

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİNDE MEKANİK
HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN ETKİSİ VE
ENDÜSTRİYEL BİR UYGULAMA**

Betül YEMŞEN

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali GÜNGÖR

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 29/12/2016


Bornova-İZMİR

2016

Betül YEMŞEN tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “İç Ortam Hava Kalitesinin İyileştirilmesinde Mekanik Havalandırma Sistemlerinin Etkisi ve Endüstriyel Bir Uygulama” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 29/12/2016.tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı :Prof Dr. Ali GÜNGÖR
Raportör Üye :Doç. Dr. Hüseyin GÜNERHAN
Üye :Prof.Dr. Aytunç EREK

İmza


EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “İç Ortam Hava Kalitesinin İyileştirilmesinde Mekanik Havalandırma Sistemlerinin Etkisi ve Endüstriyel Bir Uygulama” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

29 / 12 / 2016

Betül YEMŞEN

ÖZET**İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNDE
MEKANİK HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN ETKİSİ VE
ENDÜSTRİYEL BİR UYGULAMA**

YEMŞEN, Betül

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali GÜNGÖR

Aralık 2016, 78 sayfa

Bu tezde iç ortam hava kalitesi ve standartları detaylarıyla incelenmiş ve iç ortam hava kalitesini belirleyen parametreler anlaşılmıştır. Mekanik havalandırma tesisatının iç ortam hava kalitesine etkisi, endüstride yapılan bir uygulama ile ortaya konulmuştur.

Havalandırma tesisatına sahip olmayan endüstriyel bir yapıda gerekli iç ortam kirleticilerinin yapılan işin çeşidine göre belirlenmiş ve ölçümleri belirlenen zamanlarda, belirlenen noktalardan yapılmıştır.

Yapıda havalandırma tesisatının kurulumu ile ortam havasında iyileştirme gerçekleşmiştir. Gerçekleşen bu iyileştirme, kurulan havalandırma tesisatı sonrasında fabrikanın belirlenen noktalarından yine aynı ölçümler yapılarak desteklenmiştir. Bu şekilde havalandırma tesisatının endüstriyel ortamlardaki iç hava kalitesinin iyileştirmeye olan etkisi grafiklerle ortaya konulmuştur.

Anahtar sözcükler: İç ortam hava kalitesi, Mekanik havalandırma, İç ortam kirleticileri.

ABSTRACT**THE EFFECT OF IMPROVEMENT ON THE INDOOR AIR
QUALITY OF MECHANICAL VENTILATION SYSTEMS AND A
SAMPLE APPLICATION IN INDUSTRY**

YEMŞEN, Betül

MSc in Mechanical Eng.

Supervisor: Prof. Dr. Ali GÜNGÖR

December 2016, 78 pages

In this thesis indoor air quality and standards were examined in detail and parameters affecting indoor air quality has been demonstrated. The effect of the mechanical ventilation system on the indoor air quality is demonstrated by an industrial application.

Ventilation systems with non-industrial buildings determined according to the type of work performed and the required indoor pollution measurements in the specified time, it is made from specified points.

With the installation of the ventilation system improvements were realized in the factory air indoors. Realized this improvement, the factory was established after the specified point ventilation system is supported also by making the same measurements. The effect of this way of ventilation systems to improve indoor air quality in industrial environments has been demonstrated by numerical analysis.

Keywords: Indoor Air quality, Mechanical ventilation, Indoor pollutants.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince kıymetli görüşlerinden yararlandığım ve yakın ilgisini esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Ali GÜNGÖR'e, tüm yüksek lisans dönemim boyunca desteğini esirgemeyen eşim Celaleddin YEMŞEN'e ve bu güne gelmemde büyük emekleri olan en büyük destekçim annem Elif AĞCA ve babam Ömer Faruk AĞCA'ya, teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xx
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	2
3. İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ	5
3.1 İç Ortam Hava Kalitesinin Tarihçesi	6
3.2 İç Ortam Hava Kalitesinin Standartları	8
3.3 İç Ortam Hava Kalitesi Kirleticileri, Kaynakları ve İnsan Sağlığına Etkisi ..	10
3.3.1 Gaz kirleticiler	12
3.3.2 Toz kirleticiler	16
3.3.3 Sıcaklık ve bağıl nem	20

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.4 İç Ortam Hava Kirleticilerinin Sağlık ve Konfor Üzerine Olumsuz Etkileri .20	
3.4.1 Hasta bina sendromu..... 22	
3.5 İç Ortam Hava Kalitesinin Çalışanların Verimliliğine Etkisi 23	
3.6 İç Ortam Hava Kalitesinin İyileştirilmesinde Havalandırmanın Önemi..... 23	
4. MATERYAL ve YÖNTEM 26	
4.1 Tesisin Tanıtımı ve Ölçüm Noktaları 26	
4.2 Ölçüm Cihazlarının Özellikleri 31	
4.2.1 IAQRAE (Indoor air quality monitor) cihazının teknik özellikleri 32	
4.2.2 Buck Libra plus Lp-5 cihazının teknik özellikleri 33	
4.2.3 Sidepak am510 cihazının teknik özellikleri 33	
4.2.4 Delta-ohm marka hd32.3 cihazının teknik özellikleri..... 34	
5. BULGULAR 36	
5.1 Mekanik Havalandırma Sisteminin Uygulanması 36	
5.2 PM _{2.5} Ölçüm Sonuçları 41	
5.3 VOC (Uçucu Organik Bileşikler) Ölçümü 54	
5.3.1 Tesiste iç ortam hava kalitesine etki eden uçucu organik bileşikler 54	

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5.3.2 VOC ölçüm sonuçları	55
5.4 CO ₂ Ölçüm Sonuçları	63
5.5 Sıcaklık ve Bağıl Nem Ölçüm Sonuçları	66
6. SONUÇ ve TARTIŞMA	72
7. ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR DİZİNİ	74
ÖZGEÇMİŞ	77
EKLER

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Partikül maddelerin akciğer üzerinde verdiği hasar	18
3.2 Tipik havalandırma sistemi bileşenleri	24
4.1 Fabrikanın yerleşim planı ve VOC ve CO ₂ ölçüm noktaları	28
4.2 Fabrikanın yerleşim planı ve PM _{2.5} ölçüm noktaları	29
4.3 Fabrika yerleşim planı ve sıcaklık, bağıl nem ölçüm noktaları	30
4.4 Fabrikanın yerleşim planı ve hava akım hızı ölçüm noktaları	31
4.5 IAQRAE (indoor air quality monitor) cihazı	32
4.6 Buck libra plus lp-5 cihazı	33
4.7 Sidepak am510 cihazı	34
4.8 Delta-ohm marka hd32.3 cihazı	35
5.1 Mekanik havalandırma sisteminin projelendirilmesi-1	37
5.2 Mekanik havalandırma sisteminin projelendirilmesi-2	38
5.3 Mekanik havalandırma sisteminin projelendirilmesi-3	39
5.4 Matbaa bölümü 1.nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi ..	41

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.5 Matbaa bölümü 2. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi	42
5.6 Matbaa bölümü 3. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi	43
5.7 Matbaa bölümü 4. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi	43
5.8 Matbaa bölümü 5. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi	44
5.9 Matbaa bölümü 6. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi	45
5.10 Kesim bölümü 7. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi	45
5.11 Kesim bölümü 8. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi	46
5.12 Kesim bölümü 9. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi	47
5.13 Kesim bölümü 10. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi	47
5.14 Kesim bölümü 11. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi	48
5.15 Kesim bölümü 12. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi	48
5.16 Ekstrüder bölümü 13. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi ..	49
5.17 Ekstrüder bölümü 14. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi ..	49
5.18 Ekstrüder bölümü 15. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi ..	50
5.19 Ekstrüder bölümü 16. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi ..	50

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.20 Ekstrüder bölümü 17. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi ...	51
5.21 Ekstrüder bölümü 18. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi ..	51
5.22 Ekstrüder bölümü 19. ve 20. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi	52
5.23 Ofis bölümü 21. nokta PM _{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi	52
5.24 Ekstrüder bölümünde 1. ölçüm noktasında, 1, 2,3- trichlorobenzene konsantrasyon değişimi	56
5.25 Ekstrüder bölümünde 1. ölçüm noktasında, ethylacetate konsantrasyon değişimi	56
5.26 Ekstrüder bölümünde 2. ölçüm noktasında, 1,1,1 -trichloroethane konsantrasyon değişimi	57
5.27 Ekstrüder bölümünde 2. ölçüm noktasında, 1,2,3 trichlorobenzene konsantrasyon değişimi	58
5.28 Ekstrüder bölümünde 2. ölçüm noktasında, ethylacetate konsantrasyon değişimi	58

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.29 Matbaa bölümünde 3. ölçüm noktasında, ethylacetate konsantrasyon değişimi	59
5.30 Matbaa bölümünde 4. ölçüm noktasında, 1,2,3-trichlorobenzene konsantrasyon değişimi	60
5.31 Matbaa bölümünde 4. ölçüm noktasında, ethylacetate konsantrasyon değişimi	60
5.32 Matbaa bölümünde 5. ölçüm noktasında, 1,2,3-trichlorobenzene konsantrasyon değişimi	61
5.33 Matbaa bölümünde 5. ölçüm noktasında, ethylacetate konsantrasyon değişimi	61
5.34 Ekstrüder bölümünde 1. ölçüm noktasında, CO ₂ konsantrasyon değişimi	63
5.35 Ekstrüder bölümünde 2. ölçüm noktasında, CO ₂ konsantrasyon değişimi	64
5.36 Matbaa bölümünde 3.,4.ve 5. ölçüm noktasında, CO ₂ konsantrasyon değişimi	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Ortam kirleticileri ve standart değerleri	9
3.2 İç hava kalitesi ile ilgili standartlarda önerilen sınır değerler	9
3.3 İç ortam hava kirleticileri ve kaynakları	11
3.4 Şekillerine göre partiküller.....	17
3.5 Hava kalitesi için geliştirilen değerler ve renkler kategorisi.....	19
3.6 Orta ve yüksek kalite IAQ	25
4.1 Ölçüm noktaları ve ölçüm tarihleri	27
5.1 Fabrikada 7 noktada yapılan hava akım ölçüm sonuçları	40
5.2 Fabrika üretim alanında tüm ölçüm noktalarındaki izolasyon öncesi ve izolasyon sonrası ortalama PM _{2,5} konsantrasyonları	53
5.3 Fabrika matbaa bölümü ve ekstrüder bölümü ölçüm noktalarındaki izolasyon öncesi ve izolasyon sonrası ortalama voc konsantrasyonları.....	62
5.4 Fabrika matbaa bölümü ve ekstrüder bölümü ölçüm noktalarındaki izolasyon öncesi ve izolasyon sonrası ortalama co ₂ konsantrasyonları.....	66
5.5 Kesim makinelerinin bulunduğu 1. ölçüm noktasında sıcaklık ve nem değerleri.....	66

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.6 Kesim makinelerinin bulunduğu 2. ölçüm noktasında sıcaklık ve nem değerleri.....	67
5.7 Ekstrüzyon film makinelerinin bulunduğu 3. ölçüm noktasında sıcaklık ve nem değerleri	68
5.8 Matbaa makinelerinin bulunduğu 4. ölçüm noktasında sıcaklık ve nem değerleri	68
5.9 Yumuşak sap makinesinin bulunduğu 5. ölçüm noktasında sıcaklık ve nem değerleri	69
5.10 PMV ve PPD değerlerinin karşılaştırma indeksleri	70

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
<i>PM_{2.5}</i>	Çapı 2,5 mikron ve altında olan partiküller
<i>PM</i>	Havada asılı solunabilen parçacıklar
<i>PM₁₀</i>	Çapı 10 mikron ve altında olan partiküller
<i>PM₁</i>	Çapı 1 mikron ve altında olan partiküller
<i>CO</i>	Karbonmonoksit
<i>CO₂</i>	Karbondioksit
<i>NO_x</i>	Azotoksitler
<i>NO₂</i>	Azotdioksit
<i>O₂</i>	Oksijen
<i>SO_x</i>	Kükürtoksitler
<i>SO₂</i>	Kükürtdioksit
<i>VOC</i>	Uçucu organik moleküller
<i>Cr</i>	Krom
<i>Cd</i>	Kadmiyum
<i>Cu</i>	Bakır
<i>As</i>	Arsenik

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
<i>Pb</i>	Kurşun
<i>Se</i>	Selenyum
<i>Al</i>	Aliminyum
<i>Zn</i>	Çinko
<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
USEPA/EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
SBS	Hasta Bina Sendromu
ASHRAE	Amerika Isıtma, Soğutma ve iklimlendirme Kurumu
NIOSH	İş Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü
OSHA	İşçi Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi
IAQRAE	İç ortam hava kalitesi monitörü
PMV	Tahmin Edilen Ortalama Değer
PPD	Tahmin Edilen Doyumsuzluk İndeksi
WBGT	Yaş Hazne Küre Sıcaklık
ACGIH	Amerika Devleti Endüstriyel Hijyen Konferansı
HKDY	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetim Yönetmeliği

1. GİRİŞ

Endüstriyel ortamlarda iç ortam hava kalitesinin önemi günümüzde gittikçe artmaktadır. İç ortam hava kalitesi, özellikle çalışan verimliliğini temelde etkileyen faktörlerden bir tanesidir. Şöyle ki fabrikalarda makinelerin çıkardığı toz, gaz, duman, vb. kirletici etkiler iç ortam hava kalitesini düşürmektedir. Bunun önüne geçmek iyi bir havalandırma tesisatıyla mümkün olabilir. Endüstride havalandırma tesisatı olmadan çalışmalarını sürdüren birçok fabrika vardır. Bu fabrikalarda iç ortam hava kalitesinin kötü durumda olması, çalışanların çalışma verimlerini ve sağlıklarını etkilemektedir. Fabrikalarda çalışanlar, kötü iç ortam hava kalitesinde verimsiz bir iş çıkartacakları gibi çalışanların sağlıkları da bu durumdan kötü etkilenecektir. Bu çalışmanın amacı; iç ortam hava kalitesini havalandırma tesisatı vasıtasıyla iyileştirilmesi olacaktır. Endüstriyel ortamlarda etkili bir havalandırma sistemi olan mekanik havalandırma sistemlerinin ortam havasının iyileştirilmesine olan etkisi ortaya konulacaktır.

İç ortam kalitesini, ortamda bulunan partiküler madde $PM_{2.5}$, karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO_2), sıcaklık, azot oksitler (NO_x), oksijen miktarı (O_2), kükürt oksitler (SO_x), uçucu organik moleküller (VOC), çeşitli mikroorganizma ve alerjenler gibi fiziksel ve biyolojik etkenlerin varlığı etkilemektedir. Bir fabrikada iç ortam havasında bu kirleticilerin görülme oranı, üretimin türüne, kullanılan malzemeye, üretim içerisindeki harekete bağlı olarak değişir. Bu çalışmada iç ortam hava kalitesi ve standartları detaylarıyla incelenmiş, iç ortam hava kalitesini etkileyen parametreler ortaya konulmuştur. Endüstriyel bir binada (fabrikada) gerekli iç ortam kirleticilerinin ($PM_{2.5}$, VOC, CO_2 , sıcaklık ve nem) ölçümleri belirlenen zamanlarda, belirlenen noktalardan yapılmıştır. Sonraki aşamada fabrikada havalandırma tesisatının kurulumu ile ortam havasında iyileştirme gerçekleşmiştir. Gerçekleşen bu iyileştirme, kurulan havalandırma tesisatı sonrasında fabrikanın belirlenen noktalarından yine aynı ölçümler yapılarak desteklenmiştir. Bu şekilde havalandırma tesisatının endüstriyel ortamlardaki iç hava kalitesinin iyileştirme etkisi sayısal analizlerle sunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İç ortam hava kalitesinin tespitine yönelik yurtdışında birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların genel olarak evlerde, okullarda, hastanelerde ve ofislerde yapıldığı, endüstriyel ortamda iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik çok az çalışma ortaya konulduğu görülmektedir. Endüstriyel ortamlarda iç ortam hava kalitesinin tespitine yönelik çalışmalar şöyledir:

(Iavicoli et al., 2005) terephalicaciddimethyle ester üretim tesisinde solunan kimyasal kirleticiler ile ilgili altı çalışan üzerinde yaptıkları çalışmada üç kimyasal dışındaki maddelerin limit değerleri altında kaldığını saptamışlardır.

(Swan et al., 2002), yaptıkları çalışmada tekstil endüstrisinde çalışanların 400 EU/m³ hava değerine maruz kaldıklarını belirterek, fabrikalarda endotoksin konsantrasyonlarının sürekli takip edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

(Kuo et al., 2007) yaptıkları çalışmada alüminyum ergitme tesisinde proses boyunca yüksek miktarlarda Cr, Cd, Cu, As, Pb, Se, Al ve Zn tespit etmişlerdir. Tesiste ayrıca PM_{2.5} ölçümleri yapılmış ve bu ölçümlerin metal içeriklerine bakılmıştır. Tesiste tüm parametrelerin üretimin olmadığı zaman üretimin yoğun olduğu zamana göre kayda değer bir şekilde azaldığı görülmüştür.

(Caselli, 2008) gazete baskı merkezlerinde bir çalışma yapmıştır ve çalışmada gazete stantlarında tolüenin çok yüksek miktarlarda çıktığını bulmuştur.

(Hsu et al, 2008) fosfat üretim tesislerinde yaptıkları çalışmada, çalışanların üzerindeki etkilerin değerlendirilmesi amacıyla farklı boyutlarda PM örnekleri toplamışlar ve bu boyutlarda asidik içerik analizi yapmışlardır. Asit buharının büyük boyutlu PM içeriklerinde daha yoğun olduğunu saptamışlar ve PM'nin üst solunum yolunda çökerek kansere neden olabileceğini belirtmişlerdir.

(Sivulka et al., 2007) Nikel endüstrisinde işçilerin soludukları PM içeriğindeki Ni konsantrasyonu konusunda bir çalışma yapmışlardır. Bunun sonucunda solunabilir nikel konsantrasyonlarının sürekli takip edilmesi, özelliklerinin belirlenmesi ve limit değerlerinin oluşturulması gerektiği sonucuna varılmıştır.

(Giulioi et al., 2010) İtalya'da yaptıkları bir çalışmada mikrobiyal hava kirliliğinin 6 ay boyunca üniversitenin 3 bloğunda ayrı ayrı ölçümlerini yapmışlardır. Sonuçta ılık aylarda (Nisan-Haziran) mikrobiyal hava kirleticilerinin yüksek, soğuk aylarda ise (Ekim-Aralık) düşük çıktığını saptamışlardır. Bununla

birlikte bu çalışmada yüksek sıcaklık ve bağıl nemin mikrobiyolojik çoğalmayı arttırdığı sonucuna varılmıştır.

(Kavgic et al., 2007) Belgrat da mekanik havalandırma sistemi olan bir tiyatrodaki termal konfor ve iç ortam hava kalitesinin analizini yapmışlardır. Tiyatroda bulunan mekanik havalandırma sisteminin aşırı enerji tükettiğini gözlemişler ve havalandırma tesisatına yapılacak olan CO₂ kumandasının enerji tüketimine yönelik kazanç sağlayacağı sonucuna varmışlardır. Ayrıca bilindiğinin aksine soğuk hava akımının tiyatrodaki insanlar üzerinde olumsuz bir etki yarattığı ve insanların bu durumdan şikayetçi olduklarını saptamışlardır. Havalandırma sistemlerinin kabul edilebilir bir iç ortam hava kalitesini sağlamada etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

İç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik Türkiye’de çok fazla çalışma yapılmamıştır. Çalışmaların birçoğu iç ortam hava kalitesinin tespitine, hava kirliliğinin tanımına, kirleticilerin sağlık etkilerine ve korunma önlemlerine yönelik olmuştur. Ancak iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmamıştır.

(Kurutaş, 2009) tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinde, üç vardiya çalışan bir metal endüstrisinin soğuk şekillendirme bölümünde her vardiyada CO₂, CO, PM_{2.5} ve VOC ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerde üretimin yoğun ve az olduğu zamanlara göre değişiklikler saptanmıştır. Sonrasında imalat makinelerinin tamamının etrafı çelik sac levha ile kapatılmıştır. İzolasyon sisteminden önce ölçülen değerlerin izolasyon sistemi yapıldıktan sonra 8 kat düştüğü gözlenmiştir. Bu düşüş izolasyon yapılan makinelerle aynı bölümde olmayan diğer bölümlerde de gözlenmiştir.

(Bulut, 2007) tarafından Şanlıurfa’da doğal havalandırmalı bir evde iç ortam hava kalitesi parametrelerinin (sıcaklık, bağıl nem CO₂ ve PM) ölçümleri yapılmıştır. Dış ortamda da yine aynı parametrelerin ölçümleri yapılarak, iç ve dış ortam arasında karşılaştırma yapılmıştır. Sonucunda iç ortamdaki halı, mobilya ve insan gibi iç ortam hava kalitesinin bozulmasında rol oynadığını belirtmiştir. Kapı ve pencerelerden sızan hava miktarlarının iç ortam hava kalitesini artırmaya yeterli olmadığı tespit edilmiştir.

(Çoşgun, 2012) tarafından yapılan doktora tezinde Türkiye’de Antalya ilinde bulunan Akdeniz Üniversitesinde Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu derslikleriyle (atölye, laboratuvar, sınıf), Antalya ilinde Antalya Büyükşehir Belediyesi tarafından yeni yapılan hafif raylı metro (Antray) ile Antalya Büyükşehir belediyesine ait, şehir içi otobüslerinde iç hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Sonucunda sıcaklık, bağıl nem, PM, CO₂ değerlerinin standartlarda belirtilen değerlerin çok üzerinde çıktığını belirtmiş ve havalandırma sisteminin

uygun olarak tasarlanması, işletilmesi ve bakımlarının tam ve zamanında yapılmasını önerileri arasında yer almıştır.

(Onat ve Şahin, 2008) tarafından yapılan bir çalışmada İstanbul metrosunda tren içi ve peronlarında PM konsantrasyonu ve metal içeriğinin ölçümü yapılmıştır. Aksaray-Havalimanı hattında ortalama 50-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve Taksim- 4. Levent hattında 100-200 50-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerleri tespit edilmiştir. Sonuçlar genel olarak WHO ve EPA PM standart değerlerinin altında bulunmuştur.

(Bulut, 2011) tarafından hazırlanan havalandırma ve iç hava kalitesi açısından CO₂ miktarının analizi adlı bildiriye, kabul edilebilir iç hava kalitesi oluşturmak için CO₂ hissedicileri iklimlendirme ve havalandırma sistemlerinde kullanılarak, gerekli temiz dış hava iç ortama sevk edilerek ihtiyaca dayalı havalandırma yapılmakta ve enerji tasarrufu sağlanmakta olduğu belirtilerek konut, ofis, derslik gibi değişik ortamlarda CO₂ miktarı ölçümü alınarak, iç hava kalitesi ve havalandırma açısından analizler yapmıştır. CO₂ miktarının ortamdaki değişimi, kişi sayısı, sıcaklık ve bağıl nem gibi diğer iç hava kalitesi parametreleri ile birlikte incelenmiştir. CO₂ miktarının havalandırma için yeterli bir parametre olduğu, CO₂ miktarına göre havalandırma miktarlarının belirlenerek CO₂ miktarına göre havalandırma yapıldığında enerji tasarrufu sağlanacağı görülmüştür. Doğal havalandırmanın ise iç ortam hava kalitesine katkı sağlamadığı görülmüştür. Sonuç olarak kaliteli bir iç ortam havası için mahallerde CO₂'e bağlı olarak havalandırma sistemlerinin kurulması gerektiğini ve havalandırma sistemlerinde filtrasyonun (hava temizliğinin) iyi yapılması gerektiğini ortaya koymuştur.

3. İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ

Sağlıklı bir iç hava kalitesi; içinde, bilinen kirleticilerin, zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların en az %80'inin, havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği hava olarak tanımlanmaktadır. (EPA, 1997)

İnsanlar yaşadıkları ortamda soludukları havanın taze ve temiz olmasının yanı sıra sağlığı tehdit etmeyecek nitelikte olmasını da isterler. İdeal bir iç ortam hava kalitesi; rahatsızlık, konforsuzluk hissi ve sağlık sorunlarına neden olmayan havanın niteliği olarak da açıklanmaktadır. (Hansen, 1999)

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) "Sağlıklı İç Ortam Havası Hakkı" (WHO, 2000) adlı bir rapor yayımlamıştır. Sağlıklı iç ortam havasının tanımı ise, 'sadece hastalıkların bulunmaması değil insanların kendilerini tam bir rahatlık içinde hissetme hali' biçiminde yapılmıştır. Bu temelde, sağlıklı iç mahal havası; hastalık riski taşımayan ve içerideki bütün insanlar için rahatlık sağlayan hava olarak tanımlanabilir. Bu ideal gereksinim, bugünün gerçek binalarında sergilenenden çok uzaktır. Dünyanın değişik bölgelerinde içlerinde binlerce insanın çalıştığı yüzlerce binada yapılan birçok kapsamlı alan çalışması, Hasta Bina Sendromunu (SBS) ve birçok binada iç mahalden duyulan rahatsızlığı belgelemiştir. (Fanger) Çeşitli çalışmalar gösteriyor ki yüksek konsantrasyonlarda ki mikrobiyal hava kirliliği diğer biyolojik olmayan faktörlerle birleşince bulaşıcı hastalıklar, alerjik ve tahriş edici solunum gibi sorunlar hatta göz, burun, boğaz, derinin tahrişi, baş ağrısı, yorgunluk semptomları olan hasta bina sendromuna yol açabilir. (Burge 2004; Górný 2004; Tsaiand Macher 2005)

İç hava kalitesi havadaki, insanın rahatlık ve sağlığını etkileyen tüm noktaları kapsar. Farklı ve düzeyleri sürekli değişen bir takım etkenlerin etkileşimi sonucu oluşmasından dolayı tam olarak tanımlanamayan iç hava kalitesi genel olarak "Normal koşullarda belli karışımlara sahip olan ve içinde insan sağlığı için zararlı madde içermeyen hava" olarak tanımlanmaktadır. ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning) 62-1989 ve 2001 standardı ise "kabul edilebilir iç hava kalitesi" olarak isimlendirdiği iç hava kalitesini, "içinde, bilinen kirleticilerin konsantrasyonlarının, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı düzeylerde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların %80 veya daha üzerindeki oranın havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır" şeklinde açıklamaktadır. (Kurutaş, 2009)

Yaşam şeklindeki ve iş ortamındaki temel değişiklikler iç ortam hava kalitesi üzerinde önemli etkiler yaratır. Yüksek kaliteli binaların önemli tasarım faktörlerinden bir tanesi de iç ortam hava kalitesidir. Ayrıca havalandırma

sistemlerindeki yenilikler, insan sağlığına, konforuna katkı sağlayacak enerji verimliliğini artırmak için teknolojik çözüm olarak görölür. Ancak sağlıklı binalar yaratmak ile enerji tüketimini azaltmak arasında bir çatışma mevcuttur. (Kavgic, 2008) Ticari bina inşaatlarında sentetik yapı malzemeleri, merkezi ısıtma, havalandırma ve klima sistemleri, sofistike bakım gerektiren sistemler ve mühürlü pencereler olmak üzere daha fazla enerji verimli binalara bir yönelme vardır. Mobilyalar, temizlik maddeleri, boya, kişisel ürünler, pestisitler, halılar, deodorantlar az ya da çok ölçüde iç ortam hava kalitesinin bozulmasında rol oynarlar.

