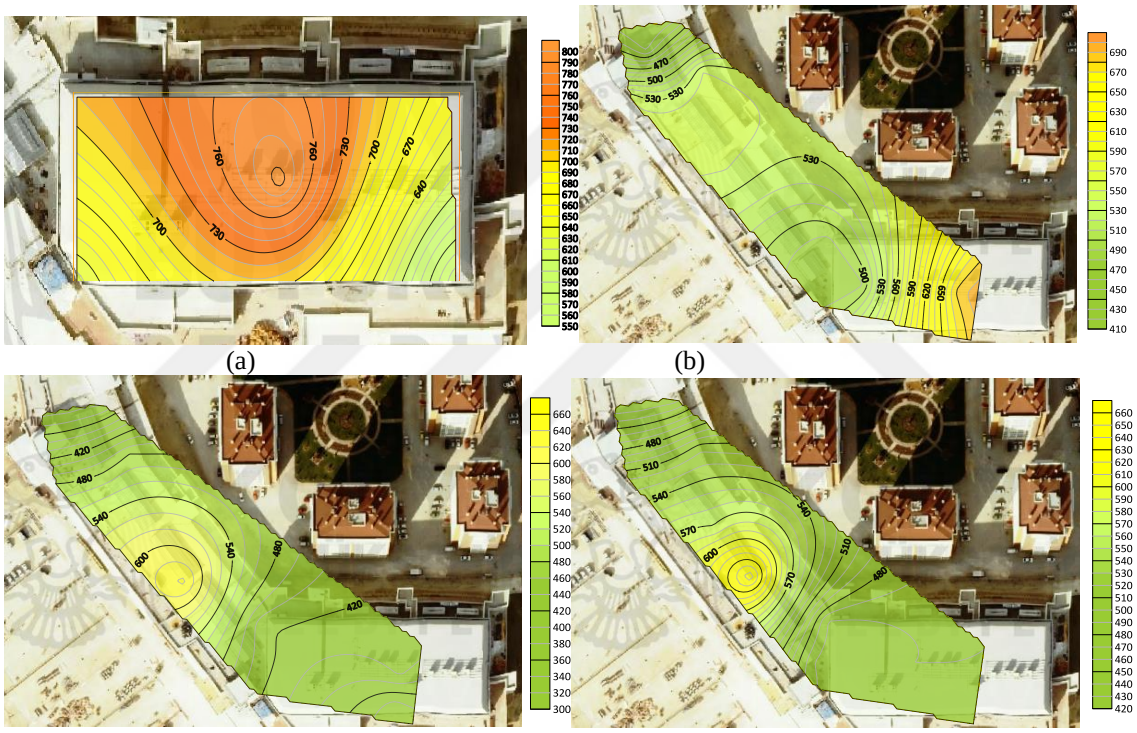


Şekil 4.48. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta sonu saat 15.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

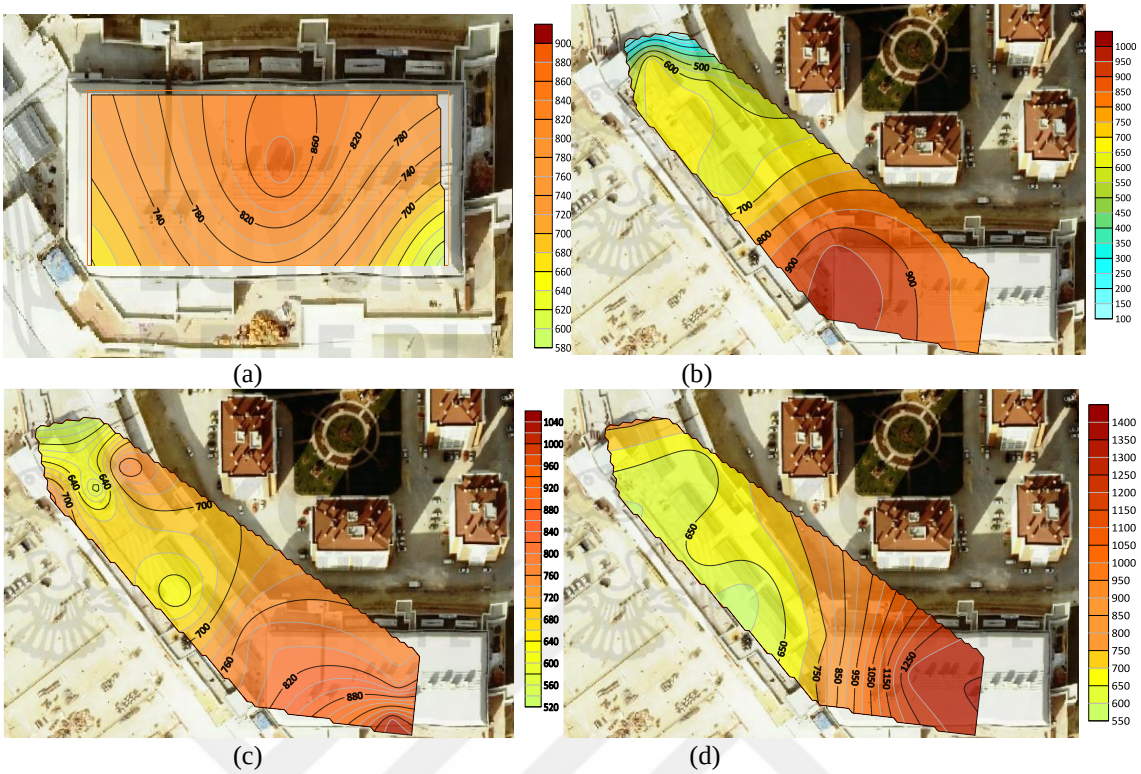
Saat 17.00'de yapılan ölçümlerin hafta içi sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 800 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 690 µg/m^3, birinci kat 660 µg/m^3 ve ikinci kat

660 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Sonuçlar saat 13.00 ölçümleriyle benzerlik göstermektedir. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.49'da gösterilmiştir.