Yapılan birçok araştırmada i ortamdaki kirleticilerin seviyesinin, dış ortama göre daha yüksek olduğu görölmüştür. (Montgomery, 1988) ABD evre Koruma Ajansı (EPA) tarafından ölçümü yapılan iç ortam uçucu organik bileşik (VOC) düzeylerinin dış ortamdakilere göre daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Bu seviyeler i ortamlarda çok değişken olmakla birlikte bireysel kaynaklardan ve kaynaklara yakın havalandırma verimlerinden etkilenir. (Ellen et al., 2006)

Günümüzde sıcaklık ve nem gibi değerlerin kontrol edildiği "konfor" ile birlikte, iç hava kalitesinin de kontrol edildiği "sağlık" daha önemli olmaktadır. İç hava kalitesi, iç ortam havasının temizliği ile ilgili olup karmaşık bir yapıya sahiptir. İç hava kalitesi havadaki, insanın rahatlık ve sağlığını etkileyen ısı olmayan tüm noktaları kapsar. (Schramek, 1999)

İç ortamda harcanan zamanın yoğunluğu ve kirlilik seviyesine bağlı olarak insanların solunum yolu ile aldıkları bu hava sağlık üzerine olumsuz etkiler taşımaktadır. (Kayhan)

Geçmişte, kapalı ortamda bulunmanın, insanı dış ortamdaki kirli havadan koruduğuna dair bir görüş bulunmaktaydı. Ancak yapılan çalışmalar, insanların uzun vadede iç ortam havasından etkilendiğini ve kirleticilerin önemli sağlık sorunlarına neden olduğunu göstermiştir. Özellikle 1980'li yıllarda yapılan çalışmalarla kapalı ortam havasının yapı ve temizlik malzemeleri, boya maddeleri ve ısınma sonucu ortaya çıkan atıklar nedeni ile insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri fark edilmiştir. 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizi sonrası enerji tasarrufu nedeni ile bina havalandırma ve klima sistemlerinin yarı kapasite ile çalıştırılması kapalı ortam havasına bağlı sağlık sorunlarının ortaya çıkmasını kolaylaştırmıştır. (Soysal ve diğ., 2007)

3.1. İç Ortam Hava Kalitesinin Tarihçesi

İnsanın kökeni tropikal veya tropikal yakınındaki bölgelerden gelir. Soğuk iklimlerde sadece giyim, konut ve ateşi kullanma gibi buluşlar mümkün olmuştur.

(Sundell, 1994). Ancak evlerde ve barınaklarda sadece termal iklim değişmez. İklim kabuğu serbest hava hareketini durdurur. Birçok gelişmekte olan bölgede bina malzemeleri, kapalı faaliyetler, aktiviteler vb. dış ortam havasına göre iç ortam hava kirletici ana kaynaklarıdır. Bu havalandırma ihtiyacının ve iç ortam hava kalitesinin tartışılmasına sebep olan unsurlardan biridir. Tarih boyunca geçmişte birçok kişi kirli havanın sağlığı tehdit ettiğini biliyordu. Romalılar ve Yunanlılar kalabalık şehirlerde kirli havanın olumsuz etkilerinin farkındaydılar. (Sundell, 2004)

1800'lü yıllardaki genel düşünce nefes almak, kalbi soğutmanın bir yoluydu. Hava maddesi gerekli değildi o sadece serinlikti. Fakat süresi dolan havanın yenilenene kadar solumak için elverişsiz olduğu kabul edilebilir bir bilgiydi. (Wargentın, 1717– 1783). Nefesin gizemi, Priestley'in oksijeni, (1733– 1804), Vonscheele (1742–1786) and Lavoisier (1743– 1794)'nin havanın en az iki gazdan meydana geldiğini keşfetmesine kadar çözülemedi. 100 yıl önce (1677) de Boyle (1627–1691) ve Hooke (1635–1703)'un akciğerlerin yaşam için havaya ihtiyacı olduğunu ve Mayow (1643–1678)'un akciğerlerde solunan hava ve vücut arasında bir değişim olduğunu keşfetmesine rağmen, Lavoisier(1781) nefeste oksijenin rolüne işaret etmiştir. Lavoisier'ın (1781) deki çalışması insan metabolizmasını, karbondioksit salınımı ve oksijen tüketimi arasındaki ilişkiyi anlatmada oldukça önemlidir. (Sundell, 2004)

New Yorklu cerrah John Griscom, kalabalık yerlerde olduğu bilinen tüberküloz ve diğer hastalıkların taze havaya ihtiyaç duyduğunu belirterek yatak odalarının ve yurtların eksik havalandırmasının diğer bütün nedenlere nazaran daha ölümcül olduğunu ortaya koymuştur. (Griscom, 1850; from Sundell, 2004)

Pettenkofer (1818–1901) 1847'de Münih'te hijyen konuları ile ders vermeye başlamıştır. Ve 1853'de hijyen konusunda profesör olduğunda, iç ortam hava kalitesizliğine etki eden parametrelerin sadece CO₂, sıcaklık ve nem olmadığını kaydetti. Organik madde miktarlarında ciltten veya nefesle akciğerlere geçebiliyordu. Pettenkofer (1818–1901) kötü iç ortam hava koşullarının insanları hasta etmeyeceğini fakat bu havanın insan direncinin hastalığa neden olan virüslerle karşı karşıya olacağını belirtti. (Sundell, 2004)

Pettenkofer havada bulunan CO₂ konsantrasyonunun 1000 p.p.m 'den yüksek olduğu takdirde nefes almak için uygun bir hava olmadığını ve uygun iç ortam hava kalitesinin, bir insanın uzun süre bulunduğu odada CO₂ konsantrasyonunun 700 p.p.mi geçmeden konforlu bir şekilde oturduğu alan olarak belirtmiştir. (Sundell, 2004)

Fanger kirlilik kaynaklarının kişilerin yanı sıra bina malzemeleri, halılar, bilgisayarlar, havalandırmanın etkisi ve iç ortam nem etkisinin olduğunu

vurgulamıştır. (Fang et al., 1999; Wargoeki et al., 1999; Wargoeki et al., 2000 from Sundell, 2004)

3.2. İç Ortam Hava Kalitesinin Standartları

Türkiye’de iç hava kalitesi ile ilgili çalışmalar Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı’na bağlı 2001 yılından beri İş Sağlığı ve Güvenliği merkezi tarafından yapılmaktadır. Ancak Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının bu zamana kadar iç ortam hava kalitesi değerleri ile ilgili çıkarmış olduğu yönetmelik ve kanun yoktur.

Hava kalitesi standartları konusunda da Türkiye’de 2872 sayılı, 9 Ağustos 1983 kabul tarihli Çevre Kanunu’na dayanılarak 02.11.1986 tarihinde Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) uygulamaya konmuştur. Avrupa Birliği uyum sürecinde yapılan çalışmalar neticesinde Çevre ve Orman Bakanlığı Hava Kalitesinin Korunması amacı ile bu yönetmeliği 3 farklı yönetmelik olarak düzenlemiş ve yürürlüğe koymuştur. Bunlar, 7 Ekim 2004 tarih, 25606 sayı ile “Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği” ve 13 Ocak 2005 tarih, 25699 sayı ile "Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği" ve 6 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayı ile “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği olarak yayınlanan yönetmeliklerdir. HKDY’ inde hava kalitesi sınır değerleri, uzun vadeli sınır değerler ve kısa vadeli sınır değerler olmak üzere iki şekilde tanımlanmaktadır. Uzun vadeli sınır değerler, hava kirleticilerin düşük miktarlarının uzun sürede solunmasıyla ortaya çıkan kronik etkiler için verilen üst sınır değerleri göstermektedir ve “1 yıl süre boyunca yapılan ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan ve alınmaması gereken değer” olarak tanımlanmaktadır. Kısa vadeli sınır değerler ise, kısa sürede hava kirleticilerin yüksek konsantrasyonlarının solunmasıyla ortaya çıkan kısa süreli akut etkiler için belirtilen sınır değerleri göstermektedir ve “maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları, sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının %95’ini aşmaması gereken değerler” olarak tanımlanır. PM_{2,5} hava kirleticisi için yönetmelikte henüz bir standart mevcut olmayıp PM₁₀ için standart değer mevcuttur. (Kurutaş, 2009)

Uluslar arası ve Türkiye’de hava kalitesi konusunda yayınlanmış olan standartlar Çizelge 3.1’de verilmiştir. (Kurutaş, 2009)

Çizelge 3.1. Ortam kirleticileri ve standart değerleri.

Parametreler	US EPA	WHO	HKDY
CO	9 (ppm)	9 (ppm)	Geçiş Dönemi 30 mg/m ³ 2014 yılı sonrası 10 mg/m ³
CO ₂	1000 (ppm)	1000 (ppm)	
Ozon	0,05 (ppm)	0,12 (ppm)	2022 yılı sonrası 120 mg/m ³
SO ₂	70 (ppm)	70 (ppm)	Geçiş Dönemi 400 mg/m ³ 2014 yılı sonrası 200 mg/m ³
VOC	3 (ppm)	1-3 (ppm)	
Sıcaklık	22.5-25.5 (°C)	22.5-25.5 (°C)	
Nem	< 70	< 70	
PM 10	150 mg/m ³	150 mg/m ³	Geçiş dönemi 300 mg/m ³ 2014 yılı sonrası 90 mg/m ³
PM 2.5	35 mg/m ³	-	

2009' da Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Küresel Sağlık risklerini raporladı. Ölüm oranı ve hastalık yükü büyük risklerin başında gelir. Bu raporda iç ortam hava kirliliğinin küresel hastalık yükünün %2,7'sinden sorumlu olduğu belirtildi. (Norhidayaha at all., 2013)

Çizelge 3.2'de iç ortam hava kalitesi ile ilgili değişik ülkelere ait standartların karşılaştırılması verilmiştir. (Bulut, 2007)

Çizelge 3.2. İç hava kalitesi ile ilgili standartlarda önerilen sınır değerler.

	CO ₂	Partikül Madde	Bağıl Nem	Sıcaklık
ABD ASHRAE	1000 ppm	PM<75 mg/m ³ (yıllık ortalama)	%30-60	20-25.5 °C
ABD EPA/NAAQS		50 gr/m ³ (1 yıl)		
ABD NIOSH	5000 ppm-30 000 ppm-15 dk			
ABD OSHA	10000 ppm-30 000 ppm-15 dk	5 mg/m ³ (saat) solunabilir toz		
ABD ACGIH	5000 ppm 9000 ppm-15 dk	3 mg/m ³ (8 saat)		
Almanya MAK	5000 ppm		%30-70	20-26 °C

	9000 ppm-15 dk			
Kanada	3500 ppm	PM _{2.5} <40 mg/m ³ (8saat) 100 mg/m ³ (1 saat)	%30-80 (yaz) %30-55 (kış)	
Çin		PM ₁₀ <150 mg/m ³		
WHO		PM ₁₀ <20 mg/m ³ (yıllık ortalama) PM ₁₀ <50 mg/m ³ (24 saat)		
İngiltere		PM ₁₀ <50 mg/m ³		
Norveç		PM _{2.5} <20 mg/m ³		
Avrupa Birliği		PM _{2.5} <35 mg/m ³		
Hong Kong	800 ppm (1. düzey) 1000 ppm (2. düzey)	PM ₁₀ <20 mg/m ³ (1.düzyey) PM ₁₀ <180 mg/m ³ (2. düzey) (8 saat ortalama)	%40-70	20- 25.5 °C

3.3. İç Ortam Hava Kalitesi Kirleticileri, Kaynakları ve İnsan Sağlığına Etkileri

İç ortam hava kalitesi insan sağlığını kirleticilere bağlı olarak birçok yoldan etkiler. İnsan vücudunu etkileyen binlerce yüksek konsantrasyonlarda iç ortam hava kirleticisi vardır. Burroughs and Hansen (2008) kirleticileri iki grupta toplamıştır. Bunlar katı ve sıvı kirletici içeren partiküller, gazlar ve buharlardır. Bu sınıflandırmaya göre, partiküller sigara dumanı, asbest lifleri, alerjenler ve patojenleri içerir. Diğer yandan gazlar ve buharlar karbon monoksit (CO), radon, formaldehit ve diğer uçucu organik bileşikler (VOC), nitrojen oksit (NO_x) ve kokuları içerir. (Betuz, 2012)

Kapalı yerlerdeki hava, bir müddet sonra içerisinde bulundurduğu kirletici kaynakları vasıtasıyla kirlenir. İçinde yasayan insanların bulunma süreleri, yapıyı oluşturan yapı malzemeleri ve mobilyalar içerideki havayı kirleterek hava kalitesinin bozulmasına neden olurlar. (Vural ve Balanlı, 2005; Niuand Burnett, 2001)

Kapalı ortamlarda, iç hava kalitesi birçok nedenlerle hem kimyasal (karbon oksitler, CO ve CO₂, çevresel tütün dumanı, formaldehit ve uçucu organik bileşikler) hem de ve fiziksel (havalandırma oranı, nem, sıcaklık

ve iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon) ile ilgili olabilir. (Giulioi, 2010)

İç hava kalitesinin durumu ve değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalarda genellikle, sıcaklık, bağıl nem, hava hızı, karbondioksit (CO₂), solunabilinir asılı partikül madde (PM), uçucu organik bileşikler (VOC), azot oksitler (NO_x), karbonmonoksit (CO), ozon (O₃), kükürtdioksit (SO₂), radon, formaldehitler, bakteri sayımı gibi parametrelerin ölçümleri yapılmaktadır. (Lee et al., 2002)

EPA ise hava kirleticilerini 7 sınıfta toplamıştır. Bu kirleticiler;

- Gaz kirleticiler (SO_x, NO_x, CO, CO₂, VOC)
- Kalıcı organik kirleticiler (Dioksin/Furan, vb.)
- Ağır metaller (kurşun, civa, bakır vb.)
- Partiküller madde (PM)
- Ozon
- Peroksiasetil nitrat
- Peroksibenzol nitrat

İç ortam hava kirleticileri ve kaynakları Çizelge 3.3.'de verilmiştir. (McDowal, 2007)

Çizelge 3.3. İç ortam hava kirleticileri ve kaynakları.

KİRLETİCİ PAREMETRE	KAYNAKLARI
Sigara Dumanı ve Kimyasal Duman	Sigara, pipo, puro vs. içilmesi, sanayide kaynak materyallerinin ergitilmesi, çok yüksek ısıda meydana gelen işlemler ve metallerin buharlaşması.
Asbest	Eskimiş, zarar görmüş veya bozulmuş izolasyon maddeleri, yangına dayanıklı materyaller ve zemin kaplamaları.
Partikül Madde (PM ₁₀ , PM _{2.5})	Havalandırma sistemleri (dışarıdan giren hava), yemek pişirme, süpürme, sanayide katı maddelerin yontularak, ezilerek ve/veya zımparalanarak parçalanması
CO (Karbon monoksit)	Çıkışı olmayan kerosen ve gaz yüzey ısıtıcıları, sızdıran bacalar ve fırınlar, gaz su ısıtıcıları, odun sobaları, yanan yüzeyler, gaz sobaları, mevcut ise garajdaki otomobillerin egzoz dumanları, sigara dumanı, havalandırma sistemi iyi olmayan ocaklar, jeneratörler, dış ortamdan kapalı ortama sızmalar, tam yanma meydana gelmeyen gazla çalışan üretim prosesleri

CO ₂ (Karbondioksit)	Sızdıran bacalar ve fırınlar, gaz su ısıtıcıları, odun sobaları, yanan yüzeyler, gaz sobaları, mevcut garajlardaki otomobillerin egzoz dumanları, sigara dumanı ve ortamda bulunan kişiler
Formaldehit	Preslenmiş ahşap ürünler ve mobilyalar, üre formaldehit izolasyon malzemesi ve sigara dumanı, yanma ürünleri
Kurşun	Kurşun bazlı boya, kirlenmiş toprak, ofislerde yazıcılar ve fotokopi makineleri, kurşunlu maddelerle kaynak, toz ve içme suyu
NO ₂ (Azot dioksit)	Kerosen ısıtıcılar, çıkışı olmayan gaz sobalar, ısıtıcılar ve sigara dumanı
SO ₂ (Kükürt dioksit)	Fuel-oil içeren yakıtların yanması, metal ergitme işlemleri,
Biyolojik Maddeler	Islak veya nemli duvarlar, tavanlar, zemin döşemeleri, halılar ve mobilyalar, bakımı yapılmamış nem tutucular, klimalar ve evcil hayvanlar
VOC'ler (Toplam Organik Bileşikler)	Boya, cila, halı kaplama, yapay ahşap levhalar, bazı yalıtım malzemeleri, çeşitli dekorasyon malzemeleri gibi çok sayıda yapı malzemesi ve ev ürünleri endüstrisinde, mobilyalarda, ayrıca bazı temizleyici kozmetik ürünleri
O ₃ (Ozon)	Fotokopi makineleri, sprey olarak kullanılan malzemeler
Pestisitler	Ortamdaki böcekleri öldürmek için kullanılan böcek ilaçları

3.3.1 Gaz kirleticiler

Kapalı mekanlarda bulunabilecek gaz halindeki kirleticiler: CO, CO₂, VOC, O₃, NO₂, SO₂ ve formaldehit'tir.

3.3.1.1. VOC'ler (Uçucu organik bileşikler)

Yapı malzemelerinin büyük bir kısmı organik kimyasallar içermektedir. İçerisinde bir karbon ve bir hidrojen atomu içeren bileşenler uçucu organik bileşen olarak adlandırılmaktadır. Ahşap, tuğla, kerpiç gibi malzemelere uygulanan koruyucular, sprey ve deodorantlar, kömür katranı içeren yalıtım malzemeleri, PVC reçinesinden yapılmış malzemeler uçucu organik bileşenlerin ortama yayılmasına neden olmaktadır. Uçucu organik bileşenler değişik kanser türlerine, karaciğerde büyümeye, akciğer ve beyinde tümörlerin oluşmasına, kadın ve erkek üretkenliğinde bozulmalara, halsizliğe, depresyona, alerjilere, sinir

hastalıklarına ve doğuştan gelen anormalliklere neden olmaktadır. (Wolkoff, 1999 and EPA, 1994)

Dış ortamda VOC'ler, yanma proseslerinde yakıt yakılması ve taşıma araçlarında yanma sonucu oluşurlar. VOC'ler benzen gibi organik yapıda kimyasal türleri içerirler. (Varınca ve diğ., 2008)

Düşük ısıda çok çabuk buharlaşabilirler. Toluen, formaldehit, metilen klorit, metil kloroform, etilen, m-ksilen, o-ksilen, p-ksilen, benzen, asetik asit, klorobenzen en çok bilinen türleridir. (Kurutaş, 2009)

Kapalı ortamlarda VOC'ler, hayatımızın her alanında kullandığımız eşyalar, evimizde kullanılan yapı malzemeler vs. dolayısı ile sürekli maruz kaldığımız bir kirletici türü olup, insan sağlığına büyük oranda zararlar vermektedir. 2–3 ppm veya daha az düzeydeki VOC ile temasa giren kişilerde göz, burun ve boğazda tahriş gibi alerjik reaksiyonlar ortaya çıkabilmektedir. 4–5 ppm de daha kötü reaksiyonlar ortaya çıkabilmekle beraber hafıza kaybı, hapşırma ve cilt kızarıklıkları oluşmaktadır. 10–20 ppm düzeyinde ise, solunum güçlükleri ile gözlerde, burun ve boğazda yanma meydana gelebilmektedir. Uçucu organik bileşiklere (VOC) bazı insanlar, özellikle astım hastaları daha duyarlı olmakta ve bu tip hastalarda gözlenen astım krizlerinin başlamasına neden olabilmektedir. Uçucu organik bileşikler (VOC) kanserojen etkiye sahip olduklarından üzerinde dikkatlice durulması gerekmektedir. (Yu ve diğ., 2008; Kurutaş'tan, 2009)

3.3.1.2. Formaldehit

Özellikle prefabrik evlerde yaşayan insanlar yüksek oranda formaldehite maruz kalmaktadırlar. Sağlık etkilerine baktığımızda; göz, burun ve boğaz tahrişlerine, öksürük, bitkinlik, isilik, alerjik hastalıklara neden olurken, kanser oluşumuna da yol açtığı gözlenmektedir. Diğer bir etkisi de merkezi sinir sistemi üzerinedir. Kısa süreli bellek kayıpları ve anksiyeteye (kaygı, korku, gerilim, sıkıntı hali) neden olabilir. Sağlık üzerine olumsuz etkileri 0,1 ppm – 1,1 ppm düzeylerinde ortaya çıkan formaldehit olası mesleki kanser nedenleri arasında sayılmaktadır. (Soysal ve diğ., 2007)

3.3.1.2. CO (Karbon monoksit)

Karbon monoksit zehirli, kokusuz, renksiz ve havadan hafif bir gazdır. Karbon monoksit karbon içeren yakıtların yetersiz yanması sonucu ortaya çıkmaktadır. Yapı içindeki Şömineler, havalandırması yetersiz kerosen ısıtıcılar, gaz sobaları, fosil yakıt yakılan sobalar, ocaklar ve şofbenler başlıca karbon monoksit kaynaklarıdır. Çevredeki ve kapalı garajlarda çalıştırılan araçlardan

çıkan egzoz dumanlarının bina içine girmesi de iç ortamda karbon monoksit gazının artmasına neden olmaktadır. Tütün ve sigaralardan çıkan dumanda da karbon monoksit gazı bulunmaktadır. Karbon monoksit gazı, solunum yoluyla vücuda girerek akciğerler yoluyla kana karışmaktadır. Karbon monoksit kandaki hemoglobinle bağlanarak karboksi hemoglobini oluşturur. Bu durum da kandaki oksijen miktarının azalmasına neden olur. Kandaki oksijen yetersizliği nedeniyle kan damarlarının çeperlerinde, beyin kalp gibi hassas organ ve dokularda fonksiyon bozuklukları meydana gelir. (Çoşgun, 2012)

Karbon monoksit normal olarak kirletici değil ise de atmosferdeki konsantrasyonun senede $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mertebesinde artması bu gazın muhtemel etkilerinin göz önüne alınmasını gerektirmiştir. Karbon monoksit karbonlu maddelerin eksik yanmasından ileri gelir. Karbon monoksit, hem kaynaklandığı nokta etrafında iyi dağılmayan hem de varlığı kolay fark edilmeyen bir gazdır. Sanayi kuruluşlarında sağlıklı bir işçinin çalışma ortamının da bulunabilecek maksimum karbon monoksit konsantrasyonu $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dür. $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lük konsantrasyona 4 saat maruz kalan bir kimse ölebilir. (Kaynar, 1996)

3.3.1.3. CO₂ (Karbondioksit)

Solunum, terleme ve aktiviteler sonucunda oluşan kirlenme kimyasal kirlenmedir. Bir insan solunum yoluyla oksijen alırken, karbondioksit çıkarır. Çalışma ve hareket halinde ise çıkartılan karbondioksit miktarı artmaktadır. Bunun sonucunda da kapalı ortamlarda oksijen oranı azalırken, karbondioksit oranı artmaktadır. (Kurtuluş, 1986)

CO₂ dış ortam havasında çok az oranda bulunmaktadır. Fakat miktarı ve değişikliği nedeniyle hayati önemi büyük olan bir gazdır. CO₂'in dış ortamdaki esas kaynakları insanlar, fabrika, ev gibi konutların bacaları, volkanik patlamalar ve maden sularıdır. CO₂ miktarını %80 gibi bir oranla fosil yakıtların (petrol ve türevleri, kömürlerin ve doğal gaz) kullanılması artırmaktadır.(Varınca ve diğ.,2008). Geri kalan kısmı da canlıların solunumları ve mikroorganizmaların organik maddeleri ayrıştırması sonucu oluşmaktadır. Son zamanlarda atmosferde CO₂ miktarının artmasında, ortamdaki CO₂'nin kullanılmasında büyük etkisi olan ormanların yok edilmesinin de önemli katkısı vardır. (Varınca ve diğ., 2008)

Dış ortamda bulunan karbondioksit miktarı 300–400 ppm arasındadır. İş yerlerinde izin verilen uluslararası en yüksek düzeydeki karbon dioksit miktarı 5000 ppm'dir. Ancak günümüzde genellikle kapalı ortamlarda 1000 ppm düzeyine gelindiğinde o ortamda yaşayanlarda yakınmaların ve şikâyetlerin başladığı bildirilmektedir. EPA ve WHO karbon dioksidin aşılması gereken üst değerini 1000 ppm olarak belirtmektedir. (Yurtseven, 2008)

Karbondioksit tek başına iç hava kirleticisi olmamasına rağmen CO₂ tabanlı kontrol sistemlerinin kullanılması iç hava kalitesinin kontrolü için önerilmektedir. Kapalı ortamdaki CO₂ düzeyi havalandırma etkinliğinin dolaylı bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Eğer CO₂ belli seviyelerin altında tutulduğu takdirde diğer kirleticiler de kabul edilebilir sınırlara çekilebilir. Diğer bir deyişle CO₂ gazı iç hava kalitesinin kontrolü için baz kabul edilebilmektedir. Eğer CO₂ düşük seviyede ise odanın kabul edilebilir iç hava kalitesi iyi demektir. Karbondioksit insanların nefes alıp vermeleri sırasında açığa çıkar. Bu yüzden de belirli bir mahalde bulunan insanların sayısının artması ile CO₂ konsantrasyonu orantılı olarak artar, dış havanın mahale verilmesi ile de göreceli olarak düşer. Doğal olarak atmosferde bulunan CO₂'in varlığı bu işlem sırasında odadaki CO₂'in oranının sıfırlanmasını gerektirmez. (Aslan, 1997)

ASHRAE 62-1989 Standardında CO₂'in konsantrasyonu normal bir çalışma günü için 1000 ppm olarak vermektedir. Bu miktarın altındaki mahallerdeki havanın kabul edilebilir iç hava kalitesi olduğu kabul edilmektedir. Burada diğer gazların konsantrasyonlarının belirli seviyelerde kaldığı varsayımı vardır. (Çoşgun, 2012)

3.3.1.4. O₃ (Ozon)

Ozon, gözleri, burnu ve boğazı tahriş ederek solunum sistemine zarar vermektedir. Ayrıca çok az miktarda dahi ozon insan ölümlerine sebebiyet vermektedir. (Gundorson, 2006)

3.3.1.5. NO₂ (Ozon dioksit)

Azot oksitler genellikle havaya NO olarak salınırlar ve atmosferdeki oksijen ve radikaller ile hızlı bir şekilde reaksiyona girerek NO₂'yi oluştururlar. NO nitrik oksit renksiz, kokusuz bir gazdır. Genel olarak dış ortam kaynakları egzoz gazları, fosil yakıtlar ve organik maddeler olarak sıralanabilir. Azot dioksit 'in sağlık etkileri arasında; göz, burun ve boğaz tahrişlerine ek olarak akciğer fonksiyonlarını yavaşlattığı ve gençlerde solunum yolu enfeksiyonlarını arttırdığına dair kanıtlar bulunmaktadır. (Kurutaş, 2009)

3.3.1.6. SO₂ (Kükürt dioksit)

SO₂ havalandırma yoluyla dış ortamdaki konsantrasyonun sızmasıyla kapalı ortama girmektedir. (SO₂)'in sağlık etkilerine karşı en hassas grup, çocuklar ile dışarıda aktif olan astımlı yetişkinlerdir. Birinci etkisi, hırıltılı solunum, göğüs sıkışması ve kesik nefes alma gibi belirtilere sebep olan, solunum yollarının daralmasıdır. SO₂ konsantrasyonu ve soluma hızı artarken rahatsızlık bulguları da

artar. Maruziyet kesildiğinde, akciğer fonksiyonu bir saat içinde normal haline dönmektedir. Çok yüksek konsantrasyonlardaki SO₂; hırıltılı solunum, göğüs sıkışması, astımlı olmayan kişilerde kesik nefes alma gibi belirtilere sebep olabilmektedir. SO₂ ve ince partiküllere uzun süreli maruziyet, solunum hastalıklarına, akciğerlerin savunma mekanizmasında değişikliklere ve mevcut kalp hastalıklarının daha da ilerlemesine sebep olabilmektedir. Bu etkilere karşı en hassas grup, çocuklar, yaşlılar ve kronik akciğer hastalığı veya kalp hastalığı olan kişilerdir. (Yurtseven, 2008)

3.3.2 Toz kirleticiler

Kapalı ortamlarda bulunan toz kirleticileri asbest ve partikül maddedir.