Saat 17.00'de yapılan ölçümlerin hafta sonu sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 900 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 1000 µg/m^3, birinci kat 1040 µg/m^3 ve ikinci kat 1400 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Saat 15.00'te bahsedilen kirlilik etkisini devam ettirerek birinci katın üst kısımlarına da yayılmıştır. İkinci katta da görülen 1400 µg/m^3'lük değer ayrıca oyun alanından kaynaklanan $PM_{2,5}$ kirliliğini göstermiştir. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.50'de gösterilmiştir.



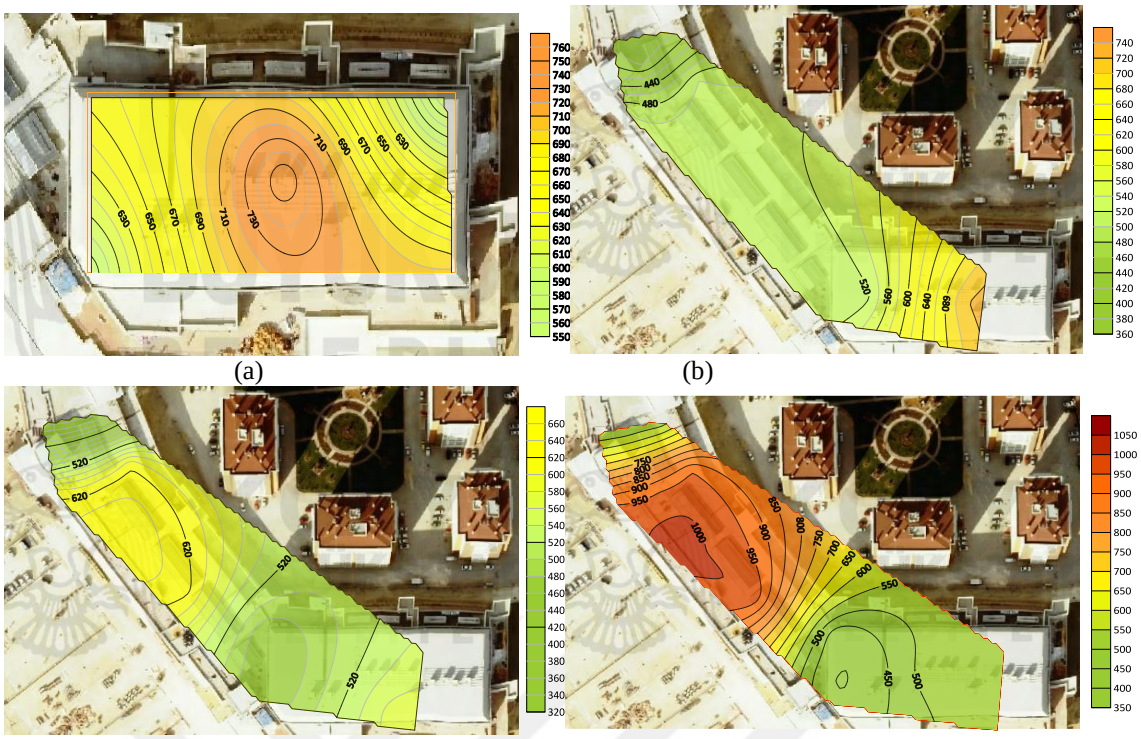
Şekil 4.49. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta içi saat 17.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler



Şekil 4.50. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta sonu saat 17.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Saat 19.00'da yapılan ölçümlerin hafta içi sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 760 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 740 µg/m^3, birinci kat 660 µg/m^3 ve ikinci kat 1050 µg/m^3 olarak bulunmuştur. En yüksek değer ikinci katta görülmüştür. Kırmızı alanın tam olarak restoranların olduğu noktaya tekabül etmesi oluşan kirliliğin restoranlardaki yemek pişirme faaliyetinden kaynaklandığını göstermiştir. Aynı bölgede sigara içmek için tahsis edilmiş alanın kapısı bulunmaktadır. Kapıların açılıp kapanması esnasında iç ortama sigara dumanının yayıldığı düşünülmektedir. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.51'de gösterilmiştir.

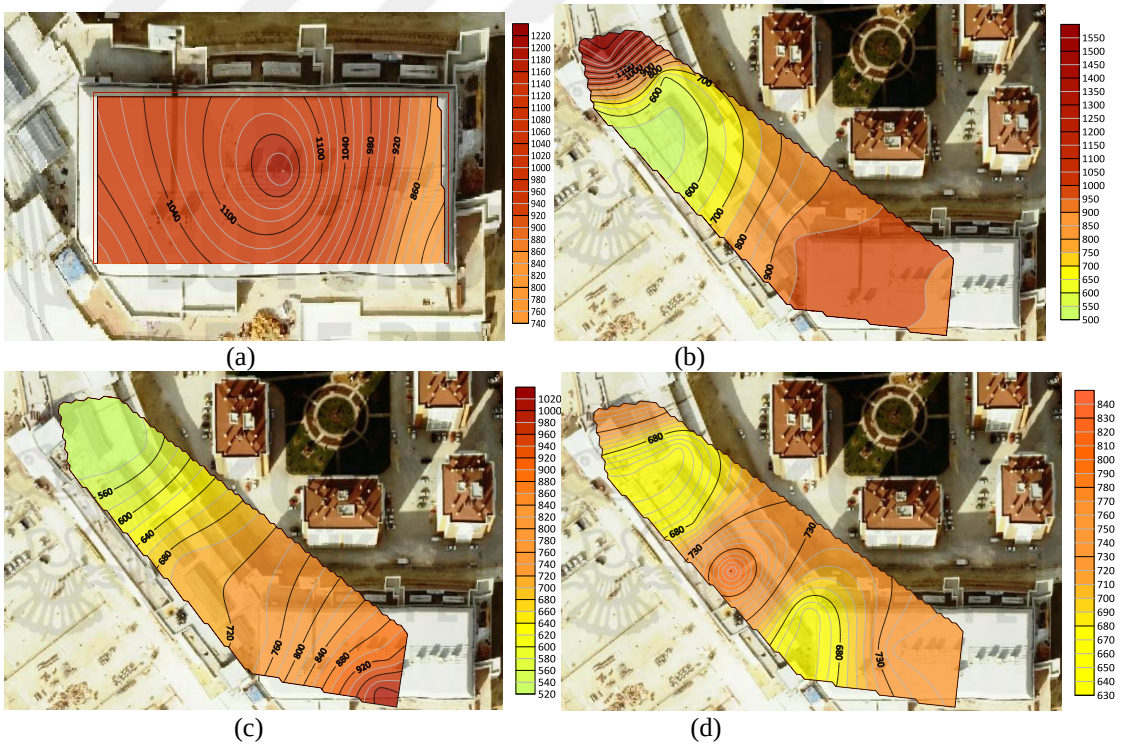
Saat 19.00'da yapılan ölçümlerin hafta sonu sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 1220 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 1550 µg/m^3, birinci kat 1020 µg/m^3 ve ikinci kat 840 µg/m^3 olarak bulunmuştur. AVM'nin bütün katlarında değerler yüksek bulunmuştur. Giriş katında dış ortama açılan kapıların bulunduğu bölgelerde yüksek $PM_{2,5}$ seviyesi görülürken birinci katta oyun alanlarının olduğu noktalarda ve ikinci katta yemek, oyun ve sigara alanlarının olduğu bölgelerde yüksek görülmüştür. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.52'de gösterilmiştir.



(a) (b)

(c) (d)

Şekil 4.51. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta içi saat 19.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler



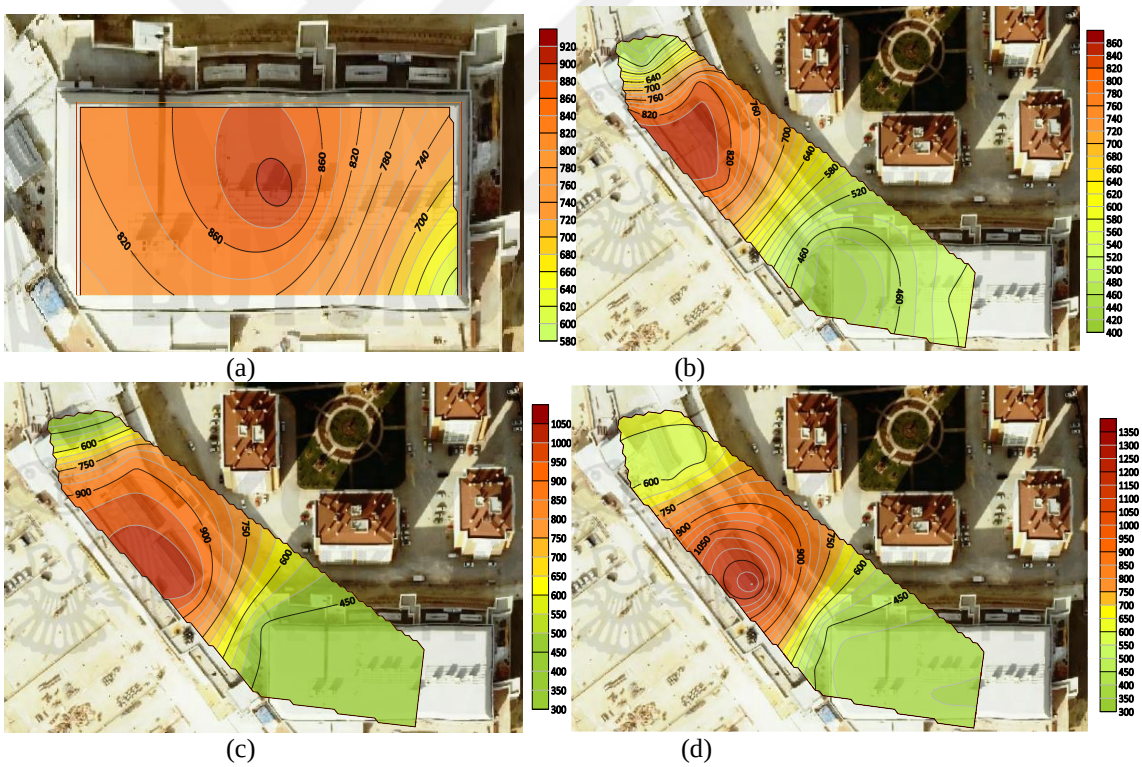
(a) (b)

(c) (d)