3.3.2.1. Asbest

Asbest, lif olarak meydana çıkan bir grup silisli mineralin adıdır. Günümüzde asbest, ateşe karşı dayanıklılığı ve ısıyı az iletmesi nedeniyle birçok alanda kullanılmaktadır. Binalarda, tesisatlarda kullanılan yalıtım malzemelerinde, ısıya dayanıklı malzemelerin yapımında, bazı boya türlerinde, döşeme kaplamalarında ve kırsal kesimlerde sıva olarak kullanılmaktadır. (Niuand Burnett, 2001; Balanlı ve Taygun, 2005)

Asbest lifleri solunum yoluyla akciğerlere nüfuz eder. Burada birikerek akciğer hastalıklarına ve akciğer kanserine neden olur. Yemek borusu kanalıyla da bulaşabilen asbest lifleri mide ve bağırsak kanserine de neden olabilmektedir. Ayrıca göz ve ciltte de tahriş edici bir etkide bulunabilirler. Asbest içeren malzemelerin insan sağlığına olan zararlı etkileri ortaya çıktıktan sonra birçok ülke tarafından yapılarda kullanımı yasaklanmıştır. (Balanlı ve Taygun, 2005)

3.3.2.2. Partikül madde

Partikül madde, insanların nefes almakla içine alabileceği kadar küçük olan geniş bir aralıkta havada bulunan maddeciklerin genel adıdır. İç ortam havasında bulunan partikül maddelere maruz kalma öksürük ve hırıltı gibi solunum semptomlarına sebep olabilir. Partikül madde PM olarak kısaltılarak ifade edilir. İnsan sağlığı ile ilgili partiküller çapı 10 µm (PM₁₀)'den daha küçük, özellikle 2.5µm (PM_{2.5})'den küçük olanlar solunabilir partiküller olarak bilinirler. İnce partiküller, akciğerin iç kısımlarına kadar ilerleyebildiklerinden, insan sağlığına büyük tehdit oluştururlar. Hava kirleticileri, partikül ve gazlar olmak üzere iki ana sınıfa ayrılabilirler. Partikül sınıfı gözle görülebilecek kadar büyük tozlardan bir çok filtreden geçebilecek mikroskobik partiküle kadar çok geniş aralıkta partikül boyutlarını kapsar. Partiküller katı veya sıvı olabilirler. (Bulut, 2007)

Partiküller, tozlar, dumanlar, sis, dumanlı sis, virüs, bakteri, mantar sporları ve polenleri içeren bioaerosoller, kaba, ince, görünebilir veya görünemez, teneffüs edilebilir ve solunabilir olarak sınıflandırılırlar. Gaz sınıfı kirleticiler, havada serbest molekül ve atom olarak bulunan kimyasal kirleticileri içerir. (Ashrae, 2003)

Şekillerine göre partiküller Çizelge 3.4’de verilmiştir. (Kurutaş, 2009)

Çizelge 3.4. Şekillerine göre partiküller.

Küre şekli (solidsphere)
Boş küresel kabuğu (hollowsphere)
Düzensiz şekildeki partikül (solid irregular)
Kabuk (flake)
İplik (fiber)
Yoğunlaşmış flok (condensationfloc)

PM’ler genel olarak 10-2.5 μm arasındaki partikül boyutlarına sahip "*kaba partiküller*" ($\text{PM}_{10-2.5}$) ve 2.5 μm 'den küçük "*ince partiküller*" ($\text{PM}_{2.5}$) olarak sınıflandırılmaktadır. Partiküller maddeler (PM)’ nin en önemli fiziksel özellikleri büyüklükleridir ve partikülün aerodinamik (fiziksel) çapıyla ifade edilip, boyutları mikrometre ile tanımlanır. 50 μm den büyük olan partiküller çıplak gözle görülebilirlerken 0,005 μm den küçük olanları ancak elektron mikroskobu ile gözlenebilirler. 0,5 μm den küçük olan partiküllerin havadaki hareketleri difüzyon ile gerçekleşir ve bu nedenle bu partiküller stokes çapı ile ifade edilirler. Çapı 0,5 μm ’den büyük olan partiküller maddelerin havadaki hareketlerinde ise çökme, etkili mekanizma olduğundan çapları fiziksel çap ile ifade edilir ve partikülün yoğunluğuna bağlıdır. (Şahin, 2005)

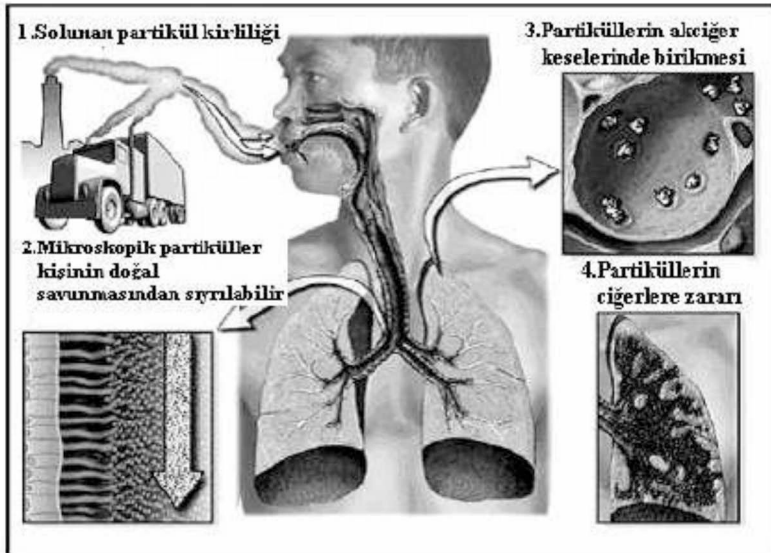
EPA tarafından partiküller boyutuna göre 5’e ayrılırlar:

- Toplam asılı partiküller madde: Aerodinamik çapı 25-45 μm arasında olan havada asılı olan partiküllerdir.
- PM_{10} : Aerodinamik çapı 10 μm ’den daha küçük olan partiküllerdir.
- $\text{PM}_{2.5}$: Aerodinamik çapı 2.5 μm ’den daha küçük olan partiküllerdir.
- 1 μm ’den küçük partiküller: Aerodinamik çapı 1 μm ’den küçük olan partiküllerdir.

Yoğunlaşma ile oluşan partiküller: Buhardan oluşan partikül maddelerdir. Bunlar genellikle doğal olmayan olaylar sonucu yani partikül madde oluşturmak için meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşur. Bacada yoğunlaşan ve/veya çevre havasında soğuma veya yoğunlaşma sonucu oluşur.

Partikül madde çapı küçüldükçe sağlık üzerindeki olumsuz etkisi o kadar artmaktadır. 10 μm ' den küçük boyutlu partikül maddelerin sağlık üzerine olumsuz etkisi çok büyüktür. Bu tür partikül maddeler akciğere kadar ulaşır. Bazıları kana dahi karışabilir. Partikül maddelerin fiziksel yapısı ve kimyasal kompozisyonu sağlık açısından oldukça önemlidir. Cıva, kurşun, kadmiyum gibi ağır metaller oldukça zehirlidir. Kanser yapıcı organik kimyasallar (dioksin, furan gibi) içeren partikül maddeler sağlık açısından çok tehlikelidir. Birçok farklı bileşenden oluşmuş olan partikül maddeler akciğerdeki nemle bileşerek aside dönüşmektedir. Duman bileşenlerinde bulunan çinko amonyum sülfat, akciğerde sülfürik aside dönüşmektedir. Kurum, uçucu kül, benzin ve dizel egzoz partikülleri benzo (a) pyrene gibi kanser yapıcı maddeler içerdiklerinden bunların uzun süre solunması durumunda kanser yaptığı bilinmektedir. PM_{10} akciğere kadar ulaşır, kanın içindeki karbon dioksitin oksijene dönüşümünü yavaşlatmakta buda nefes darlığına neden olmaktadır. Bu durumda oksijen kaybının giderilebilmesi için kalbin daha fazla çalışması gerektiği için kalp üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır. (Süren, 2007)

Partikül maddelerin akciğer üzerinde yaptığı tahribat Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Partikül maddelerin akciğer üzerinde verdiği hasar.

Çizelge 3.5. Hava kalitesi için geliştirilen değerler ve renkler kategorisi.

Hava Kalitesi İndeksi Değeri (Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$))	Sağlıkla İlgili Seviye	Renkler
Hava Kalitesi İndeksi Değeri, bu aralıkta olduğu zaman	...Hava kalitesi şartları:	...bu renklerle sembolize edildiği gibi:
0 ila 50 (0-54)	İyi	Yeşil
51 ila 100 (55-154)	Orta	Sarı
101 ila 150 (155-254)	Hassas gruplar için sağlığa zararlı	Portakal Rengi
151 ila 200 (255-354)	Sağlığa zararlı	Kırmızı
201 ila 300 (355-424)	Sağlığa çok zararlı	Mor
301 ila 500 (425-504)	Tehlikeli	Kestane rengi

EPA'nın geliştirdiği hava kalitesi indeksi, 100'ün üzerinde olduğu zaman hava kalitesinin sağlık açısından kötü olduğunu gösterir. Hava kalitesi indeksi 300'ün üzerinde olduğunda, hava kalitesi sağlık açısından zararlı demektir. Hava kalitesi için geliştirilen değerler ve renkler kategorisi Çizelge 3.5'de verilmiştir.

İyi: Hava kalitesi indeksi, 0-50 arasında olduğunda, hava kalitesinin sağlık açısından iyi olduğunu ve hava kirliliğinin küçük etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Orta: Hava kalitesi indeksi, 51 ile 100 arasında olduğunda ise hava kalitesi kabul edilebilir sınırlar içinde demektir. Bazı kirleticiler bazı insanlar için olumsuz etkiye sahiptir. Ozon'a karşı oldukça hassas olan kişilerde solunum semptomları görülür. Genel olmamak üzere hassas kişiler, uzun süreli açık veya yoğun açık havada güç harcamayı azaltmalıdırlar.

Hassas Gruplar için Sağlıksız: Hava kalitesi indeksi 101-150 arasında olduğunda hassas grup üyelerinin sağlıkları üzerinde olumsuz etkileri görülür. Akciğer hastası kişiler büyük risk altındadırlar. Partikül kirliliğine maruz kalan akciğer hastası kişiler daha büyük risk altındadırlar. Hava kalitesi indeksi bu aralıkta iken genel olarak sağlıklı kişiler çok fazla etkilenmez. Akciğer veya kalp hastası kişiler ile yaşlılar ve çocuklar, uzun süreli veya yoğun açık havada güç harcamayı azaltmalıdırlar.

Sağlıksız: Hava kalitesi indeksi 151-200 arasında olduğunda herhangi bir şekilde sağlık etkileri görülebilir. Hassas kişilerde daha ciddi sağlık etkisi görülür. Akciğer veya kalp hastası kişiler ile yaşlılar ve çocuklar, uzun süreli veya

yoğun açık havada güç harcamayı azaltmalıdırlardır. Bunun dışında herkes, uzun süreli veya yoğun açık havada güç harcamayı azaltmalıdır.

Çok Sağlıksız: 201-300 arasındaki hava kalitesi indeksi, sağlık açısından alarm işaretini gösterir. Herhangi bir kişide ciddi sağlık etkileri görülebilir. Akciğer veya kalp hastası kişiler ile yaşlılar ve çocuklar, açık havada tüm fiziksel aktivitelerden kaçınmalıdırlar. Ayrıca herkes, uzun süreli veya yoğun açık havada güç harcamaktan kaçınmalıdır.

Zararlı: Hava kalitesi indeksi, 300'ü açtığı zaman acil sağlık ikazları başlar. Tüm halk olumsuz olarak etkilenir. Akciğer veya kalp hastası kişiler ile yaşlılar ve çocuklar, evde kalmalı ve aktivite seviyelerini azaltmalıdırlar. Ayrıca herkes, açık havada tüm fiziksel aktivitelerden kaçınmalıdır. (Çoşgun, 2012)

3.3.3. Sıcaklık ve bağıl nem

İç ortam sıcaklığı ve nemi, ısıl konforun en önemli parametrelerindedirler. İnsan ancak belirli sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde kendisini konforlu hisseder. Normalin üzerindeki nemli ve sıcak hava, sıkıntı veren havadır. Düşük nemde ise burun ve ağızda kuruluk olur ve vücut hızla su kaybettiğinden, sık sık su içme ihtiyacı hisseder. Sıcaklık ve nem birbirinden ayrı düşünülmediği için sıcaklık ve bağıl neme göre konfor bölgeleri, yaz ve kış durumu için belirlenir. Yaz şartlarında iç hava sıcaklığı daha çok dış sıcaklığa göre seçilmesine rağmen, kış aylarında iç ortam tasarım sıcaklığı ortamın kullanım amacı ve tipine göre de belirlenmektedir. İç ortam sıcaklığı değişik ortamlar için 15-26 °C ve iç ortam bağıl nemi ise %30 ile %70 arasında önerilmektedir. (Bulut, 2007)

İç ortam hava kalitesinin insan performansı üzerindeki etkisi bilinen bir gerçektir. İnsan konforu ve üretkenliği için solunan havanın %30-50 izafi nem içermesi ve çalışma ortamının 19-20°C'de olması gerekmektedir. (Alyüz, 2006)

3.4. İç Ortam Hava Kirleticilerinin Sağlık ve Konfor Üzerine Olumsuz Etkileri

Konfor seviyesinin düşük olduğu ortamlarda insanların çalışma verimliliğinin düştüğü ve konsantrasyon bozukluğunun görüldüğü durumlar olduğundan iç hava kalitesinin konfor şartlarına uygun olmasını sağlayabilmek gerekmektedir. Bunun için, öncelikli olarak havada kirlilik yaratan kaynakların bilinmesi gerekir. Bu sayede bu kirleticilerle ilgili olarak önlem alınabilir. (Alptekin, 2007)

Sağlık etkileri açısından çeşitli kirleticileri ayırmak önemlidir. Maddelerin içeriklerini aşağıdaki etki sınıflarıyla düşünmek yararlıdır:

- Kısa vadede ölümcül: Havayla gelen CO, kimyasal maddeler, hastalığa neden olan bakteriler ve diğer biyolojik kirleticiler,

- Kansorejen: Sigara dumanı, radon ,

- Sağlık Tehditi: Alerjenler, uçucu organik bileşikler, bakteriler, virüsler, küf sporları, ozon ve partiküller,

- Üretkenliği ve rahat sağlıklı hissetmeyi etkileyen sinir bozukluğu: Vücut kokuları, bazı kimyasallar, bozulmuş gıda kokusu. (McDowal R., 2007)

İç ortam hava kalitesinin insan performansı üzerindeki etkisi bilinen bir gerçektir. İnsan konforu ve üretkenliği için solunan havanın %30-50 izafi nem içermesi ve çalışma ortamının 19-20°C'de olması gerekmektedir. (Alüz, 2006)

İnsan ömür boyunca ortalama 400–500 milyon litre hava solumaktadır. Bu bakımdan solunan havanın kalitesi insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. (Kurutaş, 2009)

Dünyada her yıl hava kirliliğinden yaklaşık 3 milyon insan ölmektedir. Bu değer dünyadaki toplam ölüm vakalarının (ortalama 55 milyon) %5'ini oluşturmaktadır.

Hava kirliliğine maruziyet sonucunda insanlarda gözlenen olumsuz sağlık etkileri;

- Akciğer kanseri,
- Kronik astım krizi,
- Öksürük/balgam/göğüs daralması şikayetleri,
- Göz/burun/boğaz tahribatı,
- Soluk alma kapasitesinde azalma,

şeklinde sayılabilir. Uçucu organik bileşiklerden benzen, toluen, formaldehit ve kloroform USEPA tarafından kanserojen olarak tanımlanmıştır (USEPA, 2011). Bunun dışındaki diğer gazlar toksik etkiye sahiptir. (Akal, 2013)

Uçucu organik bileşiklerden benzen; başta Amerikan İnsan Sağlığı Servisi (DHHS) ve diğer Çevre ve İnsan Sağlığı Araştırma Merkezleri tarafından birinci sınıf kanserojen olarak nitelendirilmiştir. $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ benzene sürekli maruziyet kan kanseri riskini 2.2×10^{-6} - 7.8×10^{-6} civarında seyrettirmektedir. (EPA, 2002) Bu durum da 1.3 - $4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dozundaki benzeni sürekli soluyan bir insanın yüz binde bir ihtimalle kansere yakalanma olasılığını bulundurmaktadır. Kısa süreli yüksek dozdaki benzen maruziyeti ölüme neden olurken; düşük seviyeleri uyusukluk, baş dönmesi, kalp ritminde bozukluğa sebep olabilmektedir. (Akal, 2013)

Kanserojen etkisinden dolayı benzen; endüstride kullanımı yasaklı bir kimyasaldır. Benzen üretiminde tolüenin kaynak olabileceği ve her ikisi de laboratuvar araştırmalarında solvent olarak kullanıldığı için son zamanlarda tolüen solvent olarak benzene ikame etmektedir. Diğer bir uçucu organik bileşik olan formaldehitin olumsuz sağlık etkileri; göz, burun ve boğaz tahrişleri, öksürük, bitkinlik, isilik, alerjik hastalıklar gibi sayılabilirken, formaldehitin kanser oluşumuna da yol açtığı gözlenmektedir. Diğer bir etkisi de merkezi sinir sistemi üzerinedir. Kısa süreli bellek kayıpları ve anksiyeteye (kaygı, korku, gerilim, sıkıntılı) neden olabilir. Sağlık üzerine olumsuz etkileri $0,1 \text{ ppm}$ - $1,1 \text{ ppm}$ düzeylerinde ortaya çıkan formaldehit olası mesleki kanser nedenleri arasında sayılmaktadır. (Edwards at all., 2006)

3.4.1. Hasta bina sendromu

Daha çok ofis çalışanlarında gözlemlenen ve Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın verilerine göre mücadele edilmesi gereken ilk 10 sağlık sorunu arasında 4. sıraya yerleştirilmiş olan ve çalışanlarda konsantrasyon düşüklüğü, baş ağrısı, burun akıntısı, halsizlik gibi sorunları beraberinde getiren “Hasta Bina Sendromu” olarak adlandırılan durum, çalışma süresi boyunca yetersiz havalandırma koşullarında mevcut kirleticilere maruz kalınması durumunda ortaya çıkar. (EPA, 2010)

Hasta Bina Sendromunda kullanıcılar bina içerisinde buldukları süre içerisinde sağlık problemleri yaşarken, binayı terk ettiklerinde bu rahatsızlıklar geçmektedir. Hasta Bina Sendromu belirtisi olan başlıca rahatsızlıklar; baş ağrısı, baş dönmesi, burunda oluşan akıntılar, mide bulantısı, konsantrasyon ve solunum bozukluğu, gözlerde, yüzde ve ciltte meydana gelen kaşıntı ve yanma olarak sıralanmaktadır. (Çoşgun, 2012)

Günümüzde insanlar daha fazla kapalı ortamlarda bulunmaktadır. İnsanların en fazla zaman geçirdiği kapalı ortamlardan biri de temel yaşam alanı olan konutlardır. İnsan doğası yapısı bulunduğu ortamın ve soluduğu havanın temiz ve sağlıklı olmasını ister. Fakat günümüzde kapalı ortamları ve havasını kirleten birçok kaynak mevcuttur. Bu durum, insanların yaşadığı ortamların konfor

açısından ısıtma şartları sağlamasına karşılık, bina ve iç hava kalitesi ile ilgili şikâyetleri ve sorunları ortaya çıkarmaktadır. İç hava kalitesi ile ilgili olarak Tight Building Syndrom -TBS (Kapalı Bina Sendromu), Sick Building Syndrom-SBS (Hasta Bina Sendromu) ve Building Relatedillness-BRI (Bina Bağlantılı Hastalıklar) olarak adlandırılan sağlık problemleri belirlenmiştir. (Bas, 2004; Schramek, 1999)

Sağlıksız binalarda oluşan semptomlardan bazıları şunlardır: baş ağrısı, kuru gözler ve boğaz, kaşıntı ya da sulu gözler, bloke ve havasız hapşırma burun, burun akıntısı, kuru veya tahriş olan cilt. (Kavgic, 2008)

3.5. İç Ortam Hava Kalitesinin Çalışanların Verimliliğine Olan Etkisi

Son zamanlarda yapılmış bağımsız çok sayıda araştırma iç ortam hava kalitesinin büro çalışanlarının üretkenliği üzerinde ciddi etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmalardan birinde, iyi kontrol edilen bir büroda (laboratuvar), fazladan bir kirlilik kaynağı olan halının içeridekiler görmeden alınması ve konulması yoluyla yaratılan iki farklı iç mahal ortamları kullanılmıştır. (Fanger) Bu iki durum, iç ortam çevrelerinin tasarımı için yürürlükte olan Avrupa düzenlemelerinde (CEN, 1998) düşük kirlilik ve düşük olmayan kirlilik durumlarına karşı gelmektedir. Her iki hava kalitesinde bir simülasyon ortamında aynı kişiler 4 saat çalıştırılmıştır. Bu kişilerin üretkenliği, iyi kaliteli iç ortam ortamında % 6.5 daha fazla olmuş ($P<0.003$), birkaç hata yapmışlar ve SBS ile ilgili birkaç bulguya rastlanmıştır. Danimarka'da yapılan bu araştırma daha sonra İsveç'te de yinelenmiş ve benzer sonuçlar vermiştir. (Wargocki et al., 2002a)

3.6. İç Ortam Hava Kalitesinin İyileştirilmesi İçin Havalandırmanın Önemi

Danimarka'da bir araştırma laboratuvarında, üç ayrı havalandırma miktarında (3,10 ve 30 L/s. kişi) aynı kirleticilerin bulunmasıyla üçüncü bir araştırma yapılmıştır. (Wargocki, 2000a) Havalandırma miktarının artışıyla üretkenlik keskin bir artış göstermiştir. Üç çalışmada yedi deneysel koşulda 90 kişi bir bütün olarak alınıp, algılanan iç ortam hava kalitesi üretkenlikle ilişkilendirilerek analiz edilmiştir. (Wargocki et al, 2000b)

Üretkenlik üzerinde yüksek kalitedeki havanın etkisi, kullanılan parçacık filtrelerinin yeni veya eski olması durumunda ve hava miktarının artırılabilirdiği bir telefon merkezinde yapılan gizli bir araştırma ile doğrulanmıştır. (Wargocki, 2003a)

Havanın ortama verilmeden önce bile kirlenmesine neden olduklarından parçacık filtreleri özellikle ciddi kirleticilerdir. Ayrıca, havalandırma miktarının artırılması, örneğin filtre arasından daha fazla hava akımı geçmesi, daha önce de belirtildiği gibi filtredeki parçacıklardan yayılan kirlilik unsurlarının artmasına ve filtrenin alt akım bölgesindeki havanın iyileştirilmemesine neden olurlar. (Alm et al., 2000; Strom-Tejsenet al., 2003)

Son on yılda yaklaşık 500 iç hava kalitesi araştırmalarda, İş Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü (NIOSH) iç hava kalitesi problemlerinin başlıca kaynağı olduğu bulundu:

Yetersiz havalandırma % 52

İç bina kontaminasyon % 16

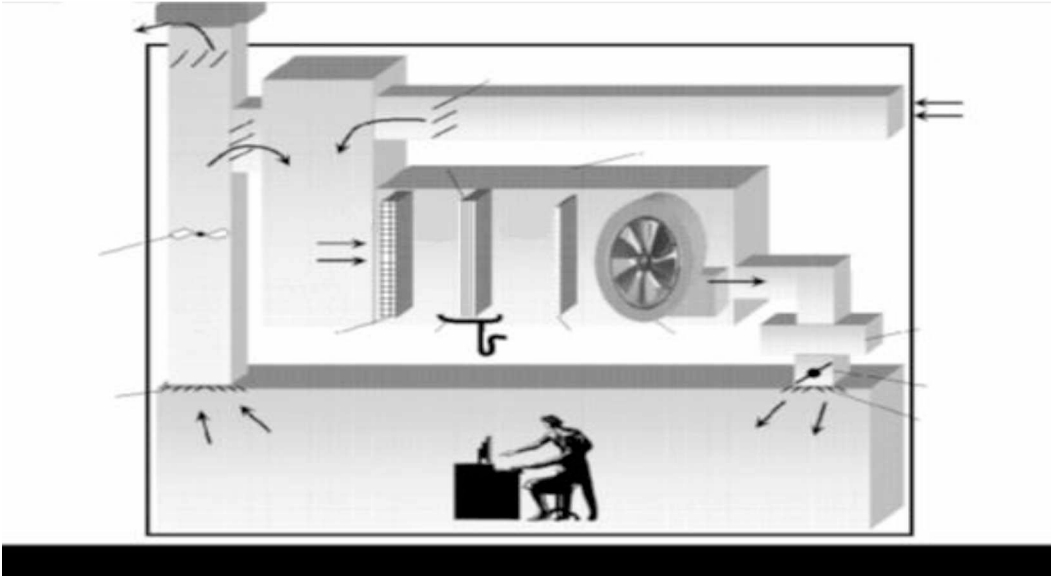
Dış bina kontaminasyon % 10

Mikrobiyal kontaminasyon % 5

Bina kumaştan kontaminasyon % 4

Bilinmeyen kaynaklar % 13

Tipik havalandırma sistemi bileşenleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir. (OSHA Teknik Kılavuzu (OTM) , 1999)



Şekil 3.2. Tipik havalandırma sistemi bileşenleri.