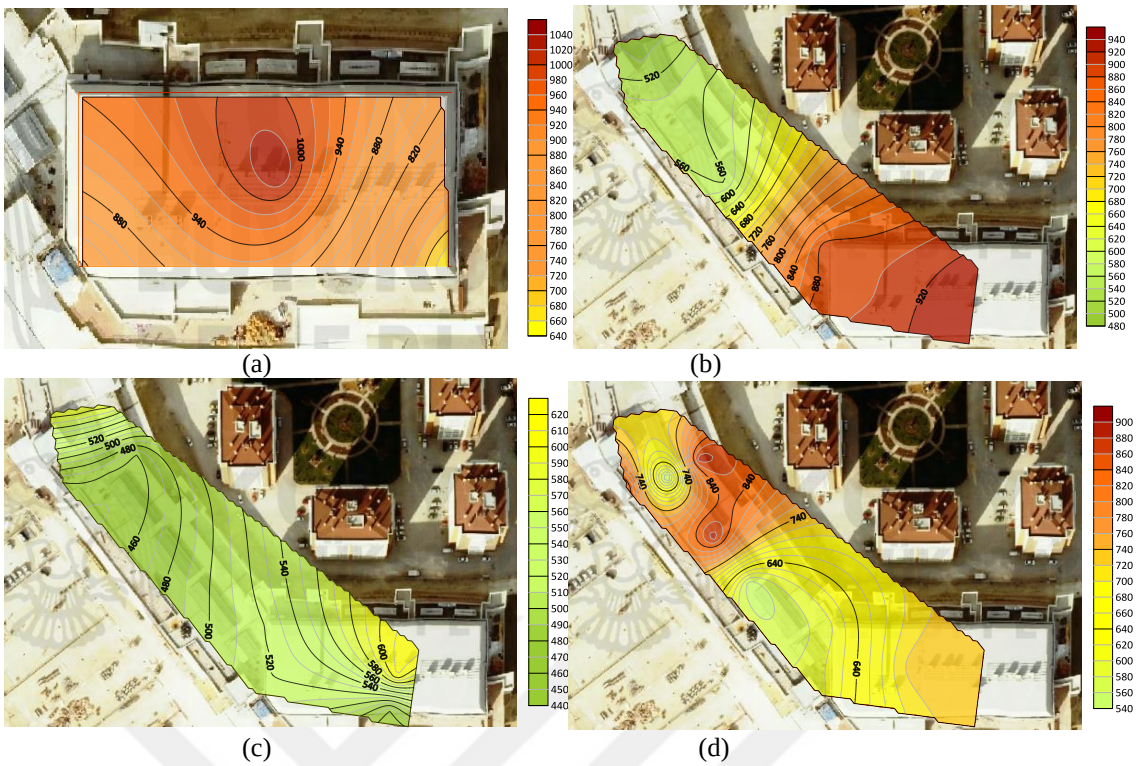
Şekil 4.52. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta sonu saat 19.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Saat 21.00'de yapılan ölçümlerin hafta içi sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 920 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 860 µg/m^3, birinci kat 1050 µg/m^3 ve ikinci kat 1350 µg/m^3 olarak bulunmuştur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonları saat 19.00 sonuçlarına göre daha yüksek bulunmuştur. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.53'te gösterilmiştir.

Saat 21.00'de yapılan ölçümlerin hafta sonu sonuçları şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 1040 µg/m^3, (sıfır) giriş katı 940 µg/m^3, birinci kat 620 µg/m^3 ve ikinci kat 900 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Eksi birinci katta görülen yüksek $PM_{2,5}$ konsantrasyonu giriş katına yayılarak binanın alt kısımlarında etkisini göstermiştir. Birinci kat hava kalitesi açısından daha temiz bulunurken ikinci katta da sadece restoranların olduğu bölgede yüksek seviyede $PM_{2,5}$ kirliliği görülmüştür. $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarının dağılım haritaları Şekil 4.54'te gösterilmiştir.



Şekil 4.53. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta içi saat 21.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler



Şekil 4.53. Novaland AVM'de kış mevsimi hafta sonu saat 21.00 (a) -1 kat, (b) 0 kat, (c) 1 kat, (d) 2 kat $PM_{2,5}$ ortalama değerler

Novaland alışveriş merkezinde üç dönem boyunca haritalandırma sonucu ortalama modelleme hataları katlara göre sırasıyla şöyle bulunmuştur: eksi birinci kat 3.23 e^{-08}, giriş kat 6.028 e^{-08}, birinci kat 3.34e^{-08}, ikinci kat 5.23 e^{-08}.

Tez çalışması boyunca yapılan ölçümlerin sonucunda en yüksek $PM_{2,5}$ kirliliği kış mevsiminde bulunmuştur. En düşük değerlerin olduğu dönem ise yaz mevsimidir. Kış döneminde yapılan ölçümler sonucunda en az bulunan $PM_{2,5}$ değeri 510 µg/m^{3}'tür. Bu değer DSÖ, AÇA ve EPA'nın $PM_{2,5}$ için belirlediği saatlik 25 µg/m^{3} sınırını aşmaktadır.

Türkiye'de en son 2008'de güncellenen hava kalitesi değerlendirme yönetimi ve yönetmeliğinde $PM_{2,5}$ ile ilgili standart değer 200 µg/m^{3}'tür. Elde edilen sonuçlar HKDYY sınır değerini aşmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Türkiye'de son yıllarda önemi fark edilmeye başlayan iç ortam hava kalitesi ile ilgili hazırlanmıştır. Ülkenin önemli sanayi şehirlerinden biri olan Konya ilinde yapılan bu çalışmada alışveriş merkezleri taban alınarak insan sağlığı üzerinde ciddi risk etkenleri taşıyan ve dünya sağlık örgütü tarafından hava kirleticileri arasında ikinci sıralamada yer alan solunabilir partikül madde $PM_{2,5}$ ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerin yapılması için iki ayrı ortam seçilmiştir. Selçuk üniversitesi Alâeddin Keykubat kampüsünde yer alan Gökkuşağı Alıveriş Merkezi ölçümlerin yapılması için ilk konum olarak seçilmiştir. İkinci konum için ise Novaland outlet alışveriş merkezi uygun görülmüştür. Ölçümler üç ayrı dönemlerde gerçekleştirilmiştir. İlk örnekleme dönem yaz mevsiminde 21.05.2018 – 03.06.2018 tarihleri arasında yapılmıştır, ikinci örnekleme dönemi sonbahar mevsiminde 24.09.2018 – 07.10.2018 tarihleri arasında ve üçüncü örnekleme dönemi kış mevsimi 25.12.2018 – 07.01.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Gökkuşağı AVM'de örnekleme saatleri her üç mevsimde de saat (09.00-19.00) Aralıklarında yapılırken Novaland AVM'de açılış saatinden dolayı saat (11.00-21.00) Aralıklarında yapılmıştır. Partikül Madde $PM_{2,5}$'un iç ortam hava kalitesini üç mevsim boyunca nasıl etkilediğini ve nelerden kaynaklandığına bakılmıştır. Sonuçlar Surfer 16 programı kullanılarak dağılım haritaları ile modelleme yapılmıştır. Modelleme yapılırken sonuçlar hafta içi ve hafta sonu ortalamaları olarak yorumlanmıştır. Sonuç olarak her iki alışveriş merkezinde de yaz mevsiminde en düşük $PM_{2,5}$ değerlerine rastlanmıştır. En yüksek değerler ise kış mevsiminde görülmüştür. Ölçüm alanı açısından Gökkuşağı AVM'de Novaland AVM'den daha yüksek konsantrasyonlar bulunmuştur.

Gökkuşağı alışveriş merkezinin bina yapısı daha eski olmasının sonuçlara etkisi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca binada bulunan merkezi havalandırma sisteminin yıllar önce bozulması sonucu tamir edilmeyerek kullanıma kapatılması, içeride hava dolaşımı yetersizliğine yol açmıştır. Bina içinde bulunan kırtasiye, fotokopi cihazları, restoran, giyim, terzi ve kafeler sayesinde iç ortama dağılan kirleticilerin dış ortama karışabilmesi için sadece 3 çıkış kapısı bulunmaktadır. Özellikle öğle saatlerinde görülen yüksek değerlere günlük ziyaretçi sayısı da etki göstermiştir. Havalandırmanın olmamasının yanı sıra sigara tüketimine de bir yasağın konulmaması binanın kuzey kısmında bulunan koridorların en yüksek $PM_{2,5}$ kirliliğine maruz kalmasına neden olmuştur. Eski yapı

malzemelerinin ve onarılmamış yapının kirlilik seviyesini ayrıca etkilediği düşünülmektedir. Ölçümler kampüs içerisinde gerçekleştiği için hafta içinde bazı istisnai durumlar haricinde daha yüksek değerler elde edilmiştir. Mevkii açısından tıp fakültesi hastanesinin tam karşısında bulunan bu bina hastanenin hasta ziyaret saatlerinde doğru orantılı bir şekilde AVM'de $PM_{2,5}$ kirliliğinin artmasına neden olmuştur.

Novaland alışveriş merkezinde her üç mevsimde de Gökkuşağı AVM'ye göre daha az konsantrasyonlar elde edilmiştir. Ölçümler AVM'nin eksi birinci, giriş, birinci ve ikinci katında yapılmıştır. Bu alışveriş merkezinde en yüksek konsantrasyonlar eksi birinci katta görülmüştür. Havalandırmanın olmadığı bu katta bulunan tek kapının kapalı otoparka açılması araçlardan çıkan emisyonların iç ortama yayılmasına neden olmuştur. Yaz mevsiminde yapılan ölçümlerinin ramazan ayına denk gelmesi sonuçlarda hafta sonunun hafta içi değerlerine göre daha düşük çıkmasına sebep olmuştur. Sonbahar ve kış ölçümlerinde durum farklılık göstererek hafta sonu ortalamaları genellikle hafta içi sonuçlarına göre daha yüksek bulunmuştur. Novada AVM'nin bulunan konsantrasyonların Gökkuşağına göre daha düşük çıkması burada çalışan temiz hava santralinin bulunmasıdır. Giriş, birinci ve ikinci katta çalışan bu santraller binanın iç havasını değiştirerek kaliteli bir hava solunmasına yardımcı olmuştur. Ayrıca temizlik faaliyetleri gün içerisinde sürekli olarak devam etmektedir. Yüksek konsantrasyonlar çoğunlukla yemek katında; restoranların ve oyun alanlarının olduğu noktalarda bulunmuştur. 2015 yılında kullanıma açılan bu binanın yapı malzemesi ve bina yaşından ötürü ortama daha az kirlilik yansımıştır.

Yapmış olduğum tez çalışması sonucunda elde edilen öneriler şöyledir;

İnsanların gününün %87'sini geçirdikleri kapalı yaşam alanlarında sağlıklı bir hava solunabilmeleri için bu ortamların ve içinde bulunan havalandırma sistemleri, cihaz ve araçların kaliteli atmosfer yönünden sürekli olarak izlenerek ve kontrol edilerek bakımının yapılması gerekmektedir. Bu nedenle alışveriş merkezlerinde kabul edilebilir bir iç ortam hava kalitesini sağlayacak yöntemlerin uygulanması lazım. Bu yöntemler sırasıyla;

- Ortama etki eden kaynağın uzaklaştırılması,

- Merkezi havalandırma sistemlerinin kullanılacağı ortama uygun standartlara göre yapılması, uygun bir şekilde kullanılması ve belirli aralıklarla bakımının yapılması,
- Kapalı ortamlarda sigara içilmemesine yönelik tedbirlerin alınması önerilmektedir.

Ayrıca; iç ortamlarda bulunan hava kalitesinin önemini ve sağlık üzerindeki etkileri ile ilgili eğitim kurumlarında, dersler, sempozyumlar ve eğitici seminerlerin düzenlenmesi üniversiteler tarafından gerçekleştirilmelidir.

Türkiye'de günümüze kadar kapalı ortam hava kalitesini belirleyen standartların yeterli bulunmaması nedeniyle insanların sağlığına direkt olarak etkisi olan bu hava için standart değerlerin kurulması ilgili kuruluşların en yakın zamanda harekete geçmesi önerilmektedir.

Türkiye'nin bütün illerinde hava kalitesini belirleyen parametrelerin ölçülmesi ve modelleme haritalarının oluşturulması sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Alptekin O ve G, Ç., 2015, Toz Partiküllerinin İç Mekân Hava Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi *Kafkas Üniv Fen Bil Enst Derg*.(8),30-49.

Alyüz, B. ve Sevil, V., 2006, İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşikler ve sağlık üzerine etkileri, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 109-116.

Anderson J, Thundiyil J ve A, S., 2012, Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health, *American College of Medical Toxicology 2011*,7(2), 109-116.