Orta ve yüksek kalite iç ortam hava kalitesinin memnuniyet ve gerekli havalandırma miktarlarını gösteren Çizelge 3.6 aşağıda gösterilmiştir. (Fanger, 1988a)

Çizelge 3.6. Orta ve yüksek kalite IAQ. (Fanger, 1988a)

	% Memnuniyetsizlik	dp	Gerekli Havalandırma Miktarı L/s.olf
Orta Kalite IAQ	% 40	4.1	2.5
Yüksek Kalite IAQ	% 1	0.1	100

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Tesisin Tanıtımı ve Ölçüm Noktaları

Tesis İzmir ilinde faaliyet gösteren, çeşitli firmalara baskılı ya da baskısız naylon poşet üreten bir fabrikadır. Hammadde alçak ve yüksek yoğunluklu polietilen ve polipropilen olarak fabrikaya gelmekte ekstrüzyon film makinesi, matbaa makinesi ve adet kesim makinesinden geçerek müşteriye sevk edilmektedir. Aylık kapasite ortalama 90-100 ton civarındadır.

Hammaddeler ekstrüzyon film makinesinde naylon film haline getirilir. Matbaa bölümünde bobin üzerine baskı yapılan naylon kesime hazır hale getirilir. Siparişe göre farklı şekillerde kesimler yapılır. Aylık üretim kapasitesi ortalama 90-100 ton civarındadır.

Tesiste toplamda 4 adet ekstrüzyon film makinesi, 3 adet matbaa makinesi, 6 adet kesim makinesi, 1 adet jelatin kesim makinesi, 1 adet perfore kesim makinesi, 1 adet yumuşak sap makinesi, 1 adet katlama aparatı bulunmaktadır.

Fabrikada esas üretim ekstrüzyon film makinelerinin ve matbaa makinelerinin olduğu bölümdedir. Dolayısıyla iç ortam hava kalitesi açısından en fazla kirlilik problemi bu bölgelerde gerçekleşmektedir. Bu nedenle araştırma yoğunluklu olarak ekstrüzyon film makinelerinin ve matbaa makinelerinin olduğu bölümlerde gerçekleştirilmiştir.

Tesise alçak ve yüksek yoğunluklu polietilen ve polipropilen hammaddesi önce ekstrüzyon film makinelerinde kovan üzerinde bulunan rezistanslar (ısıtıcılar) yardımıyla malzemeye ilk ısı uygulanır. Isınarak homojen hale gelen malzeme filtreden geçerek temizlenir ve böylece kalıplanmaya hazırlanır. Kalıptan (kafadan) çıkan sıcak malzeme hava ile şişirilir. Ancak içine üflenecek hava nemsiz olmalıdır, hava içinde bulunan nem şartlandırıcı sayesinde dışarı atılır. Bu arada film makineden uzaklaştırılır, kulede bulunan baskı ve çekme silindirleri arasından geçerek düzeltilir. Yönlendirme silindirleri vasıtasıyla sarıcıya gönderilir. Film sarıcıda sarıldıktan sonra bobin halinde yarı mamul bir ürün olarak ortaya çıkar. (Megep, 2006) Bu bölgede aynı işlemi yapan toplamda 4 adet makine bulunmaktadır. Bu bölgede toplamda 5 kişi çalışmaktadır. Polietilen ve polipropilen maddesinin hava ile şişirilmesi sonucu ortamda çeşitli hidrokarbon gazları açığa çıkar.

Ekstrüzyon Film makinelerinde yarı mamul haline gelen naylon poşetler baskılanmak üzere matbaa bölümüne gelir. Bu bölgede toplamda 5 kişi

çalışmaktadır. Bu bölümde baskılama işlemi esnasında organik uçucu bileşikler (VOC) açığa çıkmaktadır.

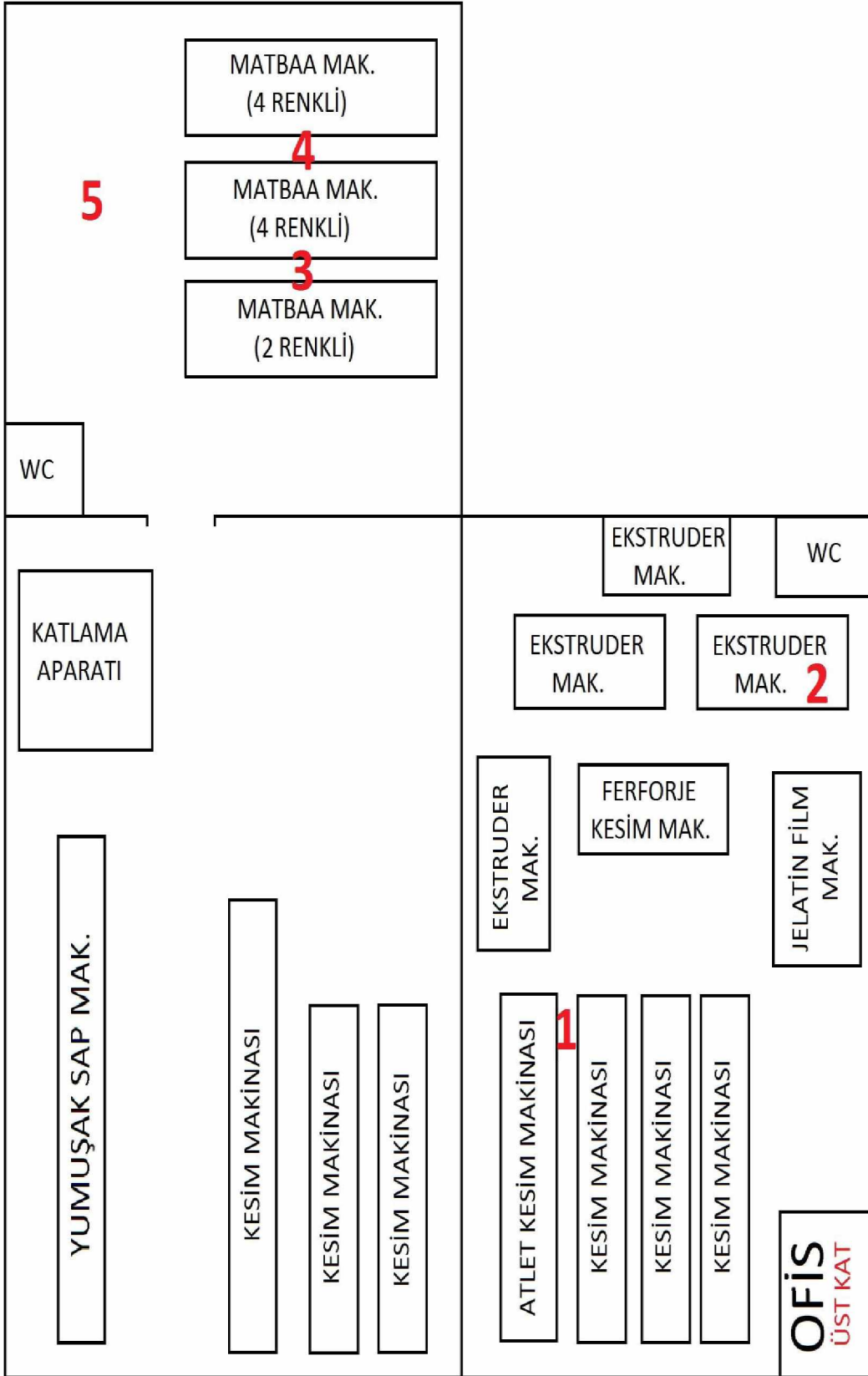
Tesis 8 saat ve tek vardiya şeklinde faaliyetini sürdürmektedir. Çalışanların yoğunluğu ölçüm yapılan bölgelerde çok değişmemektedir. 8 saatlik çalışma diliminde her iki bölgede de çalışan sayısı 5-7 kişi arasındadır.

Ölçümler tesis içinde ortam havasının homojen dağılımı, işçilerin çalışma sahaları, kirlilik parametreleri göz önüne alınarak çeşitli noktalardan yapılmıştır. Ölçümler insanların solunum bölgesini teşkil edecek şekilde yerden 150-170 cm yüksek baz alınarak yapılmıştır. Organik uçucu bileşikler (VOC) ölçümü 5 noktadan, Toz Partikül PM_{2.5} ölçümleri 21 noktadan, sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri ise 5 noktadan Ocak ve Nisan 2015 aylarında mekanik havalandırma öncesi ve sonrasını kapsayacak şekilde yapılmıştır.

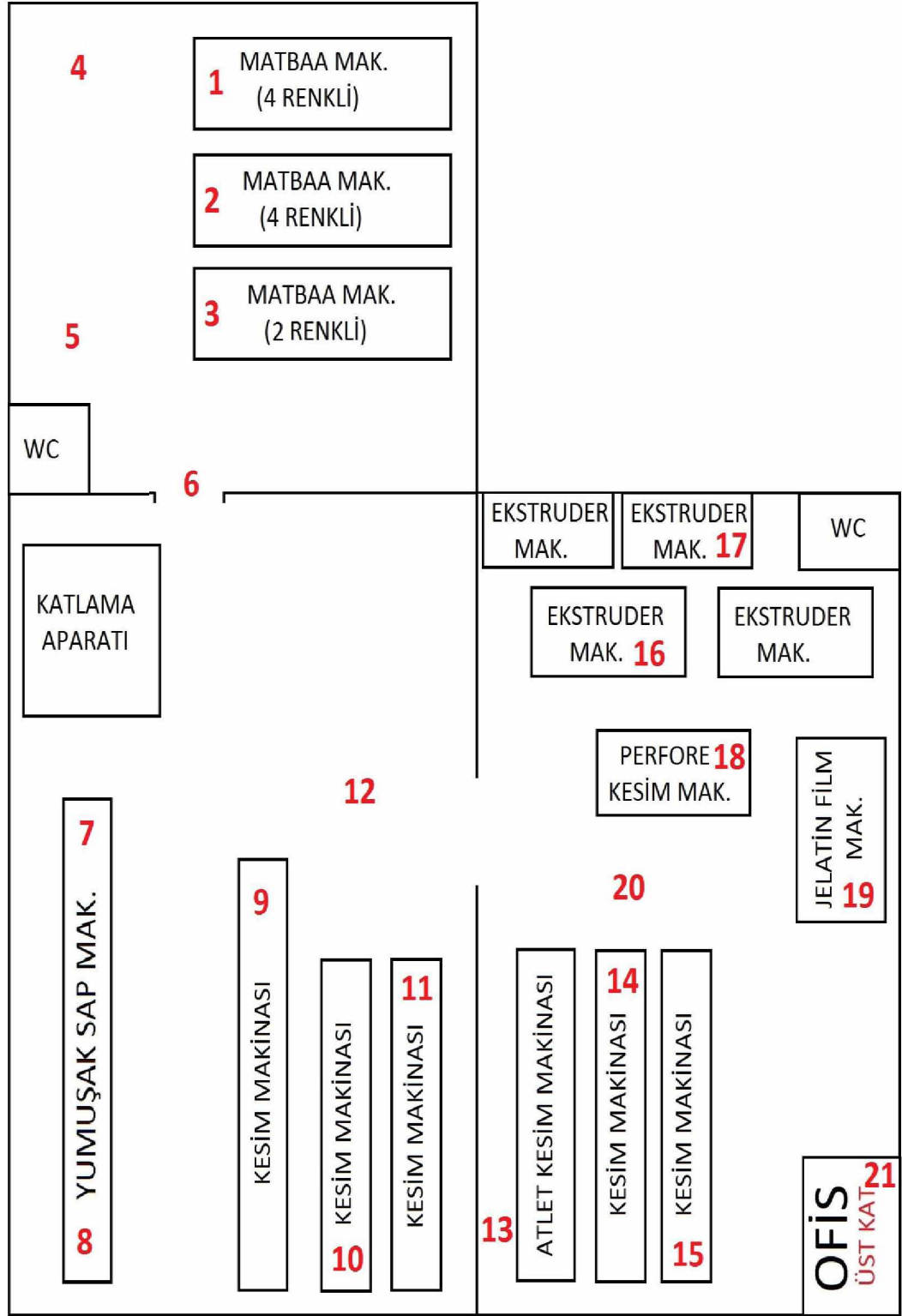
Ölçüm noktaları ve ölçüm tarihleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Ölçüm noktaları ve ölçüm tarihleri.

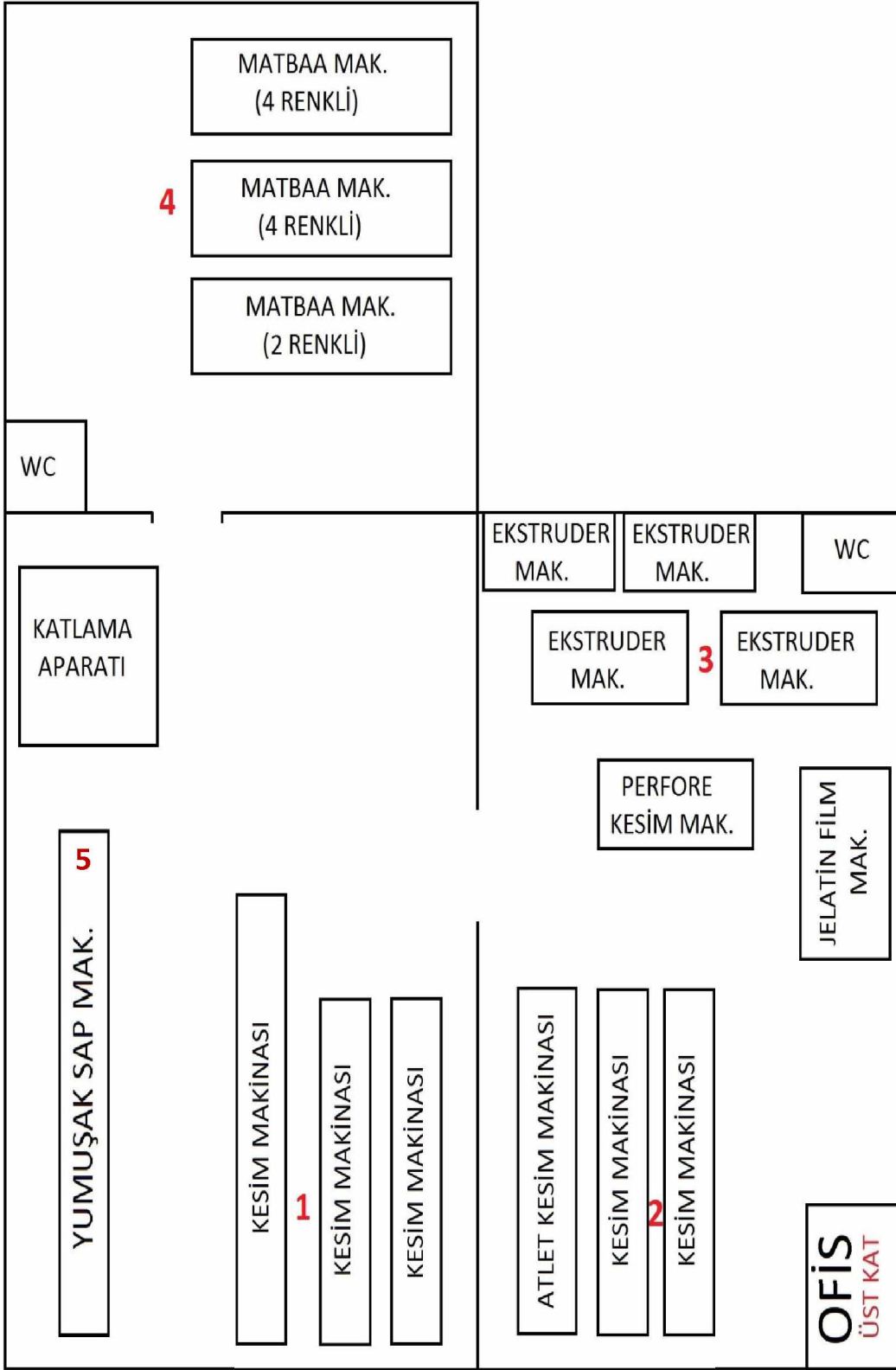
Ölçüm Türü	Ölçüm Noktaları	Ölçüm Tarihi
Gaz Ölçümü (VOC,CO ₂)	1-5	22/01/2015
		01/04/2015
PM _{2.5}	1-21	22/01/2015
		01/04/2015
Sıcaklık ve Bağıl Nem	1-5	22/01/2015
		01/04/2015



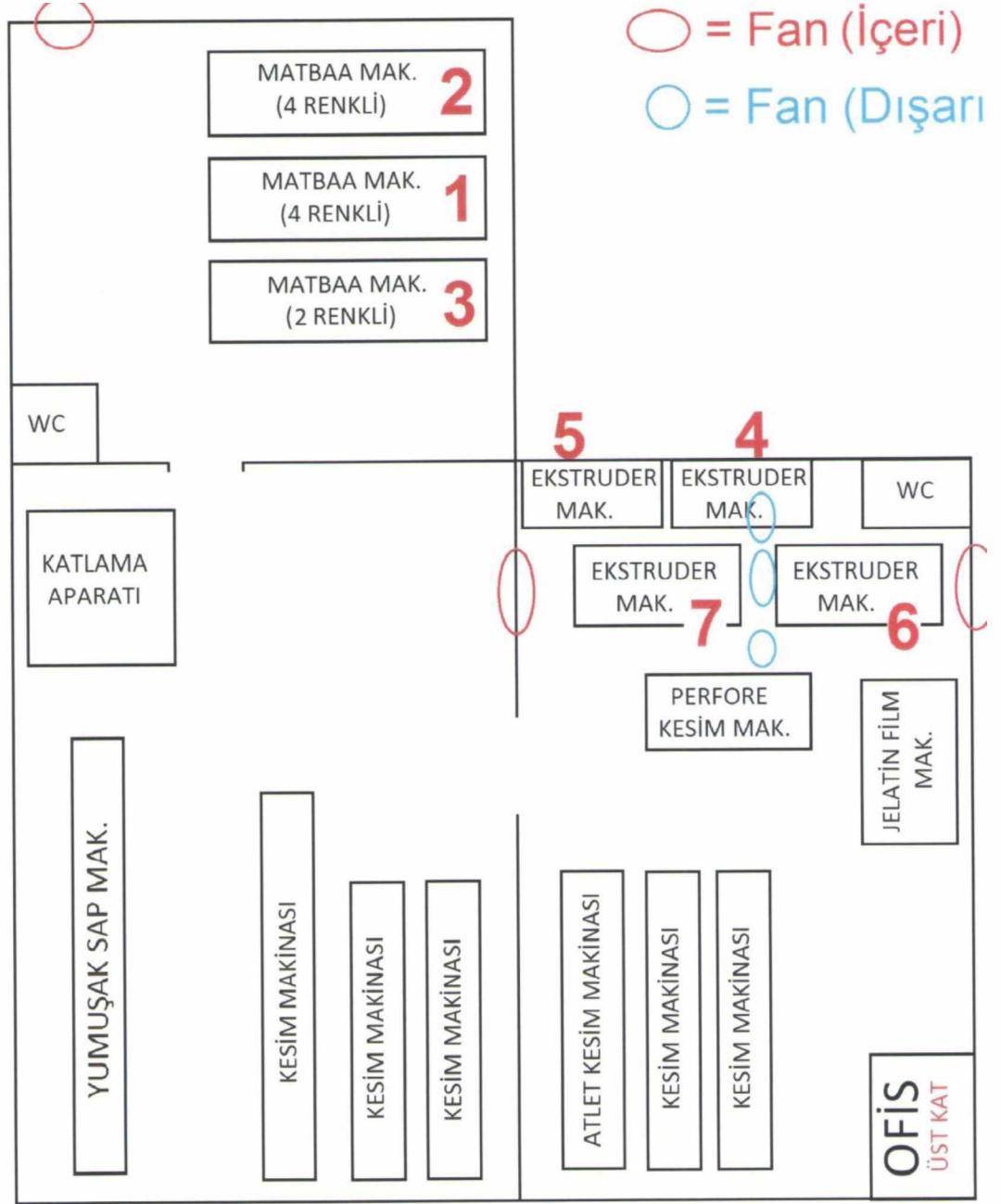
Şekil 4.1. Fabrikamızın yerleşim planı ve VOC ve CO₂ ölçüm noktaları.



Şekil 4.2. Fabrikanın yerleşim planı ve PM2.5 ölçüm noktaları.



Şekil 4.3. Fabrika yerleşim planı ve sıcaklık, bağıl nem ölçüm noktaları.



Şekil 4.4. Fabrikanın yerleşim planı ve hava akım hızı ölçüm noktaları.

4.2. Ölçüm Cihazlarının Özellikleri

Tesiste CO₂ ölçümü IAQRAE (Indoor air quality monitor) cihazı ile yapılmıştır.

Uçucu Organik Bileşikler (VOC) ölçümlerinde 16200-2 standartlarında da tarifi verilen teknik özelliklere sahip Buck Libra Plus Lp-5 model cihaz kullanılmıştır.

Havada Süspansiyon Durumunda Bulunan Katı ve Sıvı Madde Miktarı Tayini, CEN/TR 16013-3 (Aerosol monitör kullanarak partikül madde konsantrasyonunun direk olarak okunması) standartlarında da tarifi verilen teknik özelliklere sahip Sidepak AM510 model cihaz kullanılmıştır.

Termal konfor Tayini, TS EN 27243 “Sıcak Ortamlar - WBGT (Yağ Hazne, Küre Sıcaklığı) ve TS EN ISO 7730 (PMV - Tahmin edilen ortalama değer-PPD- Tahmin edilen doyumsuzluk indeksi/ Memnuniyet yüzdesi standartlarında da tarifi verilen teknik özelliklere sahip Delta-OHM marka HD32.3 model cihaz kullanılarak ölçülmüştür.

Hava akım hızı ölçümünde yine Delta-OHM marka HD32.3 model cihaz kullanılmıştır.

4.2.1. IAQRAE (Indoor air quality monitor) cihazının teknik özellikleri

IAQRAE Cihazının ölçüm aralıkları: CO₂: 0-20000 ppm ile CO: 0-500 ppm arasındadır. Cihaz CO₂ için 5000 ppm, CO için 10 ppm den sonra sinyal vererek uyarıda bulunmaktadır. Cihazın menü kısmından örneklem alma periyodu seçimi yapılabilmektedir. Bu periyotlar 0-5 sn, 0-30 sn, 0-60 sn şeklindedir. Şekil 4.5'te cihaz gösterilmektedir.



Şekil 4.5. IAQRAE (indoor air quality monitor) cihazı.

4.2.2. Buck libra plus Lp-5 cihazının teknik özellikleri

Cihaz belirli debide emiş yapabilen bir sisteme sahiptir. Cihaz üzerinden 'cc' değeri cinsinden bu değerler metotlara göre ayarlanabilir.

Örnek: 6000 cc/min, 5000 cc/min, 4000 cc/min, 3000 cc/min, 2000 cc/min, 1000 cc/min, 800 cc/min cihazın ayarlanan debi miktarı rotametre ile ölçülebilir. Maruziyet süresi boyunca alınan toplam hacmi gösterebilir. Cihaz arka klipsi, cihazın ağız seviyesinde emiş yapması için uzatma hortumu ve düşük akış adaptörü mevcuttur.

Kullanım alanları, kapalı ortamlarda oluşan solunabilir tozların örneklenmesi (IOM örnekleme aparatı ve siklon filtre aparatı ile birlikte), kapalı ortamlarda VOC örnekleme (sorbent tüp tutucu aparat ile birlikte), organik buhar ve gazların örneklenmesi (impenger tüp aparatı ile birlikte) dir. Şekil 4.6'da cihaz gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Buck libra plus Lp-5 cihazı.

4.2.3. Sidepak am510 cihazının teknik özellikleri

Partikül Ölçüm Aralığı	0.001-20 mg/m ³
Partikül Aralığı	0.1-10 µm
Çalışma Sıcaklık Aralığı	0-50 °C
Ölçüm Hafızası	31000

Kayıt Aralığı	1 saniye ile 1 dakika arası
Impaktörler	PM ₁ , PM _{2.5} , PM ₄ , PM ₅ (cyclone kit) , PM ₁₀
Boyutları	106x92x70 mm
Ağırlık	0.46 kg
Ekran	2 satır LCD

Şekil 4.7’de cihaz gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Sidepak am510 cihazı.