Arı, A., Argante, J., Melıefste, K., Gaga, E. O., Yay, O. D., Örnektekin, S., DÖğeroğlu, T. ve van Doorn, W., 2008, İskenderun ve payas'ta atmosferik pm10 ve pm2. 5 derişimlerinin incelenmesi,hava kirliliği ve kontrolü ulusal sempozyumu,Hatay.

Arslanbaş, D., 2008, Kocaeli'nde Konut, İşyeri Ve Okullarda Uçucu Organik Bileşiklerin Belirlenmesi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Doktora Tezi*.

ASHRAE., 2003, Indoor Environmental Health, p. chapter 9.Boca Raton.

Braniš, M., Řezáčová, P. ve Domasová, M., 2005, The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM10, PM2. 5, and PM1 in a classroom, *Environmental research*, 99 (2), 143-149.

Bresnahan, T. ve Dickenson, K., 2002, Surfer 8 self-paced training guide, http://www.fca.unesp.br:[04.04.2019].

Brunekreef, B. ve Holgate, S. T., 2002, Air pollution and health, *The lancet*, 360 (9341), 1233-1242.

Brunekreef, B., Künzli, N., Pekkanen, J., Annesi-Maesano, I., Forsberg, B., Sigsgaard, T., Keuken, M., Forastiere, F., Barry, M. ve Querol, X., 2015, Clean air in Europe: beyond the horizon?, Eur Respiratory Soc.

Bulut ve Hüsamettin, 2011, Konutlarda İç Hava Kalitesi İle İlgili Ölçüm Sonuçlarinin Analizi, *8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 25-28.

Castellazzi, A. M., Maccario, R., Moretta, A., De Amici, M., Gasparoni, A., Chirico, G. ve Rondini, G., 1999, Effect of active and passive smoking during pregnancy on natural killer–cell activity in infants, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 103 (1), 172-173.

Challoner, A. ve Gill, L., 2014, Indoor/outdoor air pollution relationships in ten commercial buildings: PM2. 5 and NO2, *Building and Environment*, 80, 159-173.

Chatoutsidou, S. E., Ondráček, J., Tesar, O., Tørseth, K., Ždímal, V. ve Lazaridis, M., 2015, Indoor/outdoor particulate matter number and mass concentration in modern offices, *Building and Environment*, 92, 462-474.

Cheng, Y.-H., 2017, Measuring indoor particulate matter concentrations and size distributions at different time periods to identify potential sources in an office building in Taipei City, *Building and Environment*, 123, 446-457.

Cheng, Z., Luo, L., Wang, S., Wang, Y., Sharma, S., Shimadera, H., Wang, X., Bressi, M., de Miranda, R. M. ve Jiang, J., 2016, Status and characteristics of ambient PM2. 5 pollution in global megacities, *Environment international*, 89, 212-221.

Cindoruk ve Sıddık, S., 2018, Havadakİ no ve NO2 parametrelerinin marmara temiz hava merkezi ölçümleri kapsaminda incelenmesİ, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 600-611.

Colbeck, I., Nasir, Z. A. ve Ali, Z., 2010, Characteristics of indoor/outdoor particulate pollution in urban and rural residential environment of Pakistan, *Indoor air*, 20 (1), 40-51.

Columbia, B. C. M. o. E. E. Q. B. B. ve objectives., a. a. q., 2009, – Environmental Quality Branch (2009). British Columbia ambient air quality objectives.

Correia, A. W., Pope III, C. A., Dockery, D. W., Wang, Y., Ezzati, M. ve Dominici, F., 2013, The effect of air pollution control on life expectancy in the United States: an analysis of 545 US counties for the period 2000 to 2007, *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 24 (1), 23.

Dursun ş, Ayturan Z, Kunt F, Ulusoy Ç ve Mesutoğlu Ç, 2017, Selçuk Üniversitesi Yerleşkesi Açık Alanlarda Ortam PM2.5 Seviyesinin Belirlenmesi, *vıı. ulusal hava kirliliği ve kontrolü sempozyumu*.Antalya,190-202.

Elbir T, M. A., Bayram A. , 2000, Evaluation of some air pollution indicators in Turkey., *Environment international*, 26 (1-2), 5-10.

Fromme, H., Twardella, D., Dietrich, S., Heitmann, D., Schierl, R., Liebl, B. ve Rüden, H., 2007, Particulate matter in the indoor air of classrooms—exploratory results from Munich and surrounding area, *Atmospheric Environment*, 41 (4), 854-866.

Fromme, H., Dietrich, S., Heitmann, D., Dressel, H., Diemer, J., Schulz, T., Jörres, R. A., Berlin, K. ve Völkel, W., 2009, Indoor air contamination during a waterpipe (narghile) smoking session, *Food and Chemical Toxicology*, 47 (7), 1636-1641.

Glytsos, T., Ondráček, J., Džumbová, L., Kopanakis, I. ve Lazaridis, M., 2010, Characterization of particulate matter concentrations during controlled indoor activities, *Atmospheric Environment*, 44 (12), 1539-1549.

Government, A., 2016, Federal register of legislative instruments, F2016C00215: National environment protection (Ambient air quality) measure. February. https://www.legislation.gov.au: [04.04.2019].

Goyal, P., 2003, Present scenario of air quality in Delhi: a case study of CNG implementation, *Atmospheric Environment*, 37 (38), 5423-5431.

Gulia, S., Goyal, P., Goyal, S. ve Kumar, R., 2019, Re-suspension of road dust: contribution, assessment and control through dust suppressants—a review, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-12.

Güllü, G., 2016, İlköğretim Okullarında İç Ortam Hava Kalitesi ve Sağlık Etkileşimi, *tesisat mühendisliği*, sayi 152.

Güneş, G., Bozkurt, E., Sönmez, S. ve Erdinç, N., 2016, Kütüphanelerde İç Hava Kalitesinin İncelenmesi: Marmara Üniversitesi Merkez Kütüphanesi, *Bilgi Dünyası*, 16 (2).

Habil, M., Massey, D. D. ve Taneja, A., 2013, Exposure of children studying in schools of India to PM levels and metal contamination: sources and their identification, *Air Quality, Atmosphere & Health*, 6 (3), 575-587.

Heudorf, U., Neitzert, V. ve Spark, J., 2009, Particulate matter and carbon dioxide in classrooms–the impact of cleaning and ventilation, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 212 (1), 45-55.

İsmail, A., Karaca, F. ve Alagha, O., 2009, İstanbul'a uzun mesafeli atmosferik taşınım etkilerinin araştırılması:" solunabilen partikül madde epizotları, *Ekoloji*, 19 (73), 86-97.

Johnson, K. C., 2005, Accumulating evidence on passive and active smoking and breast cancer risk, *International journal of cancer*, 117 (4), 619-628.

Karakaş, B. ve Güllü, G., 2013, Evlerde Iç Ortam Partikül Madde Boyut Dağilimi ve Konsantrasyonlarina Etki Eden Faaliyetler, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2 (3), 74-102.

Karakaş, B., 2015, İç ve Dış Hava Ortamlarında Partiküler Madde (Pm10, Pm2. 5 ve Pm1) Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.Hacettepe üniversitesi,Ankara,tez çalışması.

Kassomenos, P., Kelessis, A., Petrakakis, M., Zoumakis, N., Christidis, T. ve Paschalidou, A., 2012, Air quality assessment in a heavily polluted urban Mediterranean environment through air quality indices, *Ecological indicators*, 18, 259-268.

Kaya, D. ve Öztürk, H., 2012, Hava Kalitesi Yönetimi, p. 352.Umuttepe yayınları.

Keuken, M., van der Gon, H. D. ve van der Valk, K., 2010, Non-exhaust emissions of PM and the efficiency of emission reduction by road sweeping and washing in the Netherlands, *Science of the Total Environment*, 408 (20), 4591-4599.

Kiesewetter, G., Schoepp, W., Heyes, C. ve Amann, M., 2015, Modelling PM2. 5 impact indicators in Europe: health effects and legal compliance, *Environmental Modelling & Software*, 74, 201-211.

Kim, K. Y., Kim, Y. S., Roh, Y. M., Lee, C. M. ve Kim, C. N., 2008, Spatial distribution of particulate matter (PM10 and PM2. 5) in Seoul Metropolitan Subway stations, *Journal of Hazardous Materials*, 154 (1-3), 440-443.

Kulshrestha, A., Satsangi, P. G., Masih, J. ve Taneja, A., 2009, Metal concentration of PM2. 5 and PM10 particles and seasonal variations in urban and rural environment of Agra, India, *Science of the Total Environment*, 407 (24), 6196-6204.

Kumar, A. ve Goyal, P., 2011, Forecasting of daily air quality index in Delhi, *Science of the Total Environment*, 409 (24), 5517-5523.

Kuş, M., Okuyan, C., Bulut, H. ve Bulgurcu, H., 2008, Üniversite dersliklerinde iç hava kalitesinin değerlendirilmesi, 8, *8. uluslararası Yapıda tesisat teknolojisi Sempozyumu*, 12-14.

Lai, A. ve Ho, Y., 2008, Spatial concentration variation of cooking-emitted particles in a residential kitchen, *Building and Environment*, 43 (5), 871-876.

Lee, C.-W., Dai, Y.-T., Chien, C.-H. ve Hsu, D.-J., 2006, Characteristics and health impacts of volatile organic compounds in photocopy centers, *Environmental research*, 100 (2), 139-149.

Lee, S. C., Li, W.-M. ve Chan, L. Y., 2001, Indoor air quality at restaurants with different styles of cooking in metropolitan Hong Kong, *Science of the Total Environment*, 279 (1-3), 181-193.

Mantis, J., Chaloulakou, A. ve Samara, C., 2005, PM10-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the Greater Area of Athens, Greece, *Chemosphere*, 59 (5), 593-604.

Martins, N. R. ve da Graça, G. C., 2018, Impact of PM2. 5 in indoor urban environments: A review, *Sustainable Cities and Society*.

Maziak, W., Ibrahim, I., Rastam, S., Ward, K. D. ve Eissenberg, T., 2008, Waterpipe-associated particulate matter emissions, *Nicotine & Tobacco Research*, 10 (3), 519-523.

Medina-Ramon, M., Zock, J., Kogevinas, M., Sunyer, J., Torralba, Y., Borrell, A., Burgos, F. ve Anto, J., 2005, Asthma, chronic bronchitis, and exposure to irritant agents in occupational domestic cleaning: a nested case-control study, *Occupational and environmental medicine*, 62 (9), 598-606.

Morabia, A., Bernstein, M. S., Curtin, F. ve Berode, M., 2001, Validation of self-reported smoking status by simultaneous measurement of carbon monoxide and salivary thiocyanate, *Preventive medicine*, 32 (1), 82-88.

Morawska, L. ve Zhang, J. J., 2002, Combustion sources of particles. 1. Health relevance and source signatures, *Chemosphere*, 49 (9), 1045-1058.

Niu, J., 2004, Some significant environmental issues in high-rise residential building design in urban areas, *Energy and buildings*, 36 (12), 1259-1263.

Organization, W. H. ve UNAIDS, 2006, Air quality guidelines: global update 2005, World Health Organization, p.

Organization, W. H. ve Initiative, T. F., 2007, Protection from Exposure to Second-hand Tobacco Smoke: Policy Recommendations, World Health Organization, p.

Özbeyaz, A., Tufaner, F. ve Demirci, Y., 2016, Partikül madde ile ilişkili görüntüleri kullanarak hava kirliliği tahminine ait bir model tasarımı, *1st International Mediterranean Science and Engineering Congress. Çukurova University, October*, 26-28.