4.2.4. Delta-ohm marka hd32.3 cihazının teknik özellikleri

Cihazda temel olarak, AP3203.2 hot wire hava hızı probu, HP3217.2 kuru hazne sıcaklık probu, HP3201.2 natural ventilasyon ve ıslak hazne probu bulunmaktadır. Ayrıca TP3207.2 WBGT hesabında kullanılmak üzere PT100 sıcaklık probu HD2110 USB data aktarım kablosu SWD10 güç kaynağı mevcuttur.

Delta-ohm marka hd32.3 cihazı ile doğal ventilasyonda ıslak hazne sıcaklığı, çevresel sıcaklık, ortam sıcaklığında bağıl nem ve hava hızı değeri ölçülebilmektedir. Şekil 4.8’de cihaz gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Delta-ohm marka hd32.3 cihazı.

5. BULGULAR

Seçilen plastik endüstrisinde ekstrüzyon film makineleri ve matbaa makinelerinin olduğu bölümlerde 8 saatlik çalışma süresi ve çalışma yoğunlu göz önünde bulundurularak çeşitli noktalarda VOC, CO₂, sıcaklık ve nem parametrelerinin ölçümleri, fabrikanın tamamında PM_{2.5} ölçümleri yapılmıştır.

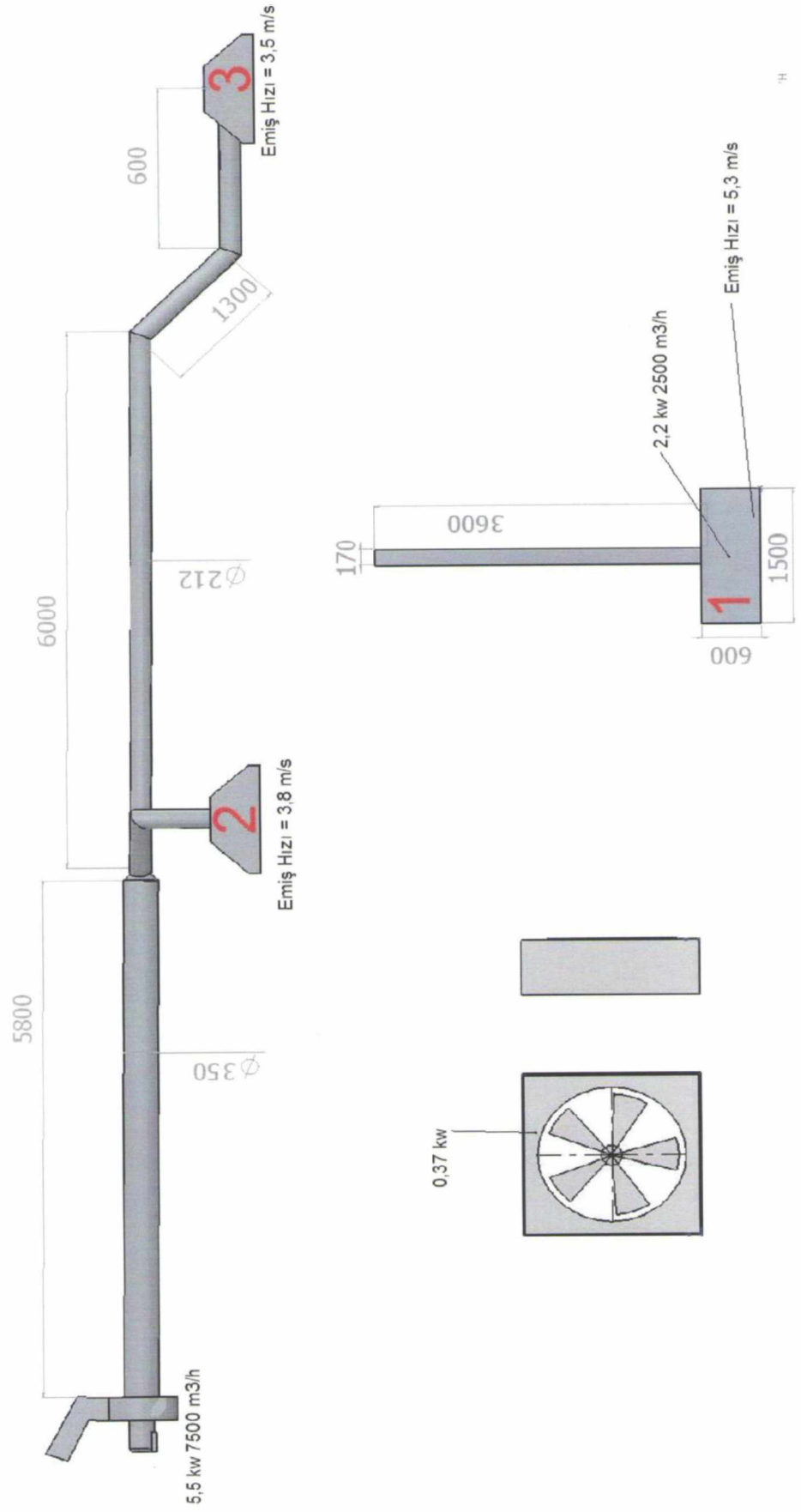
Binanın zemini tavanı epoksi boya ile kaplıdır ve ortamdaki PM_{2.5} ve gaz konsantrasyonunu etkilememektedir.

Fabrikada bulunan 4 adet film ekstrüzyon makineleri ve 3 adet matbaa makinelerine mekanik lokal havalandırma sistemleri teçhiz edilmiştir. Mekanik havalandırma tesisatlarının iç ortam hava kalitesine etkisini daha iyi anlamak için ölçümler Ocak ayında havalandırma tesisatı yapılmadan ve Nisan ayında havalandırma tesisatının yapılmasından sonra 8 saatlik vardiya boyunca 2 saat aralıklarla yapılmıştır.

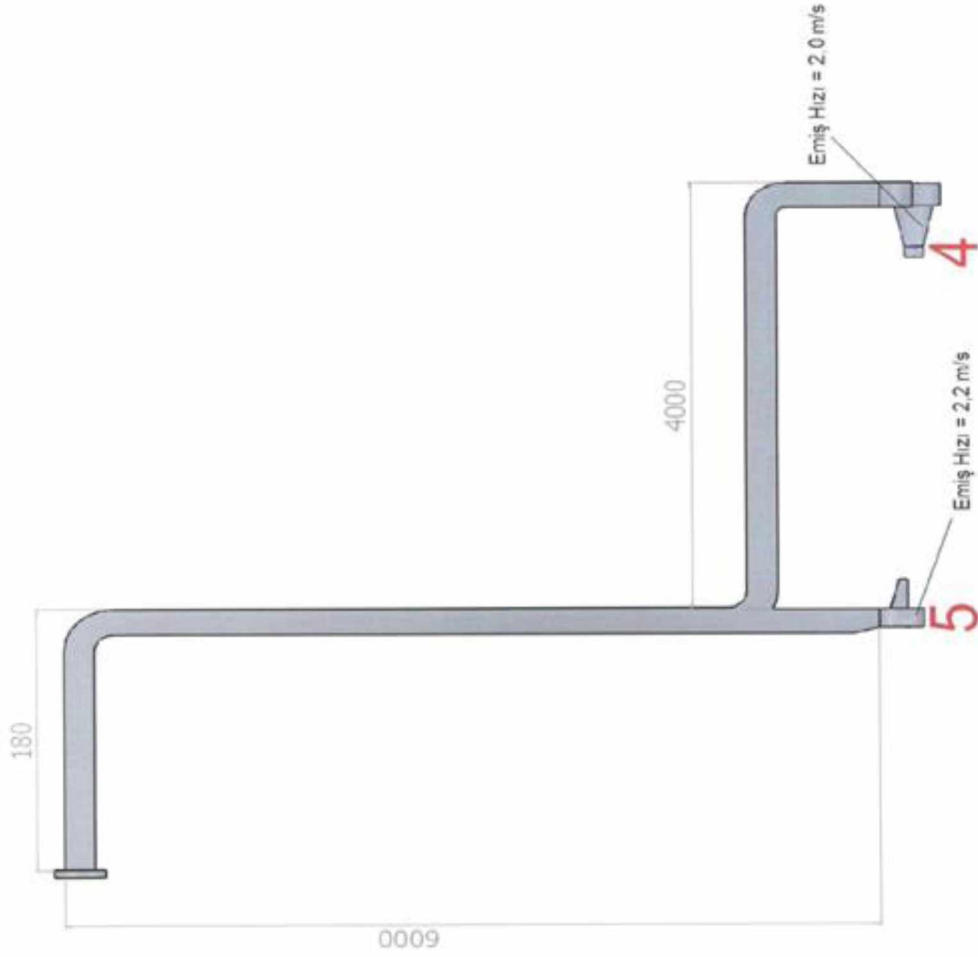
5.1. Mekanik Havalandırma Sisteminin Uygulanması

Fabrikaya temiz hava girişi, üretim alanı içerisinde toplam 3 noktada bulunan fanlar vasıtasıyla sağlanmaktadır. Fabrikada matbaa bölümünde bulunan 3 adet matbaa makinesine, ekstrüder bölümünde bulunan 4 adet ekstrüder film makinesine kirleticileri kaynağından çekecek şekilde lokal çekişli mekanik havalandırma sistemleri teçhiz edilmiştir. Sonrasında hava akım hızı (türbülans) ölçümleri toplamda 7 noktada yapılmıştır. Ölçüm Noktaları Şekil 4.4'de verilmiştir. Havalandırma sistemlerinin projeleri Şekil 5.1-5.3 arasında verilmiştir.

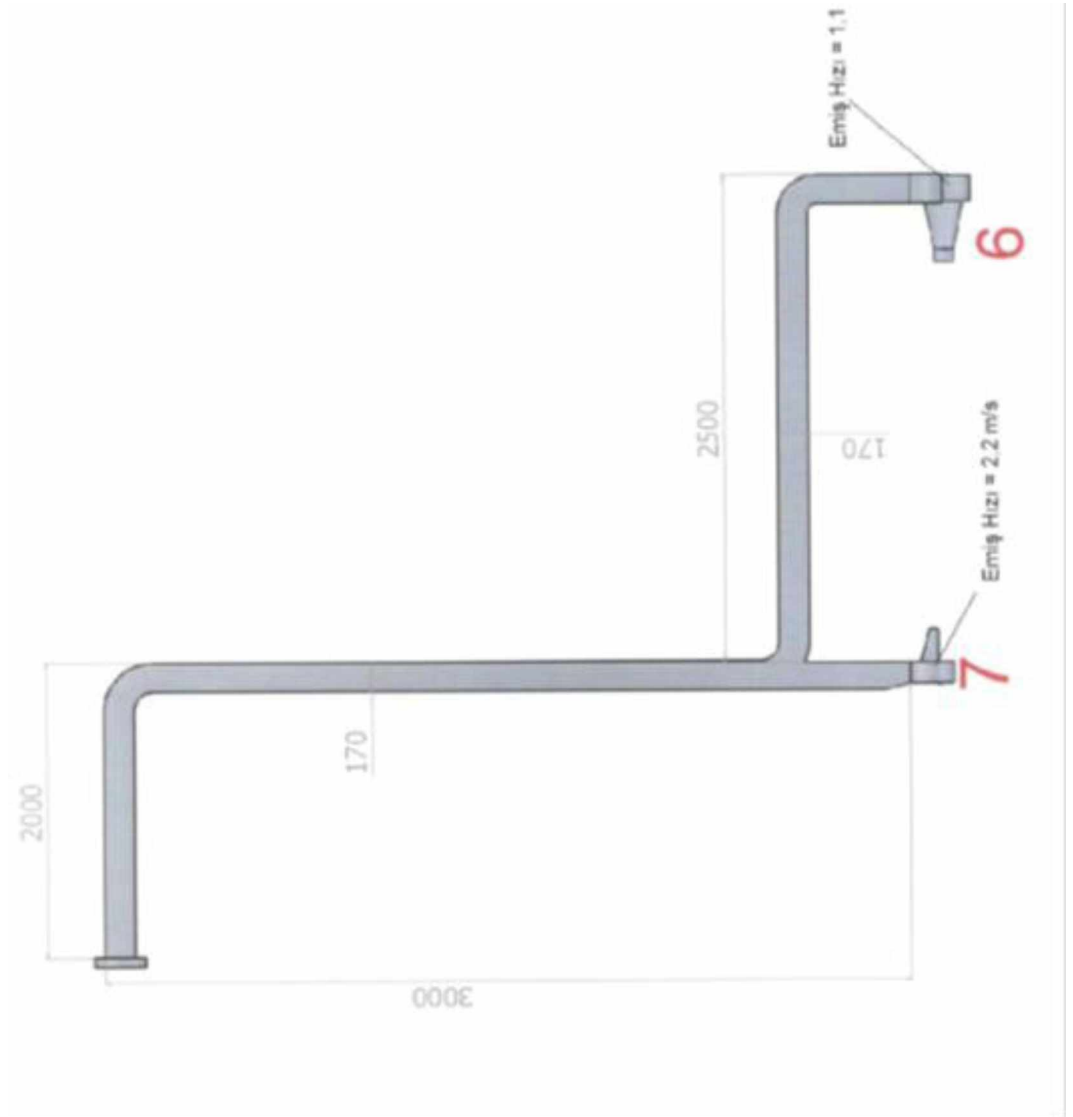
Hava akım hızı ölçüm yapılan günün koşullarında sıcaklık 10,8 santigrat derece nem ise %47,3 olarak gözlenmiştir. Ölçüm süresince ortam şartları normal şartları sağlamış olup, ölçüm sonuçlarını etkileyecek herhangi bir durum söz konusu olmamıştır.



Şekil 5.1. Mekanik havalandırma sisteminin projelendirilmesi- 1.



Şekil 5.2. Mekanik havalandırma sisteminin projelendirilmesi- 2.



Şekil 5.3. Mekanik havalandırma sisteminin projelendirilmesi- 3.

Çizelge 5.1. Fabrikada 7 noktada yapılan hava akım ölçüm sonuçları.

Ölçüm Noktası	Ölçüm Yapılan Bölge	Kullanılan Motor Özellikleri	Emiş Sisteminin Durumu	Proje Hava Akım Hızı VA (m/s)	Ölçülen Hava Akım Hızı VA (m/s)	Verim (%)
1	Davlumbaz-1 EmişYönü Davlumbaz Ağzı Emiş Alanı	2,2 kW/ 2500-3000 m ³ /h	Devrede Akış Mevcut	5,3	4,8	90,5
2	Davlumbaz-2 EmişYönü Davlumbaz Ağzı Emiş Alanı	5,5 kW/ 6500-7500 m ³ /h	Devrede Akış Mevcut	3,8	3,5	92,1
3	Davlumbaz-3 EmişYönü Davlumbaz Ağzı Emiş Alanı	5,5 kW/ 6500-7500 m ³ /h	Devrede Akış Mevcut	3,5	3,2	91,4
4	Davlumbaz-4 EmişYönü Salyangoz Ağzı Emiş Alanı	0,32 kW/ 870 m ³ /h	Devrede Akış Mevcut	2	1,8	90
5	Davlumbaz-5 EmişYönü Salyangoz Ağzı Emiş Alanı	0,32 kW/ 870 m ³ /h	Devrede Akış Mevcut	2,2	2,1	95,4
6	Davlumbaz-6 EmişYönü Salyangoz Ağzı Emiş Alanı	0,32 kW/ 870 m ³ /h	Devrede Akış Mevcut	1,1	1	90,9
7	Havalandırma Menfezi-7 Salyangoz Ağzı Emiş Alanı	0,23kW/ 620 m ³ /h	Devrede Akış Mevcut	2,2	2	90,9

1. Yapılan ölçümlerin sonuçlarından da anlaşıldığı üzere mekanik havalandırma tesisatı projesine göre kayıplar azdır, emiş sistemleri uygun şekilde

çalışmaktadır. Sistemin çalışma verimleri hesaplanmış değerler Çizelge 5.1’de görüleceği üzere %90-%95,4 arasında değişmektedir.

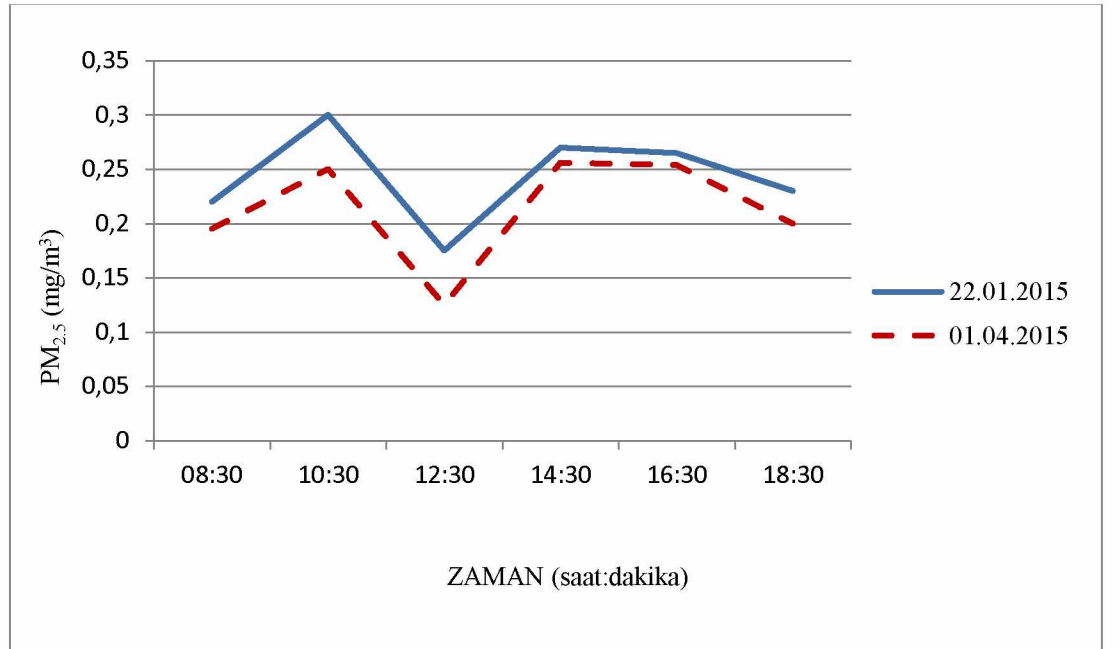
2. Fabrikada toplamda 3 adet fan içeriye temiz hava girişini sağlamaktadır. Dolayısıyla sistem beslenmekte ve yüksek verimle çalışmaktadır.

3. Havalandırma sisteminin iç ortam hava kalitesinin uygun hale getirilmesinde etkin rol oynadığı aşağıdaki bölümlerde yapılmış olan ölçümlerle de anlatılacaktır.

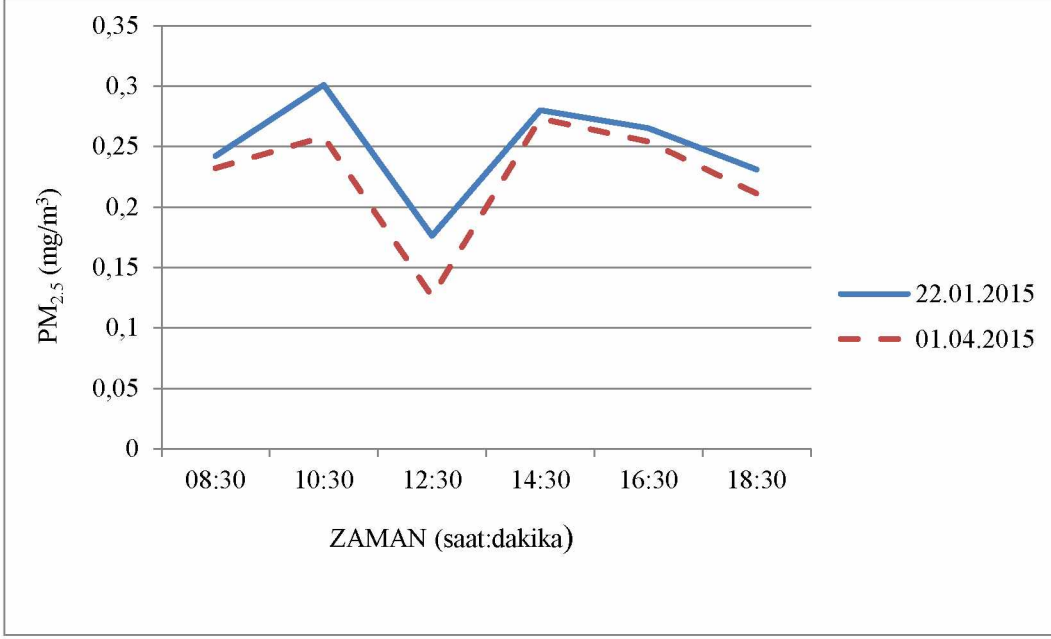
5.2. PM_{2.5} Ölçüm Sonuçları

Matbaa bölümü, kesim bölümü ve ekstrüder bölümü olmak üzere fabrikanın üretim alanının tamamında ve ofis bölümünde 21 noktada PM_{2.5} ölçümleri yapılmış, Şekil 5.4-5.23’de verilmiştir. Oluşan PM_{2.5} konsantrasyonunun farklılığı matbaa bölümünde ve ekstrüder bölümündeki makinelere teçhiz edilen lokal havalandırma sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Oluşan bu farklılıklar ve konsantrasyon değişimlerinin nedenleri her bir grafik altında detaylı olarak açıklanmıştır.

Şekil 4.2’de gösterilen matbaa bölümü 1. ve 2. noktada yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.4 -5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.4. Matbaa bölümü 1. nokta PM_{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi.



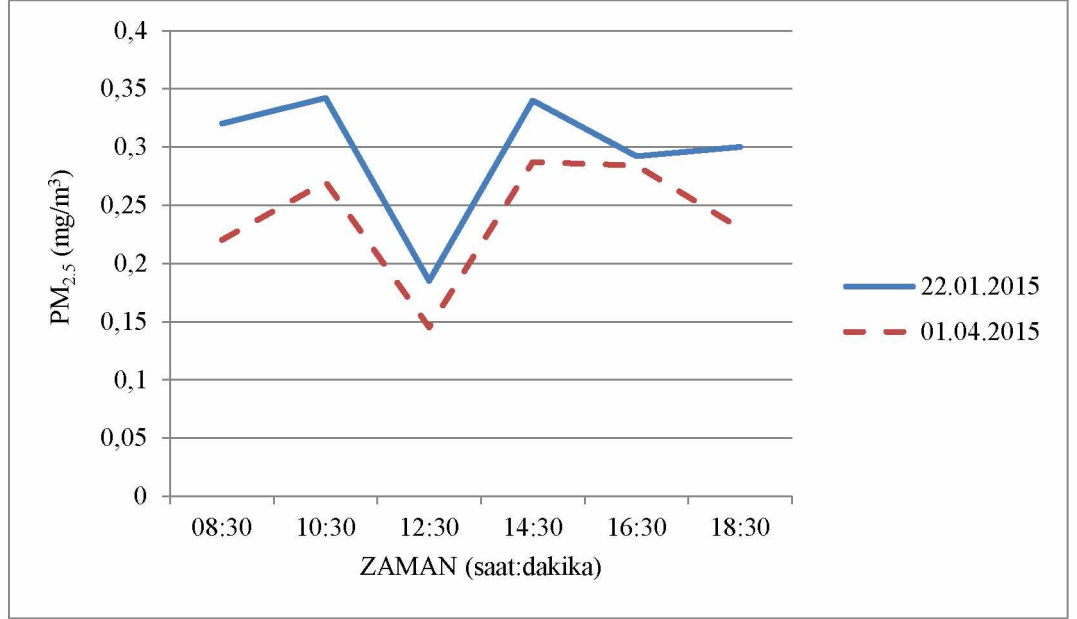
Şekil 5. 5. Matbaa bölümü 2. nokta PM_{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi.

1. Her iki tarihte de sabah saatlerinde matbaa bölümünde baskılanacak poşetler gelmediğinden konsantrasyon değeri düşük çıkmıştır. Çünkü poşetlerle birlikte gelen partikül maddeler PM_{2.5} konsantrasyonunu etkilemektedir. Ancak 10:30'da baskılanacak poşetlerin bu bölüme getirilmesinden kaynaklanan bir artış söz konusudur.

2. 22.01.2015 tarihinde 12:30'da çalışanlar yemek molasında olmasından ve bu bölümde bulunan dış kapının aralandırılması sonucu ortama temiz hava girişi sağlanmış ve PM_{2.5} konsantrasyonunda bir miktar düşüş gözlenmiştir.

3. Matbaa bölümünde bulunan 3 adet matbaa makinesinin her birine uygulanan lokal havalandırma sistemlerinden sonra 01.04.2015 tarihinde yapılan ölçümde tüm saatlerde ölçülen değerlerde düşüş gözlenmiştir.

Şekil 4.2'de gösterilen matbaa bölümü 3. noktada yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.6'da verilmiştir.

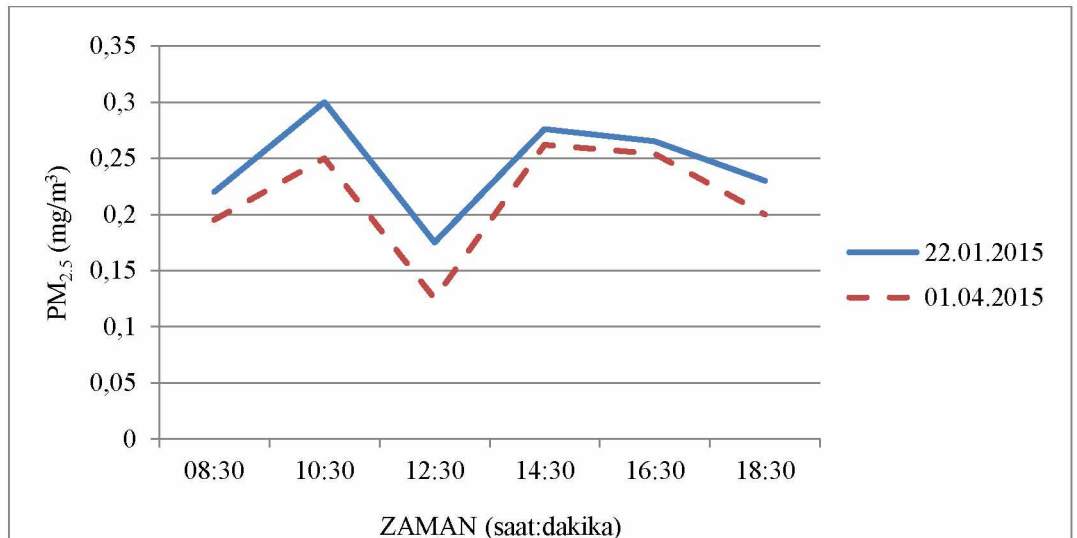


Şekil 5. 6. Matbaa bölümü 3. nokta $PM_{2,5}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi.

1. Matbaa bölümü 3.noktada da yine 1 ve 2. noktalarda olduğu gibi 3 adet matbaa makinesine de ayrı ayrı lokal havalandırma uygulanmasından sonra değerlerde düşüş gözlenmektedir.

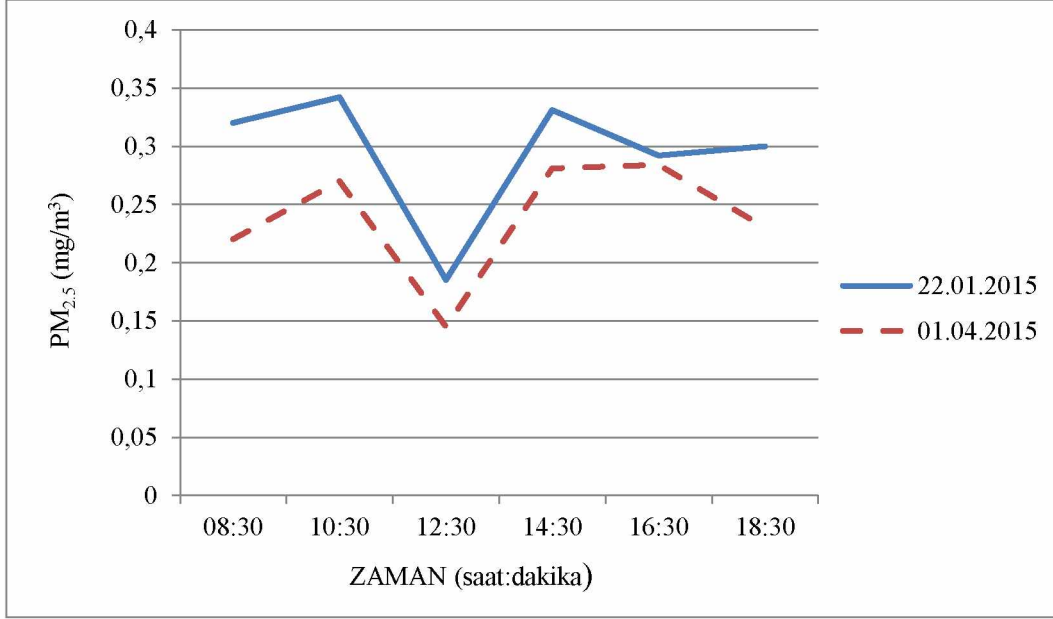
2. Ancak 3. Noktadaki $PM_{2,5}$ değerlerinin 1 ve 2. noktalara göre yüksek çıkmasının sebebi 22.01.2015 saat 12:30'da bölümün havalandırılmasında en az havayı alabilen bölge olmasındandır. 1.ve 2. ölçüm noktalarının gerisinde bulunduğundan dolayı en az hava bu kısma gelmiştir.

Şekil 4.2'de gösterilen matbaa bölümü 4. noktada yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.7 'de verilmiştir.



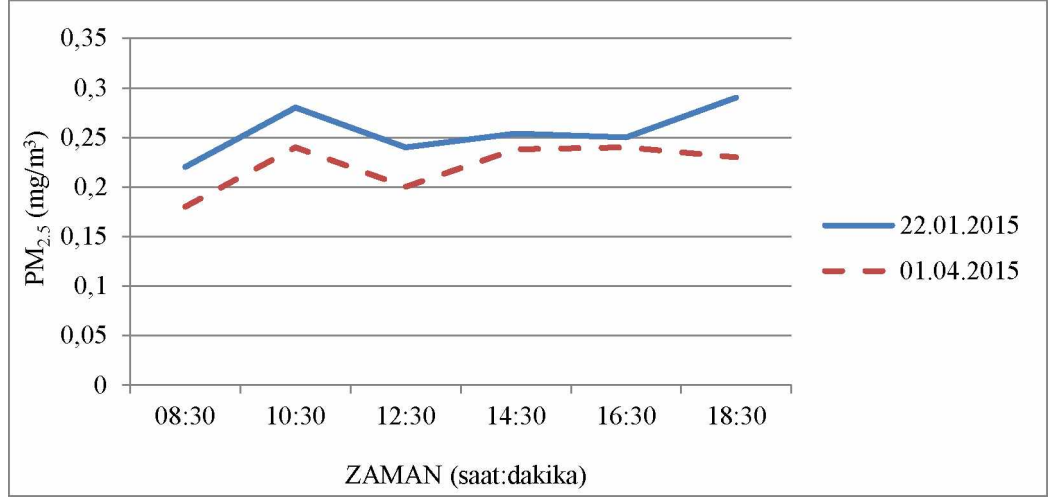
Şekil 5. 7. Matbaa bölümü 4. nokta $PM_{2.5}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi.

1. Matbaa bölümü 4. Nokta dış kapının olduğu matbaa-1 makinesinin önündeki noktadır. Bu kısımda 22.01.2015 saat 14:30 çıkan değer 2. ve 3. ölçüm noktasındaki değerden düşük çıkmasının sebebi dışarıya açılan kapıdan gelen temiz havanın ulaşabildiği alan olmasındandır. 22.01.2015 ve 01.04.2015 tarihlerindeki değerlerdeki önemli ölçüde düşüş yine makinelere uygulanan lokal havalandırma sisteminden dolayıdır.



Şekil 5. 8. Matbaa bölümü 5. nokta $PM_{2.5}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi.

1. Matbaa bölümü 5. noktada yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.8'de verilmiştir. Matbaa bölümü 5. noktada ölçülen değerler matbaa bölümü 3. noktada ölçülen değerlerle yaklaşık aynı çıkmıştır. 5. noktada her iki tarihte de saat 14:30'da 3. noktadaki ölçüme göre az miktarda artış gözlenmiştir. Bunun nedeni 5. ölçüm noktası WC yakınında bulunan tezgâhlara uzak bir noktadır.

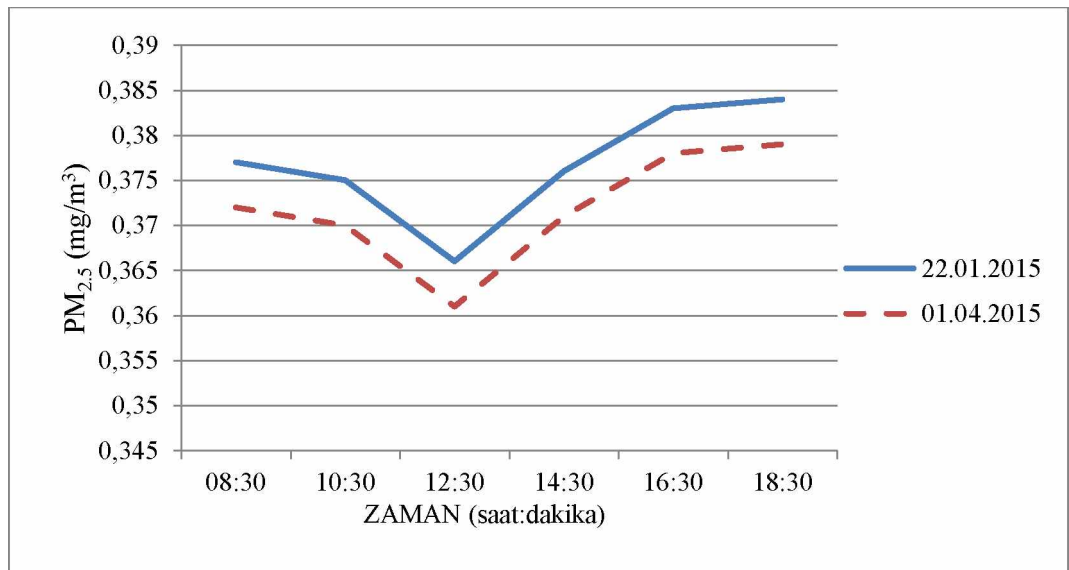


Şekil 5. 9 Matbaa Bölümü 6. Nokta $PM_{2,5}$ Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi.

Şekil 4.2’de gösterilen matbaa bölümü 6. noktada yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.9’da verilmiştir.

1. Matbaa bölümü 6. ölçüm noktası matbaa bölümüyle kesim bölümü arasında geçişi sağlayan kapı içerisinde yapılmıştır. Bu nokta her iki bölüme de uzak olduğundan her iki tarihte değerler diğer ölçüm noktalarına göre düşmüştür. 01.04.2015 tarihindeki ölçüm sonuçları ise bize yine havalandırma etkisini göstermektedir.

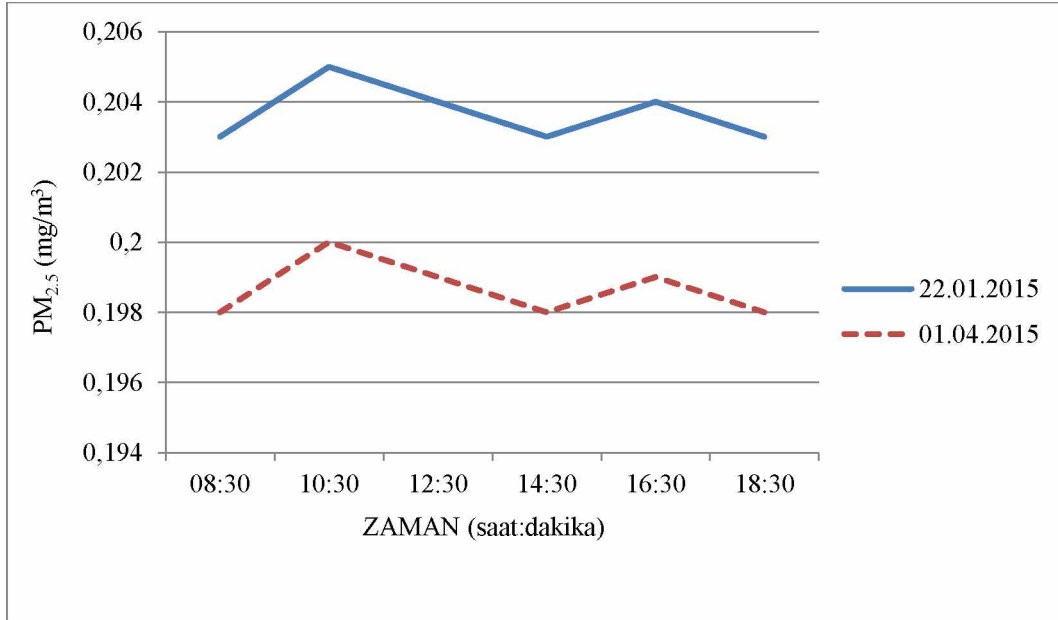
Şekil 4.2’de gösterilen matbaa bölümü 7. noktada yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.10’da verilmiştir.



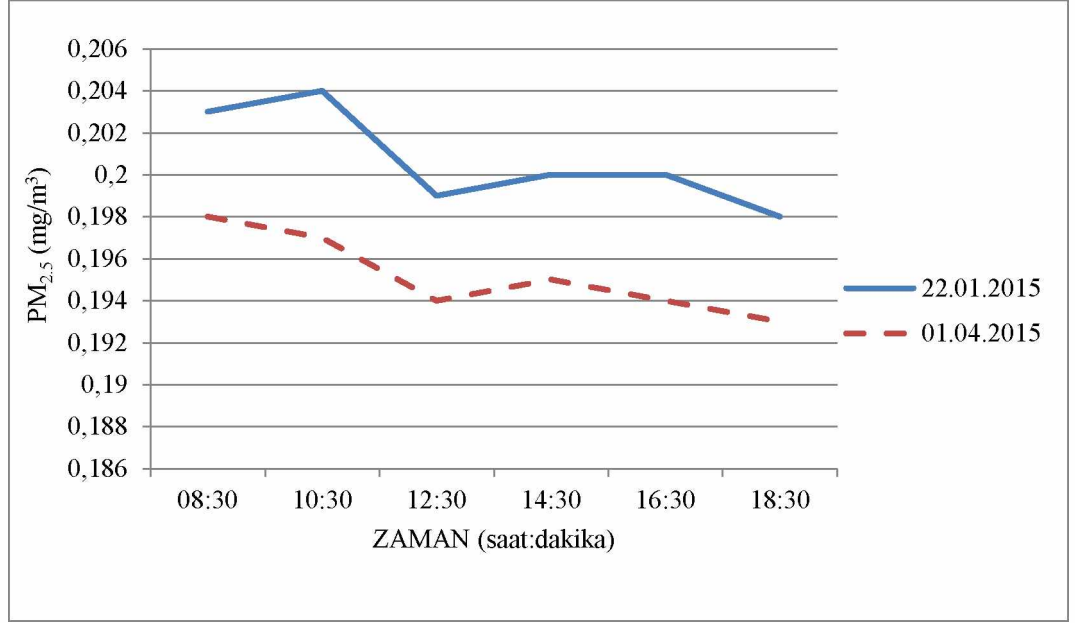
Şekil 5. 10. Kesim bölümü 7. nokta $PM_{2,5}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi.

1. Kesim bölümünün 7 numaralı ölçüm noktasında yanında 2 adet zımpara taşında işlem yapılmasından dolayı değerler kesim bölümünün diğer ölçüm noktalarına kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Bu bölümde 22.01.2015 tarihinde İzmir ilinde havanın 3 santigrat derece olmasından dolayı tavan pencereleri açılmamıştır. Bu bölümde sadece kesim yapıldığından ve kesim yapılan makinelerin çıkardığı toz konsantrasyonunun yüksek olmamasından dolayı lokal havalandırma sistemi yapılmamış, doğal havalandırma sağlanmıştır. 01.04.2015 tarihinde İzmir ilinde sıcaklığın 22 santigrat derece olmasından dolayı bu tarihte kesim bölümündeki tavan pencereleri açılmış ve $PM_{2.5}$ değerlerinde düşüş gözlenmiştir.

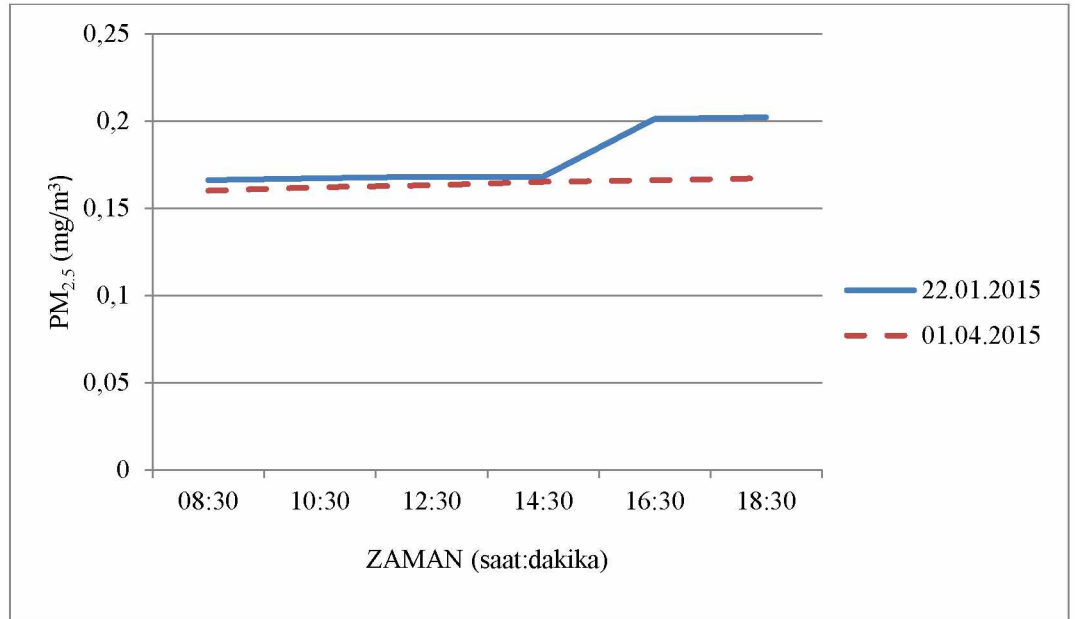
2. Şekil 5.11-5.15 de kesim bölümündeki diğer ölçüm noktalarına ait değerler gösterilmiştir. Değerlerde kayda değer bir yükseliş ya da düşüş meydana gelmemiştir. Nisan ayındaki değerlerdeki düşüşün nedeni doğal havalandırma ile ortamın havalandırılmasıdır.



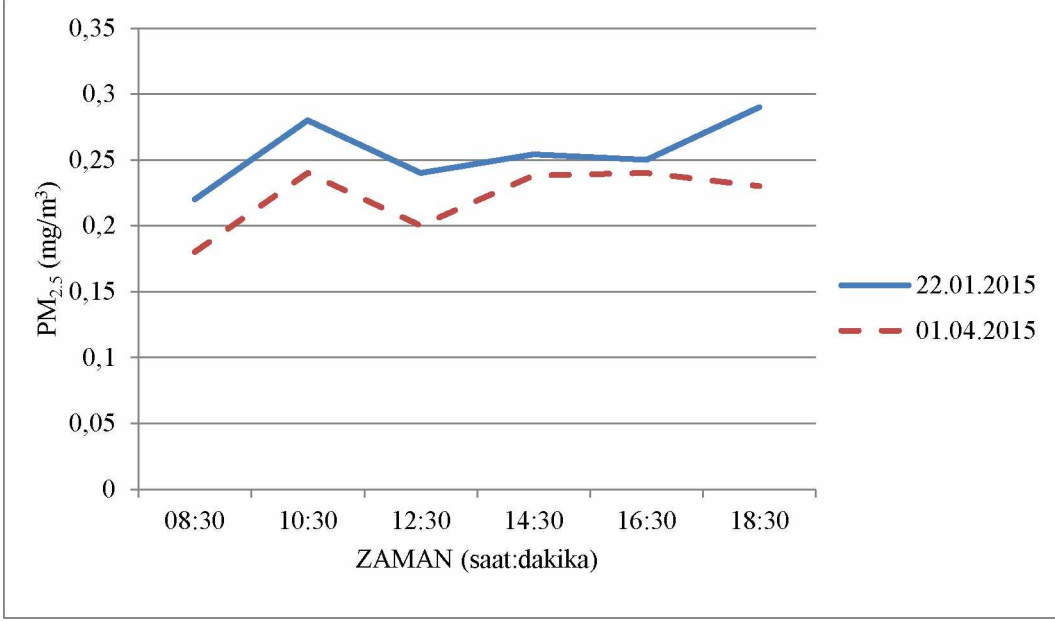
Şekil 5. 11. Kesim bölümü 8. nokta $PM_{2.5}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi.



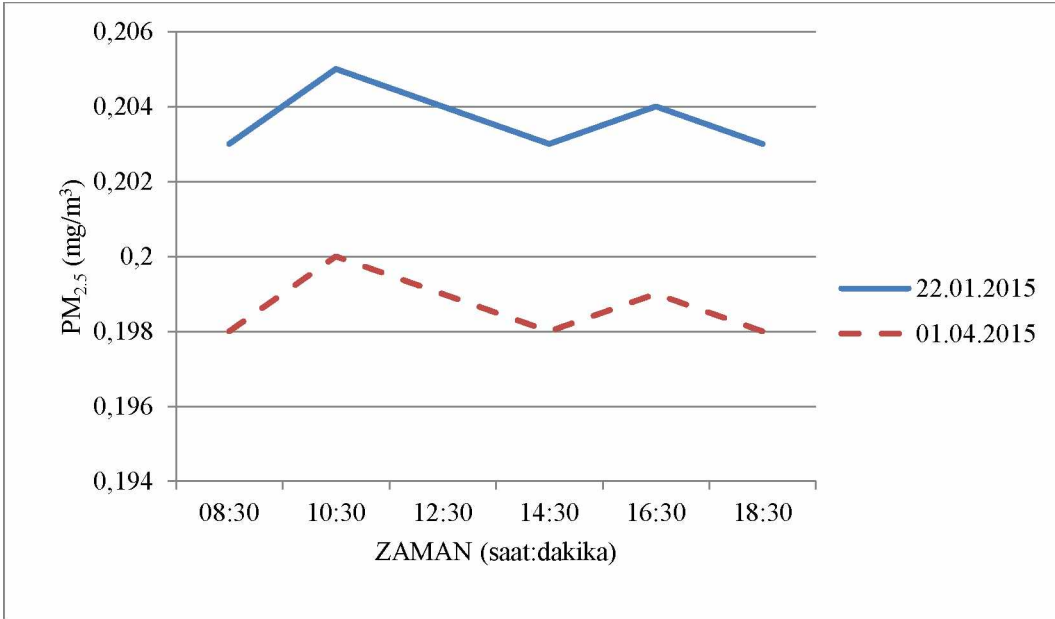
Şekil 5. 12. Kesim bölümü 9. nokta PM_{2,5} konsantrasyonunun zamanla değişimi.



Şekil 5. 13. Kesim bölümü 10. nokta PM_{2,5} konsantrasyonunun zamanla değişimi.



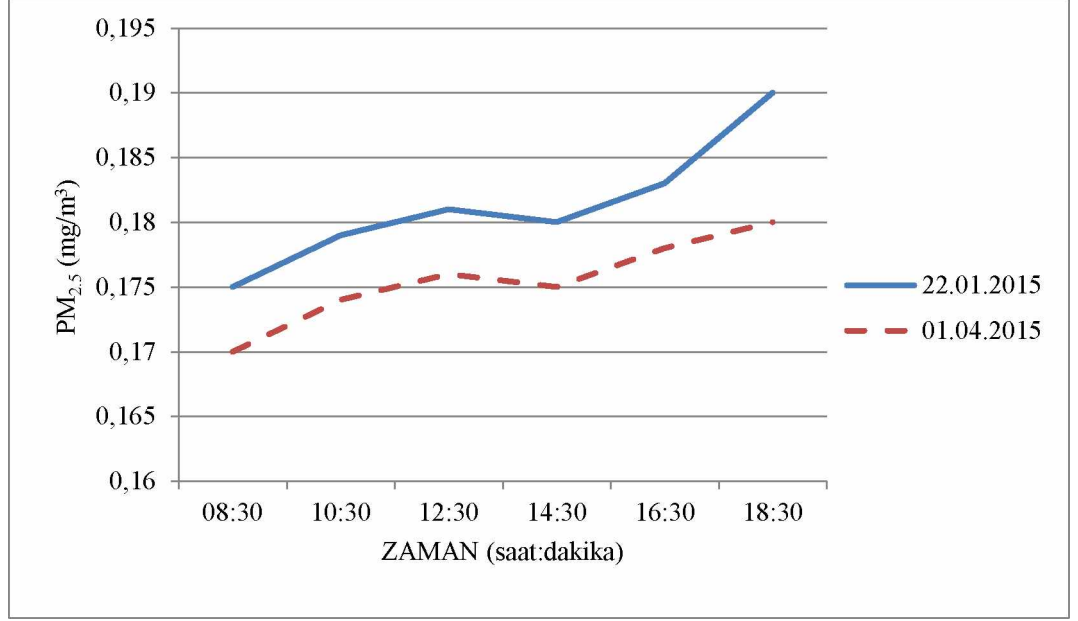
Şekil 5. 14. Kesim bölümü 11. nokta PM_{2,5} konsantrasyonunun zamanla değişimi.



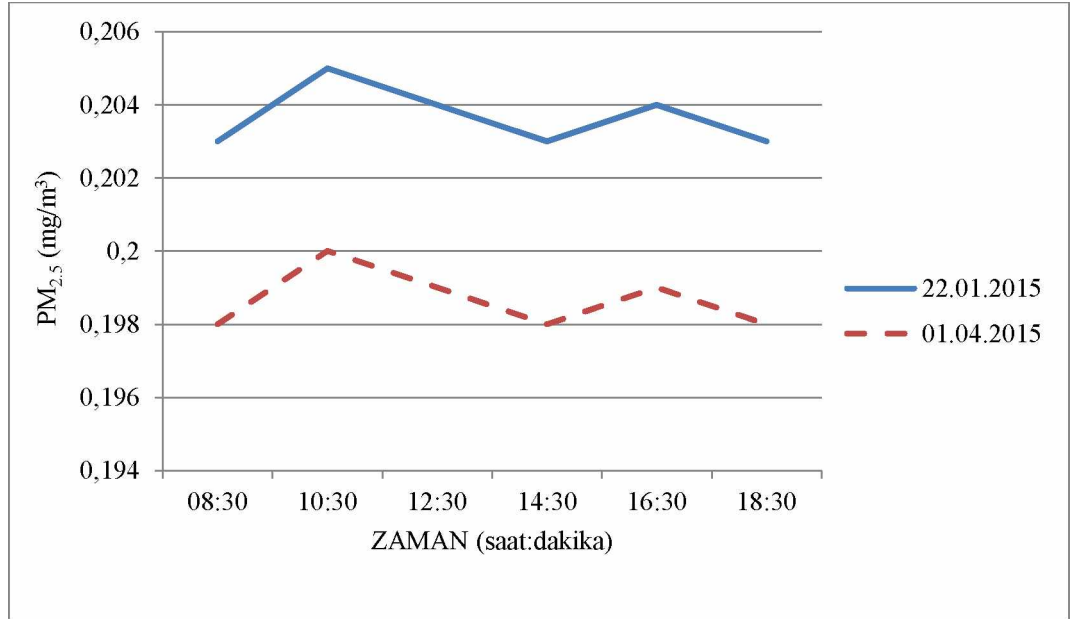
Şekil 5. 15. Kesim bölümü 12. nokta PM_{2,5} konsantrasyonunun zamanla değişimi.

1. Şekil 4.2'de gösterilen kesim Bölümü 8-12. noktaların ölçüm sonuçları Şekil 5.11-5.15'de gösterilmiştir. Kesim bölümünde 8 saatlik çalışma süresi boyunca kesilen poşet miktarı değişmemektedir. Dolayısıyla değerlerde önemli miktarda yükselme veya düşme gözlenmemiştir.