Pekey, B., Bozkurt, Z., Pekey, H., Doğan, G., Zararsız, A., Efe, N. ve Tuncel, G., 2010, Indoor/outdoor concentrations and elemental composition of PM10/PM2. 5 in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey, *Indoor Air*, 20 (2), 112-125.

Polat, O., 2002, Golden software surfer v.8 kullanim ile ilgili notlar p. https://docplayer.biz.tr [04.04.2019].

Pope , C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K. ve Thurston, G. D., 2002, Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution, *Jama*, 287 (9), 1132-1141.

Pope III, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K. ve Thurston, G. D., 2002, Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution, *Jama*, 287 (9), 1132-1141.

Qin, S., Liu, F., Wang, J. ve Sun, B., 2014, Analysis and forecasting of the particulate matter (PM) concentration levels over four major cities of China using hybrid models, *Atmospheric Environment*, 98, 665-675.

Ren, C. ve Tong, S., 2006, Temperature modifies the health effects of particulate matter in Brisbane, Australia, *International journal of biometeorology*, 51 (2), 87-96.

Singer, B.C., Coleman K.B, Destaillats H, Hodgson T.A, Lunden M.M, Weschler J.C ve W.W, N., 2006 Indoor secondary pollutants from cleaning product and air freshener use in the presence of ozone, *Atmospheric Environment*, *40*, 6696–6710.

Sofuoğlu, S. C. ve Sofuoğlu, A., 2011, İlköğretim okullarinda bina-içi çevresel kalite: İzmir çalişmasi sonuçlarinin değerlendirilmesi *x. ulusal tesisat mühendisliği kongresi Izmir*, 1751.

Song, P., Wanga, L., Hui, Y. ve Li, R., 2015, PM2. 5 Concentrations Indoors and Outdoors in Heavy Air Pollution Days in winter, *Procedia Engineering*, 121, 1902-1906.

Süren, P., 2007, Zonguldak kent merkezi atmosferik partikül madde kirliliğinin; PM2, 5 ve PM10 boyut dağılımı, kaynak ve metalik kompozisyon temelinde incelenmesi.

Taner, S., Pekey, B., Arslanbaş, D. ve Pekey, H., 2011, 9. Ulusal çevre mühendisliği kongresi restoranlarda farkli boyut araliklarindaki partikül madde konsantrasyonlarinin belirlenmesi,Samsun.

Thach, T. Q., Tsang, H., Cao, P. ve Ho, L. M., 2018, A novel method to construct an air quality index based on air pollution profiles, *International journal of hygiene and environmental health*, 221 (1), 17-26.

Thomson, G., Wilson, N. ve Howden-Chapman, P., 2006, Population level policy options for increasing the prevalence of smokefree homes, *Journal of Epidemiology & Community Health*, 60 (4), 298-304.

Turan, D., Kocahakimoğlu, C., Kavcar, P. ve Sofuoğlu, S., 2009, İlköğretim Okullarında Bina-İçi Hava Kalitesi ile İlgili Sağlık Semptomlarının Yaygınlığı, *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı*, 707-714.

URL1, Particulate Matter.www.epa.gov/particles [14.11.2008].

URL2, Agency, U.E.P. Smoke-free Homes, http://www.epa.gov/smokefree/healtheffects.html#What: [19.07.2014].

URL3, rganization, W.H. Tobacco Free Initiative. Protection from exposure to second-hand tobacco smoke., http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241563413_eng.pdf?ua=1.: [19.07.2014].

URL4, World Health Organization, Turkey – a model of success in tobacco control.;, http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/tobacco/news/news/2013/06/turkey-a-model-of-success-in-tobacco-control: [03-06-2013].

URL5, EPA, U. Research and Development, Indoor Air Facts No. 4 (revised) Sick Building Syndrome, http://www.epa.gov/iaq/pdfs/sick_building_factsheet.pdf,: [04.04.2018].

URL6, International Monetary Fund (2018). Report for selected countries and subjects., http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2017/02/weodata/weorept.
aspx.: [8 May 2018].

URL7, kent rehberi, https://kentrehberi.konya.bel.tr/#/rehber [27-12-2018].

URL8, golden software products, https://www.goldensoftware.com/products: [23-12-2018].

Vural, S. M. ve Balanlı, A., 2005, Yapi ürünü kaynakli iç hava kirliliği ve risk değerlendirmede ön araştirma, *megaron/yıldız technıcal unıversıty, faculty of archıtecture e-journal*, 1 (1), 28-39.

WHO, 2013, World Health Organization (2013). Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: Technical ReportCopenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe., http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAPFinal-technical-report.pdf.:

Xu, Y., Raja, S., Ferro, A. R., Jaques, P. A., Hopke, P. K., Gressani, C. ve Wetzel, L. E., 2010, Effectiveness of heating, ventilation and air conditioning system with HEPA filter unit on indoor air quality and asthmatic children's health, *Building and Environment*, 45 (2), 330-337.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mina Naseer QASIM
Uyruğu : Irak
Doğum Yeri ve Tarihi : 17-07-1994 Kerkük
Telefon : 05349171985
Faks : 03322410635
E-Posta : mineenviro@gmail.com

EĞİTİM

Derece		Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	:	**AL-yakdha kız lisesi**	**Arafa**	**Kerkük**	**2012**
Üniversite	:	**Tikrit Üniversitesi**	**Tikrit**	**Tikrit**	**2016**
Yüksek Lisans	:	**Şelçuk Üniversitesi**	**Selçuklu**	**Konya**	**2019**
Doktora	:				

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi

UZMANLIK ALANI **Çevre Mühendisi**

YABANCI DİLLER **Arapça, İnglizce**

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

Qasım M., Dursun Ş., (2019) Measurements of Ambient Particle Material Level in Shopping Centers in Konya City. *Int. J. of Environmental Pollution & Environmental Modelling*, Vol. 2(1): 37-43.