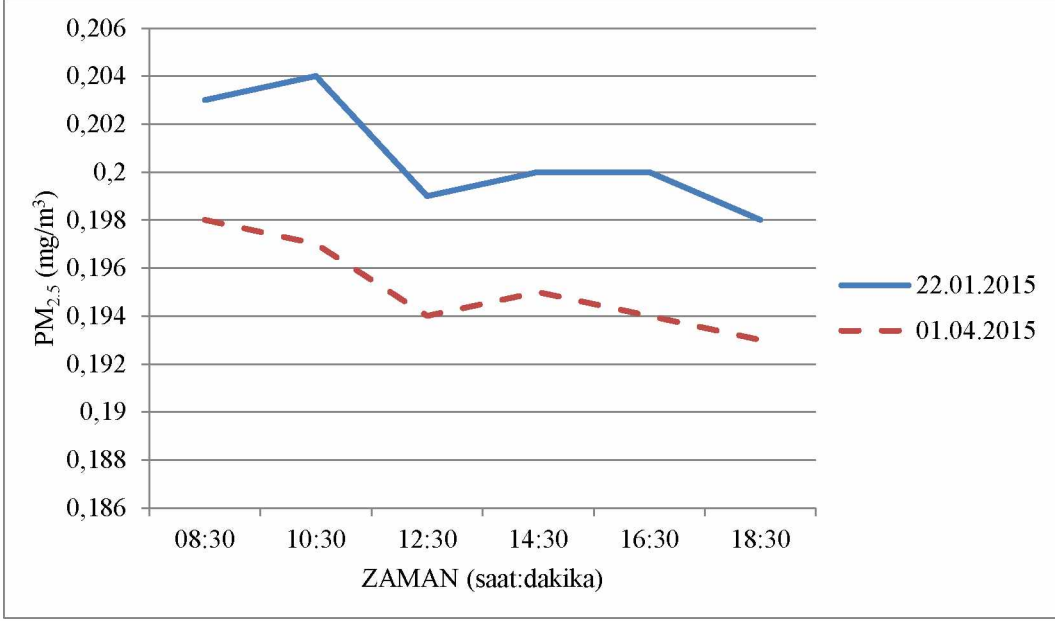
2. 01.04.2015 tarihinde kesim bölümünde tavan pencereleri açılarak doğal havalandırma yöntemiyle üretim alanı tüm gün havalandırılmıştır. Dolayısıyla partikül madde konsantrasyonunda azalma meydana gelmiştir.



Şekil 5. 16. Ekstrüder bölümü 13. nokta $PM_{2,5}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi.



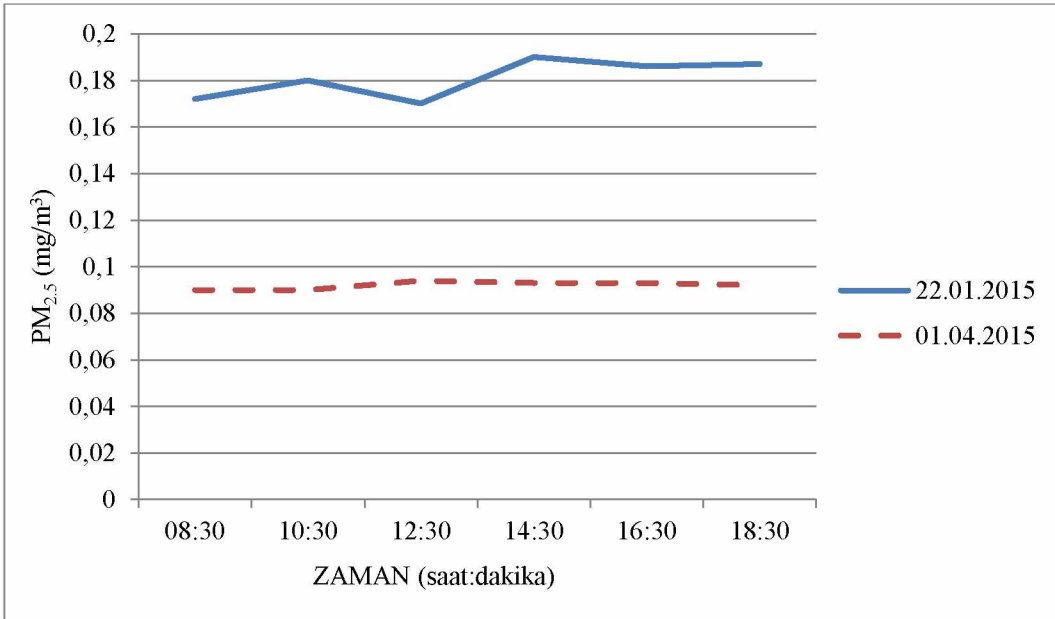
Şekil 5. 17. Ekstrüder bölümü 14. nokta $PM_{2,5}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi.



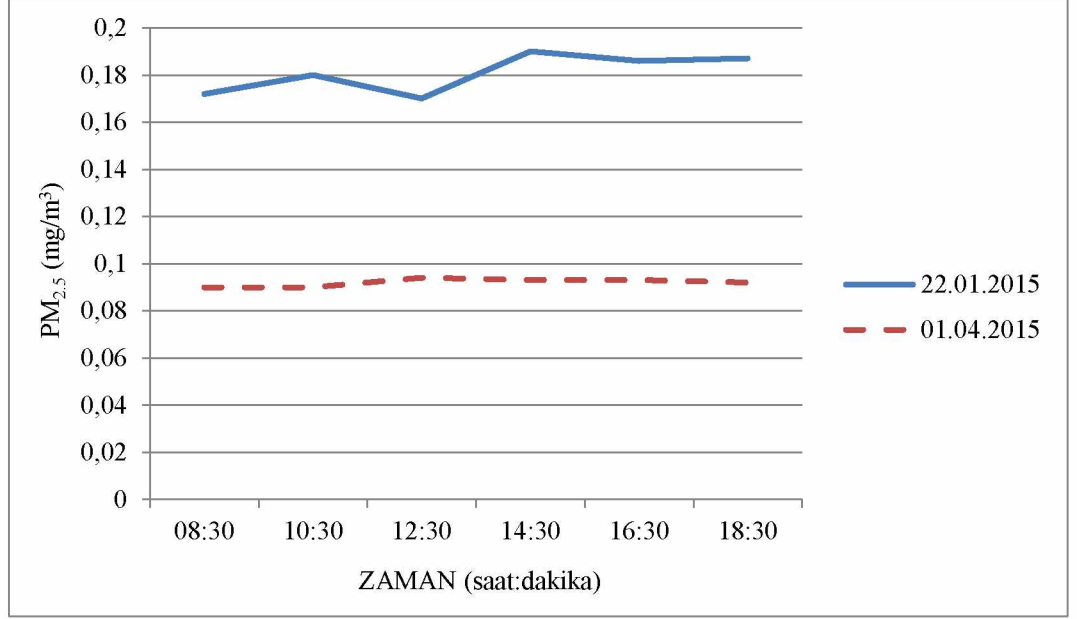
Şekil 5. 18. Ekstrüder bölümü 15. nokta $PM_{2,5}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi.

1. Şekil 4.2’de gösterilen ekstrüder bölümü 13-15. noktaların ölçüm sonuçları Şekil 5.16-5.18’de gösterilmiştir. Nisan ayındaki düşüşün nedeni aynı bölümde bulunan 4 adet ekstrüzyon film makinelerinin her birine uygulanan lokal havalandırma sisteminin ortam havasını iyileştirmesinden dolayıdır.

2. Her iki tarihte de saat 12:30’da çalışanların yemek molası vermesi dolayısıyla makinelerin kapatılmasından dolayı değerlerde sabah ve öğleden sonra saatlerine göre düşüş gözlenmiştir.

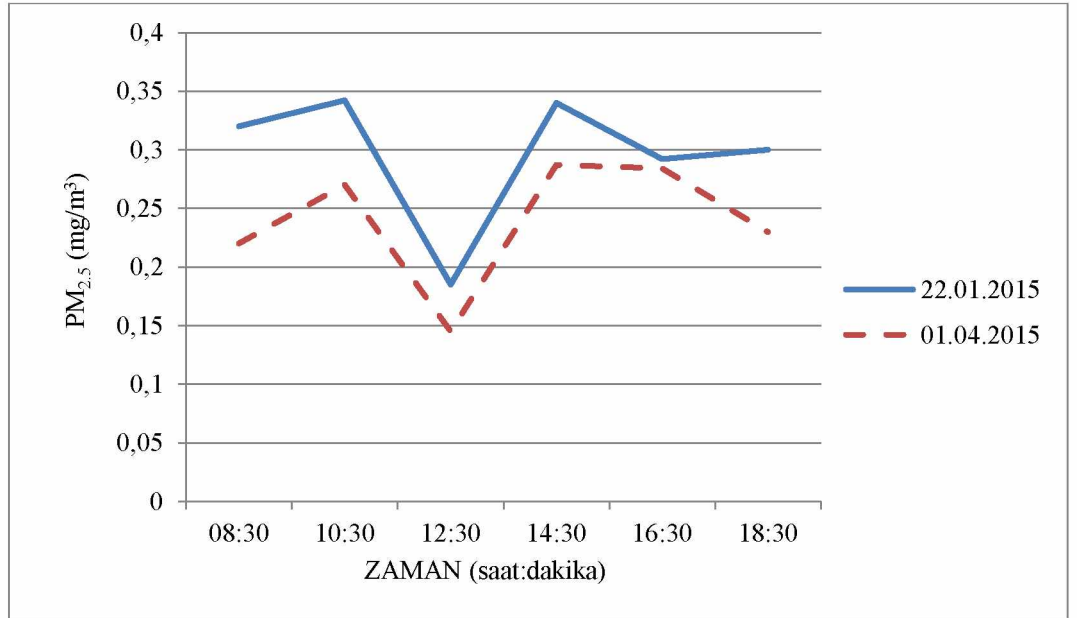


Şekil 5. 19. Ekstrüder bölümü 16. nokta $PM_{2,5}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi.

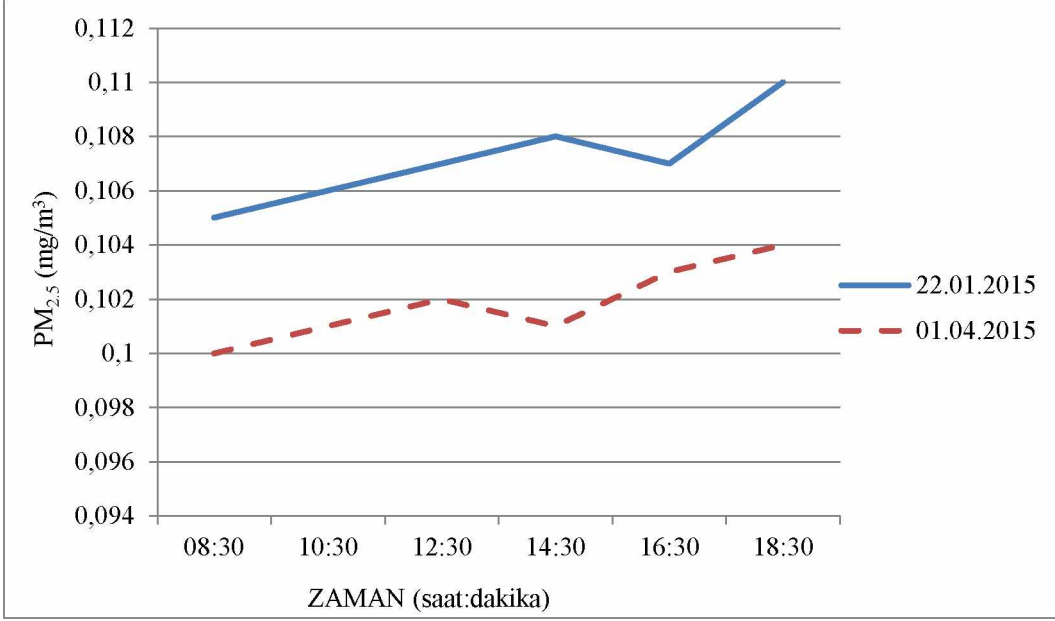


Şekil 5. 20. Ekstrüder Bölümü 17. Nokta $PM_{2,5}$ Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi.

1. Şekil 4.2’de gösterilen ekstrüder bölümü 16-17. noktaların ölçüm sonuçları Şekil 5.19- 5.20’de gösterilmiştir. 22.01.2015 tarihinde partikül madde konsantrasyon değerlerinde yükseklik gözlenmiştir. Ancak ölçüm noktası olan ekstrüzyon film makinesine lokal havalandırma sistemi teçhiz edildiğinden dolayı 01.04.2015 tarihinde yapılan ölçümlerde değerler 0,09’lara kadar düşmüştür.

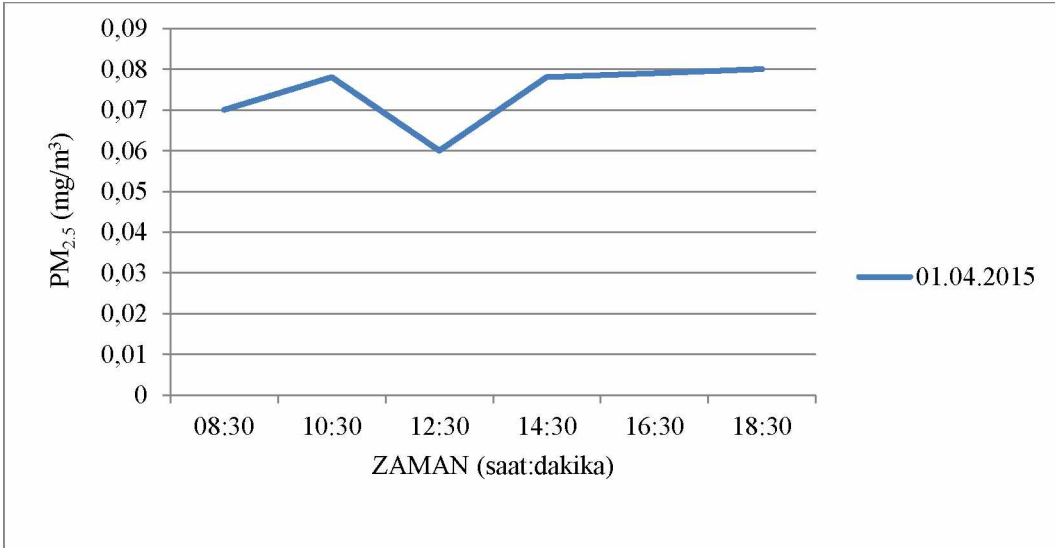


Şekil 5. 21. Ekstrüder bölümü 18. nokta $PM_{2,5}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi.



Şekil 5. 22. Ekstrüder bölümü 19 ve 20. noktalarda $PM_{2,5}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi.

1. Şekil 4.2’de gösterilen ekstrüder bölümü 18-20. noktaların ölçüm sonuçları Şekil 5.21-5.22’de gösterilmiştir. Bu bölümün ekstrüzyon film makinelerinden uzak olmasından dolayı bu kısımlarda $PM_{2,5}$ değerlerinde düşüşler meydana gelmiştir. Çünkü ekstrüzyon film makinelerinin olduğu bölümde polietilene hava üflenerek şişirilmesi esnasında ortama az da olsa partikül madde yayılmaktadır. Ancak 01.04.2015 tarihinde yapılan ölçümlerde ekstrüzyon film makinelerine uygulanan lokal havalandırmaların etkisi bu kısımda da görülmüştür ve değerler 22.01.2015 tarihine göre düşmüştür.



Şekil 5. 23. Ofis bölümü 21. nokta $PM_{2,5}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi.

1. Ofis bölümü üretimin bölümünün bir üst katında bulunmakta olup, bu bölüm üretim alanındaki kirleticilerden etkilenmemektedir. Dolayısıyla değerlerde ani değişiklikler olmamıştır.

Çizelge 5.2. Fabrika üretim alanında tüm ölçüm noktalarındaki havalandırma öncesi ve havalandırma sonrası ortalama PM_{2.5} konsantrasyonları.

	Havalandırma Yok	Havalandırma Var
Ölçüm Noktası	22.01.2015 Ölçüm Ortalamaları	01.04.2015 Ölçüm Ortalamaları
1	0,243	0,2133
2	0,2492	0,2256
3	0,2965	0,2393
4	0,2443	0,2143
5	0,295	0,2383
6	0,2256	0,2213
7	0,3768	0,3718
8	0,2036	0,1986
9	0,2006	0,1951
10	0,1706	0,1638
11	0,2556	0,2213
12	0,2037	0,1986
13	0,1813	0,1755
14	0,2036	0,1986
15	0,2006	0,1952
16	0,1083	0,092

17	0,18083	0,092
18	0,2965	0,2393
19	0,1071	0,1018
20	0,1071	0,1018

PM₁ PM₄ PM_{2.5} PM₁₀ ölçümlerinde göz önünde bulunan değerler 05.11.2013 tarihli resmi gazetede yayınlanan 28812 sayılı “Tozla Mücadele Yönetmeliği” ekinde yer alan Ek-1`deki sınıflandırma dikkate alınır. Ayrıca ‘6331 sayılı Kanun uyarınca çıkarılan mevzuatın uygulanmasında uluslararası kuruluşlarca yayımlanmış sınır değerler de dikkate alınabilir.’ denilmektedir.

Bu yönetmeliğe göre belirlenen sınır değerler PM₁ PM₄ PM_{2.5} PM₁₀ ölçümleri için 5000 mg/m³ dür. Dolayısıyla ölçüm sonuçları bu değerlerin altında çıktığından sonuçların uygunluğu sağlanmıştır.

5.3. VOC (Uçucu Organik Bileşikler) Ölçümü

5.3.1. Tesiste iç ortam hava kalitesine etki eden uçucu organik bileşikler

Naylon poşet hammaddesi olan polietilen; beyazca, yarı geçirgen, yumuşatılabilen ve oldukça dayanıklı bir polimerdir. Piyasada satılan özellikle şeffaf olanıdır. Şeffaflık derecesiyle yoğunluğun ilgisi vardır. Yoğunluk arttıkça şeffaflık artar. Piyasada yoğunluklarına göre polietilenler; alçak yoğunluklu polietilen (AYPE), lineer alçak yoğunluklu polietilen (LAYPE), orta yoğunluklu polietilen (OYPE) ve yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE). Her dört polietilen türünde de monomer etilen olup, polimer molekülünün değişik yapıları ortaya çıkmaktadır. (Plastik Ürünler Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2015) Alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) kullanımında toz oluşumu engellenmelidir. Statik elektrik deşarjında tozlar patlayabilir. Kullanılan elektrik ekipmanlarının topraklaması olmalıdır. Alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) için belirlenmiş kontrol limitleri yoktur. Ancak toksik olmayan maddelerin havada bulunabilecek toz konsantrasyonu limiti 10 mg/m³ olup, bu ortamdaki toplam toz için verilen sınır değerdir. Solunum sisteminin korunması için kullanım alanında yeterli havalandırma sağlanmalıdır. Tozların uzun süreli solunması zararlı olabilir. Gözlerde ve solunum sisteminde tahriş, baş ağrısı, baş dönmesine sebep olabilir. (Alçak yoğunluklu polietilen (AYPE), 2012)

Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) için de özel bir kontrol limiti yoktur. Fakat çevresel şartlarda tehlikesiz toz konsantrasyonları için limit değeri 10 mg/m³ tür. Normal olarak solunum koruması gerektirmez. İşleme ve kullanma esnasında buhar ve ince toz birikimini minimize etmek için yeterli havalandırmanın sağlanması gerekir. Tozun, kabul edilebilir seviyeleri aştığı yerlerde maruz kalınma durumunda baş ağrısına sebep olabilir. Solunduğunda burnu, boğazı ve solunum sistemini tahriş edebilir. (Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) Güvenlik Bilgi Formu, 2013)

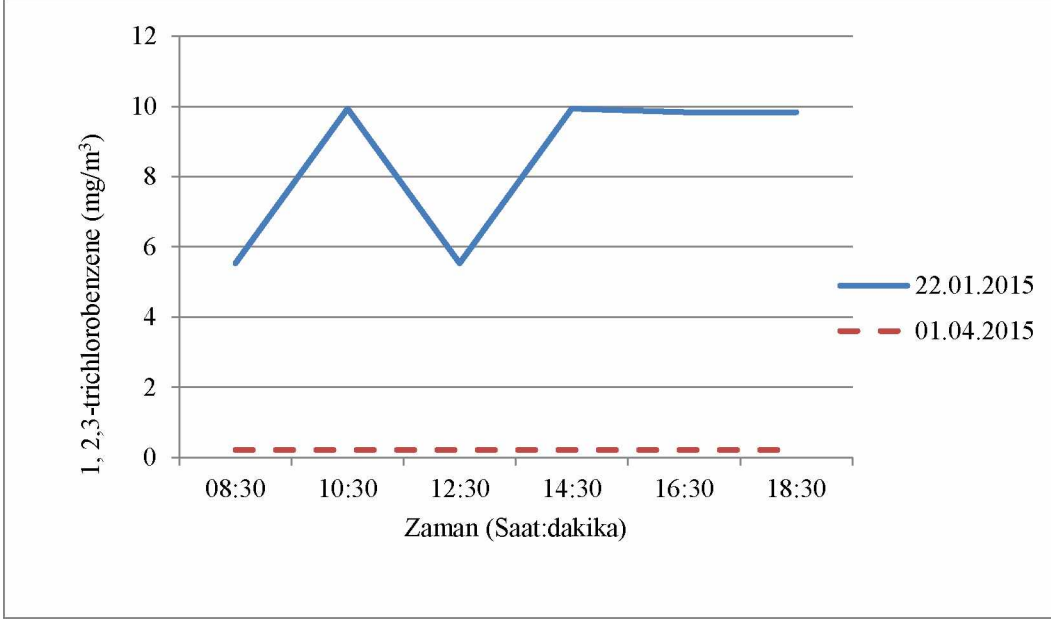
Yine polipropilen için de özel bir kontrol limiti yoktur. Fakat çevresel şartlarda tehlikesiz toz konsantrasyonları için limit değeri 10 mg/m³ tür. Üründen kaynaklanan tozlardan korunmak için P2 filtreli toz maskesi kullanılmalıdır. Ürünü, erime sıcaklığında veya üstündeki sıcaklıklarda kullanırken havalandırma gereklidir. Toz ve proses buharları, burnu, boğazı ve solunum sistemini tahriş edebilir. (Propilen Güvenlik Bilgi Formu, 2011)

Matbaa makinelerinde kullanılan boya kimyasallarından biri Ethylacetatedir. Bu madde kolay alevlenebilir ve tahriş edici özelliğe sahiptir. Malzeme güvenlik bilgi formunda alev alıcı sıvı olarak da tanımlanır. Alev alıcı, buharı havayla karışarak patlayıcı bileşik haline gelebilir. Yüksek ısı yangın ve patlamaya sebep olabilir. Yakıcı ve oksitleyicilerle temasında büyük ölçüde reaksiyona girer. Buharı havadan ağırdır ve zemine yayılarak daha sonra yeniden tutuşmaya sebep olabilir. Çalışma ortamında çok iyi havalandırma, hava sirkülasyonu, ve etkili hava çıkışı sağlanmalıdır. (Ethylacetate Güvenlik Bilgi Formu, 2011, 1-7 s.)

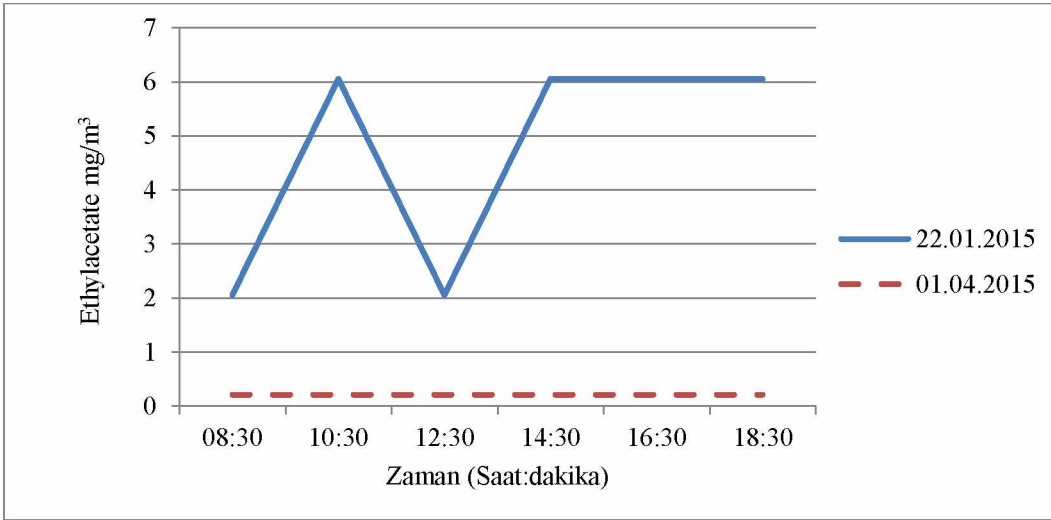
Matbaa makinelerinde uygulanan işlem sırasında açığa çıkan bir diğer madde ise, 1,2,4, Trichlorobenzenedir. Bu madde ısındığında hidrojen kloriti ihtiva eden zehirli ve tahriş edici buharlar çıkarır. Oksitleyicilerle güçlü reaksiyonlara girer. Yanıcıdır ve yandığı zaman zehirli buharlar veya gazlar açığa çıkarır. Teneffüs edildiğinde öksürük, boğaz ağrısı, yanma hissi görülür. Etkili bir havalandırma sistemiyle ortam havasından uzaklaştırılmalıdır. (Trichlorobenzene Kimyasal Güvenlik Kartı, 2015)

5.3.2. VOC ölçüm sonuçları

Fabrikanın matbaa ve ekstrüder bölümünde Şekil 4.1'de gösterildiği gibi 5 noktada VOC ölçümleri yapılmıştır. VOC ölçümlerinde bulunan kimyasal maddeler üretim gereği açığa çıkan kimyasal maddelerdir. Bu maddeler 5.3.1'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır. VOC ölçüm sonuçlarının sayısal değerleri Şekil 5.24-5.33 arasında verilmiştir.



Şekil 5.24. Ekstrüder bölümünde 1. ölçüm noktasında, 1, 2,3 - trichlorobenzene konsantrasyon değişimi.



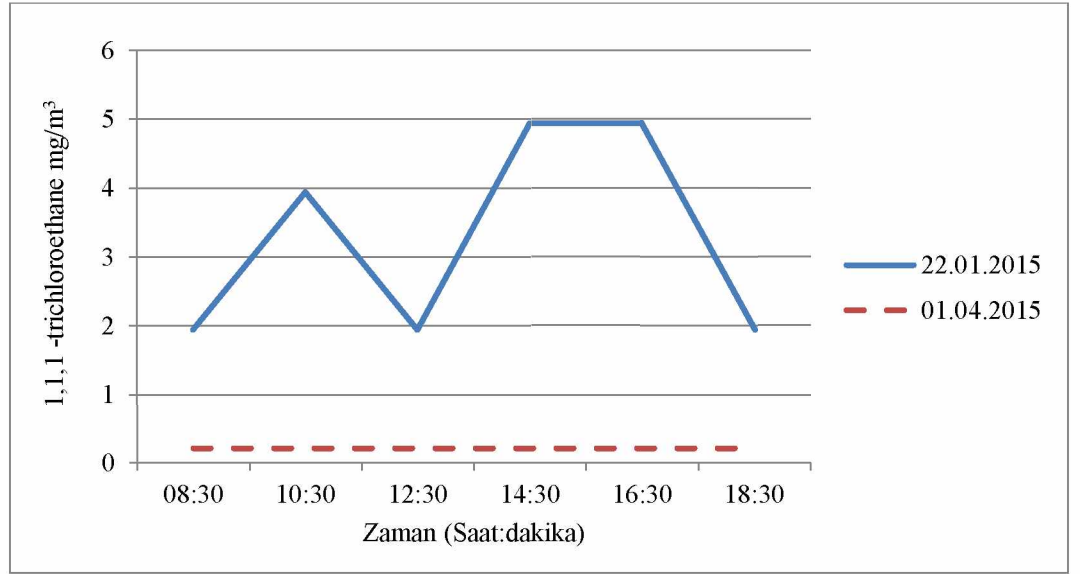
Şekil 5.25. Ekstrüder bölümünde 1. ölçüm noktasında, ethylacetate konsantrasyon değişimi.

1. Ekstrüder bölümünde 1. ölçüm kesim makineleri arasında yapılmıştır. Ancak kesim makineleri ekstrüzyon film makineleri ile aynı alanda olduğundan ekstrüzyon film makinelerinden çıkan kimyasallar kesim alanına da yansımaktadır. Ayrıca ekstrüzyon film makinelerine uygulanan lokal havalandırma sistemlerinin etkisi de yine kesim makinelerinin olduğu kısımda görülmüştür. Ekstrüder bölümünde 1. noktada yapılan 1,2,3-trichlorobenzene ve Ethylacetate ölçümlerinde her iki tarihte de saat 10:30'da değerlerin yükseldiği görülmektedir. Bunun nedeni sabah saat 08:30'da henüz 2 ekstrüzyon film makinesinde çalışma başlamış ancak diğer 2 adet ekstrüzyon film makinesinde

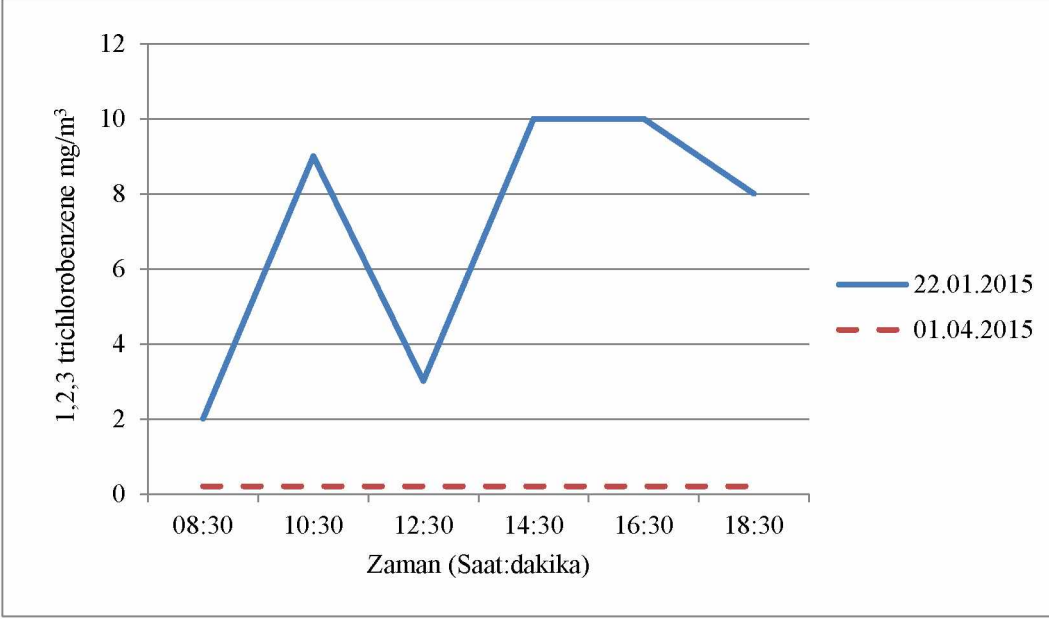
hammadde beslemesi yapılmamıştır ve makineler çalışmaya başlamamıştır. Bundan dolayı 08:30'da değerler düşük çıkmıştır.

2. Şekil 4.1'de gösterilen 1. noktadaki ölçüm sonuçlarına baktığımız zaman değerlerin 12:30'da düştüğünü görüyoruz. Bunun nedeni işçilerin makineleri kapatıp yemek molasına ayrılmasındandır. Dolayısıyla ortamdaki her iki değer de düşmüştür. Ancak sabah saatlerinde çalışma yapıldığından makineler kapatılsa da değerler sıfırı bulmamıştır.

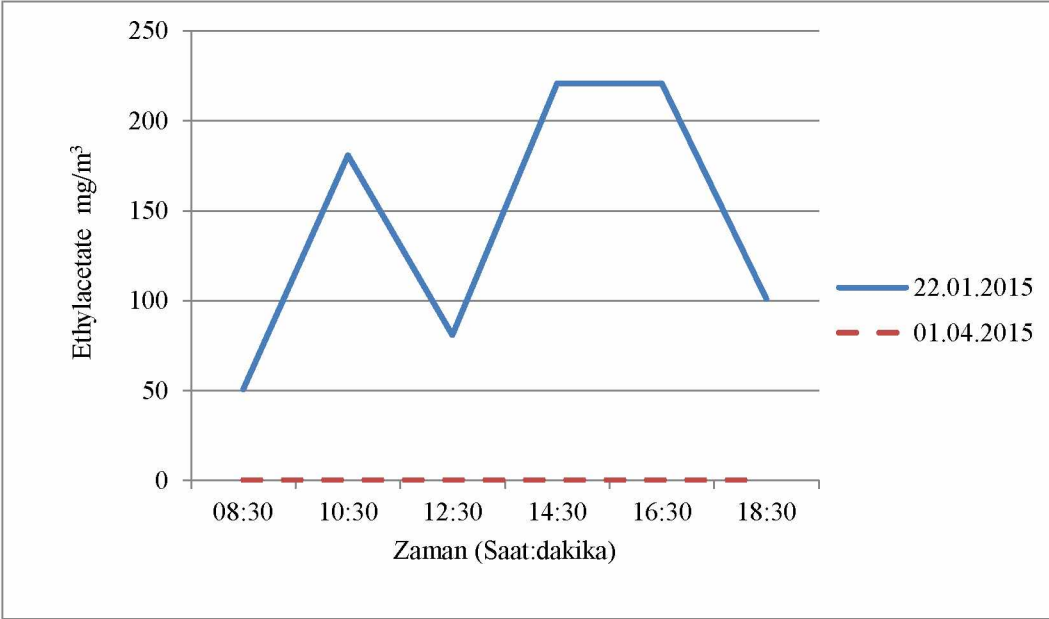
3. Ekstrüder bölümündeki 4 adet ekstrüzyon film makinesine lokal havalandırma sistemleri Nisan başı itibariyle tamamlanmıştır. Dolayısıyla 01.04.2015 tarihinde yapılan ölçüm sonuçları 22.01.2015 tarihindeki ölçüm sonuçlarına göre hissedilebilir oranda azalmıştır. 01.04.2015 tarihinde yapılan ölçüm esnasında ölçüm cihazındaki değerler minimum dedeksiyon limitine düşmüştür. Bu değer $0,208 \text{ mg/m}^3$ tür. Bu değer konsantrasyonun inebileceği minimum değerdir. Dolayısıyla 01.04.2015 tarihinde tüm ölçüm aralıklarında değer sabit çıkmıştır.



Şekil 5.26. Ekstrüder bölümünde 2. ölçüm noktasında, 1,1,1 - trichloroethane konsantrasyon değişimi.



Şekil 5.27. Ekstrüder bölümünde 2. ölçüm noktasında, 1,2,3 trichlorobenzene konsantrasyon değişimi.



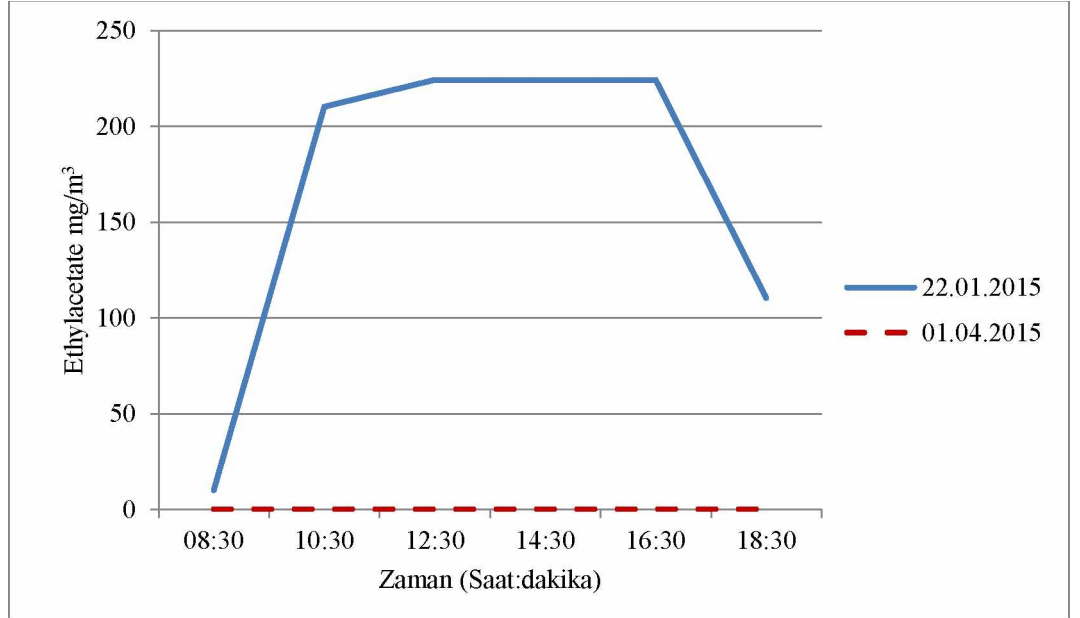
Şekil 5.28. Ekstrüder bölümünde 2. ölçüm noktasında, ethylacetate konsantrasyon değişimi.

1. Şekil 4.1’de gösterilen ekstrüder bölümü 2. noktada yapılan ölçümlerde 3 farklı kimyasala rastlanmıştır. Bu kimyasalların zamanla değişim konsantrasyonları Şekil 5.24-5.27 arasında verilmiştir.

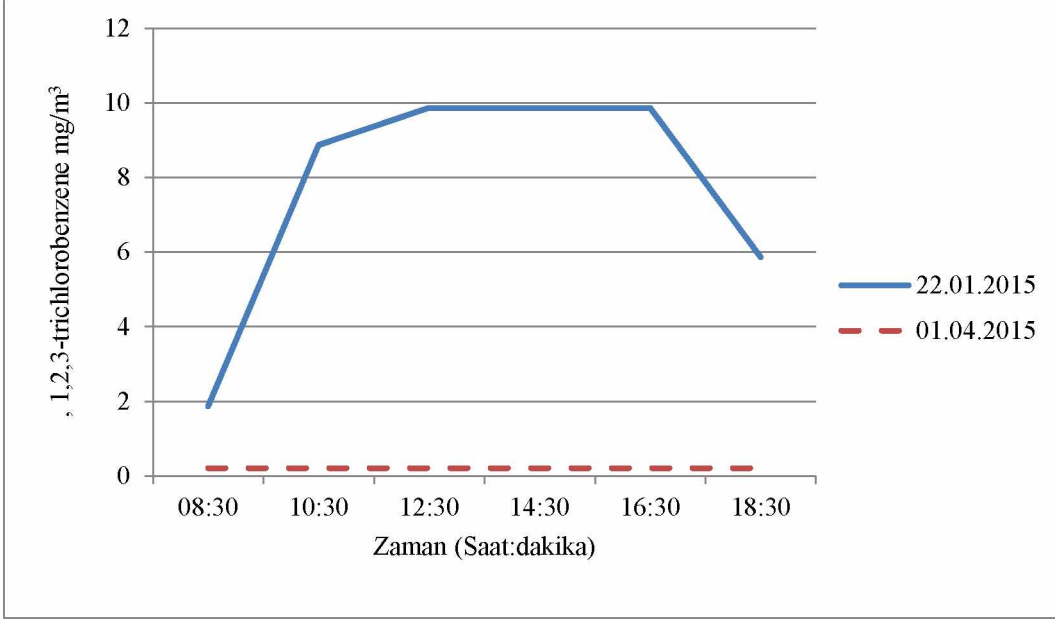
2. Her 3 kimyasalda da belirli zamanlarda artış ve düşüşler gözlenmiştir. Saat 08:30’da 2 adet ekstrüzyon film makinesine hammadde girişi yapılmamıştır ve çalışmamaktadır. Yalnız 2 adet ekstrüzyon film makinesi çalışır vaziyettedir

dolayısıyla 08:30'da ölçülen değerler diğer saatlere göre düşük çıkmıştır. Yine saat 12:30'da makineler kapatılıp öğle yemeğine çıkıldığından değerlerde biraz düşüş gözlenmiştir. Saat 18:30'a kadar çalışma durağan gittiği için değerler sabittir. Ancak saat 18:30'da makinelerden birinde hammadde bittiğinden ve hammadde girişi ertesi güne kaldığından değerlerde biraz düşüş gözlenmiştir.

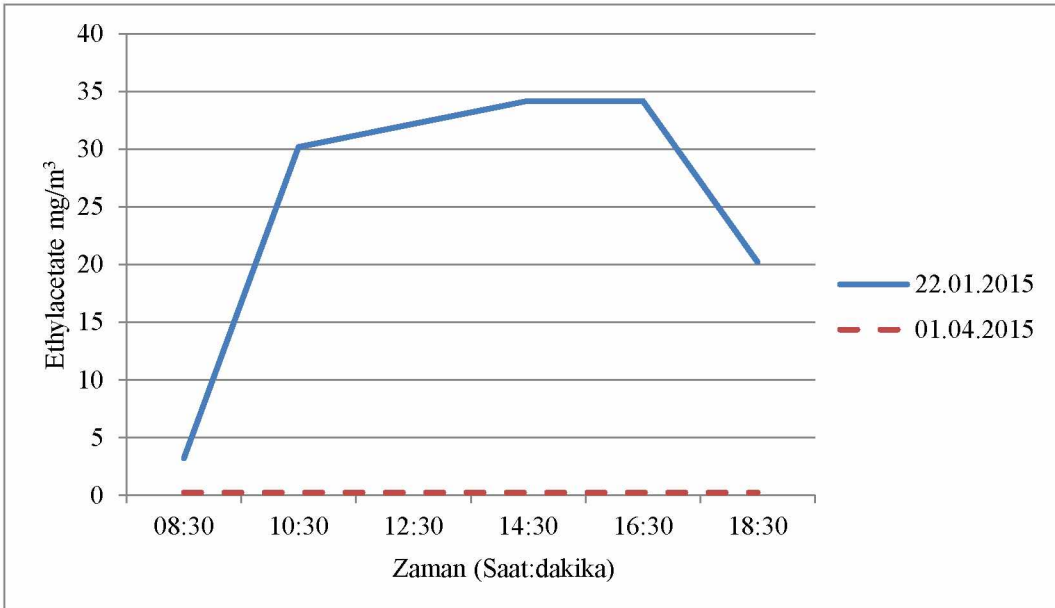
3. 22.01.2015 tarihinde ölçülen değerler 01.04.2015 tarihinde ölçülen değerlere göre yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni 4 adet film ekstrüzyon makinesine uygulanan lokal havalandırma sistemleridir. Ortamdaki kimyasal konsantrasyonları minimum dedeksiyon limitine düşmüştür. Bu değerlerin altını ölçüm cihazı dahi okuyamamaktadır. Buradan görüleceği üzere yapılan lokal havalandırma sistemleri ortam havasının iyileştirilmesinde önemli ölçüde etkili olmuştur.



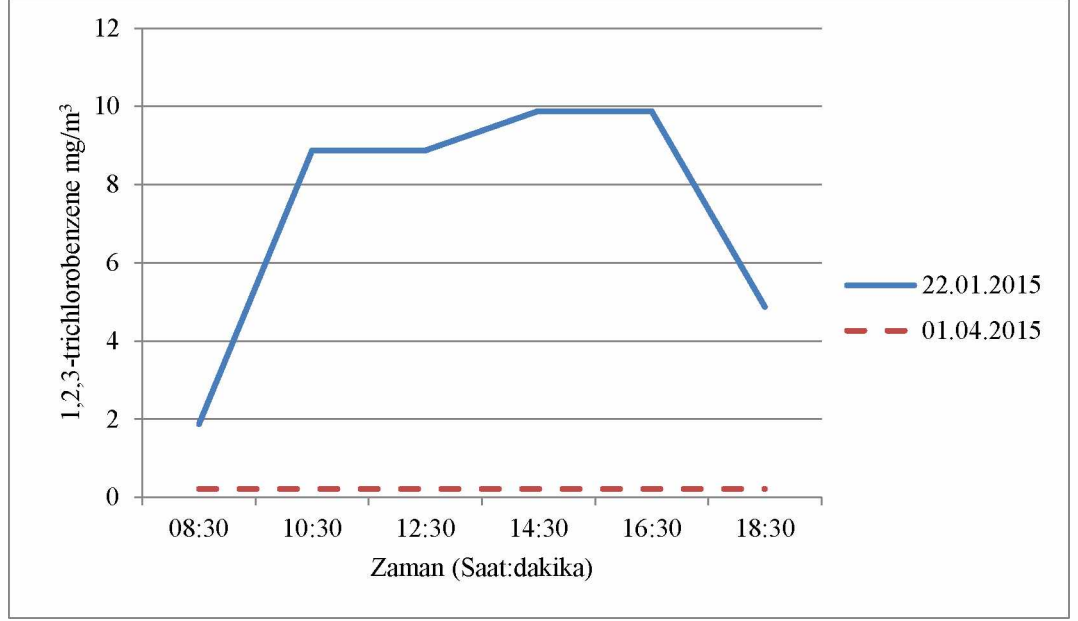
Şekil 5.29. Matbaa bölümünde 3. ölçüm noktasında, ethylacetate konsantrasyon değişimi.



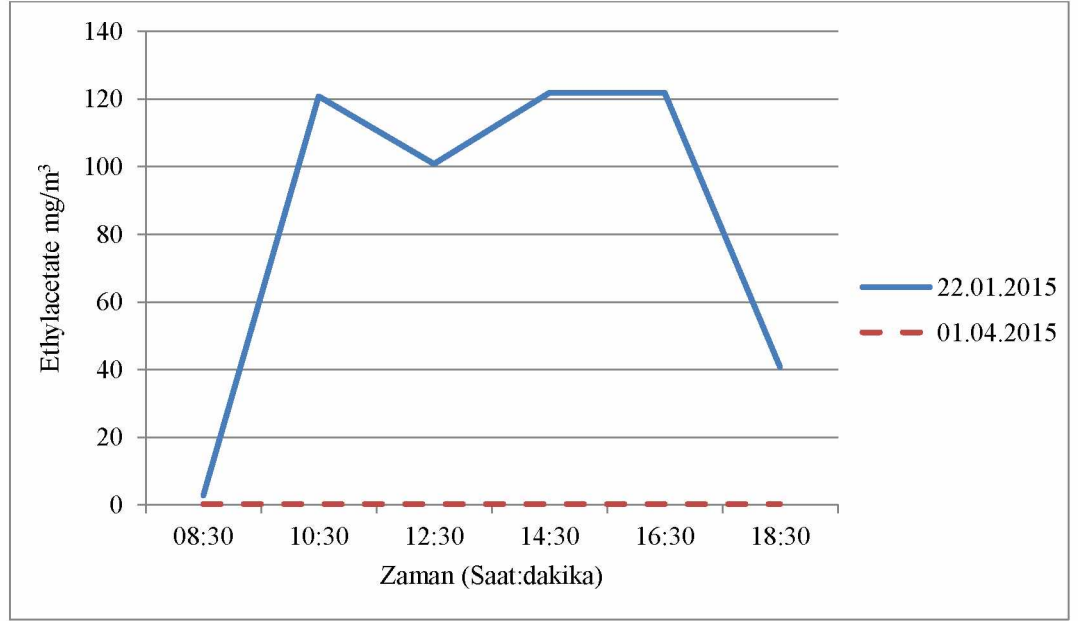
Şekil 5.30. Matbaa bölümünde 4. ölçüm noktasında, 1,2,3 - trichlorobenzene konsantrasyon değişimi.



Şekil 5.31. Matbaa bölümünde 4. ölçüm noktasında, ethylacetate konsantrasyon değişimi.



Şekil 5.32. Matbaa bölümünde 5. ölçüm noktasında, 1,2,3-trichlorobenzene konsantrasyon değişimi.



Şekil 5.33. Matbaa bölümünde 5. ölçüm noktasında, ethylacetate konsantrasyon değişimi.

1. Matbaa bölümünde 3 noktada VOC ölçümü yapılmış olup, grafikleri Şekil 5.29-5.33 arasında verilmiştir. 3 noktada da sabah saat 08:30'da matbaa makinelerinde çalışma başlamadığından değerler çok düşük miktarlarda seyretmiştir.

2. Her iki tarihte de saat 10:30'da 3 adet matbaa makinesi de çalıştığından değerlerde artış gözlenmiştir.

3. Her iki tarihte de saat 18:30'a kadar deęerler sabit devam etmiř ancak 18.30'da makineler kapatıldıęından deęerlerde dūřuř gōzlenmiř ve ortamdaki konsantrasyon dūřmedięinden belli miktarda kimyasal ortam havasında kalmıřtır.

4. Her iki tarihte de saat 12:30'da iřçiler yemeęe çıkmıřtır ancak makineler çalıřmaya devam ettięinden bu saatlerde deęerlerde bir dūřuř gōzlenmemiřtir.

Çizelge 5.3. Fabrika matbaa bölümü ve ekstrüder bölümü ölçüm noktalarındaki havalandırma öncesi ve havalandırma sonrası ortalama VOC konsantrasyonları.

Ölçüm Noktası	Havalandırma Yok			Havalandırma Var
	22.01.2015 1,2,3- trichlorobenze ne Ölçüm Ortalamları	22.01.2015 Ethylacetate Ölçüm Ortalamları	22.01.2015 1,1,1- trichloroethane Ölçüm Ortalamları	01.04.2015 1,2,3-1,1,1 trichloroethane Ethylacetate Ölçüm Ortalamları
1	8,43	4,7166	3,2733	0,208
2	7,01	142,4167	-	0,208
3	-	167,27	-	0,208
4	7,6933	25,68	-	0,208
5	7,37	84,77	-	0,208

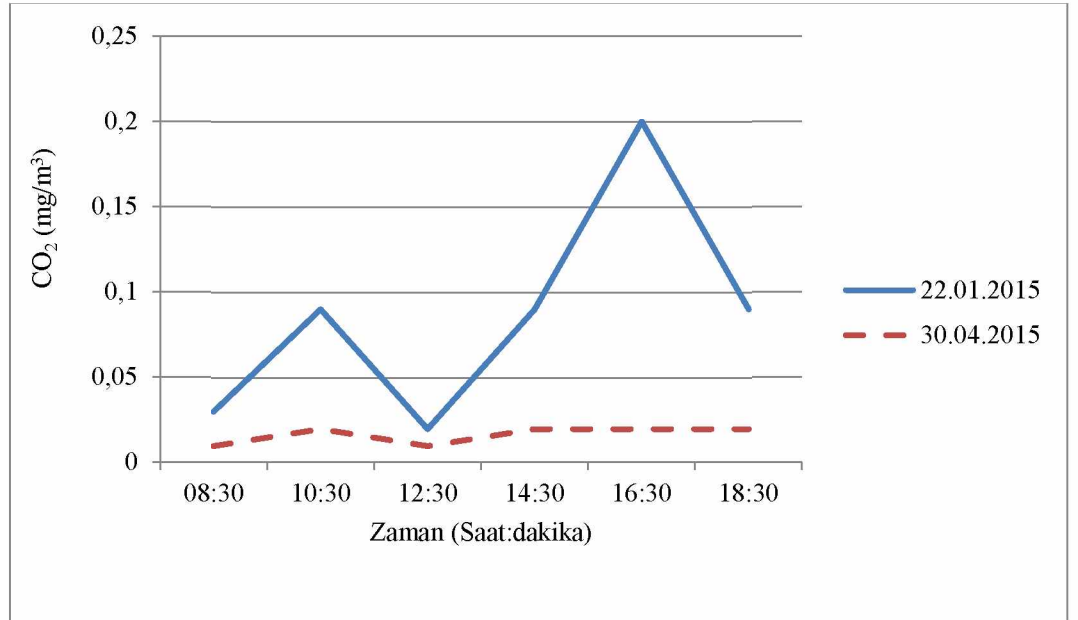
VOC ölçümlerinde göz önünde bulunan değerler 12.08.2013 tarihli resmi gazetede yayınlanan 28733 sayılı 'Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik' doğrultusunda yapılan ölçümlerdir.

Tespit edilen ölçüm sonuçları Yönetmeliğin EK-1 Listesine göre değerlendirilir.' Ölçüm yapılan gaz veya buharın sınır değerleri listede olmaması durumunda 6331 sayılı Kanun uyarınca çıkarılan mevzuatın uygulanmasında uluslararası kuruluşlarca (OSHA, NIOSH) yayımlanmış sınır değerler de dikkate alınabilir.' Denmektedir.

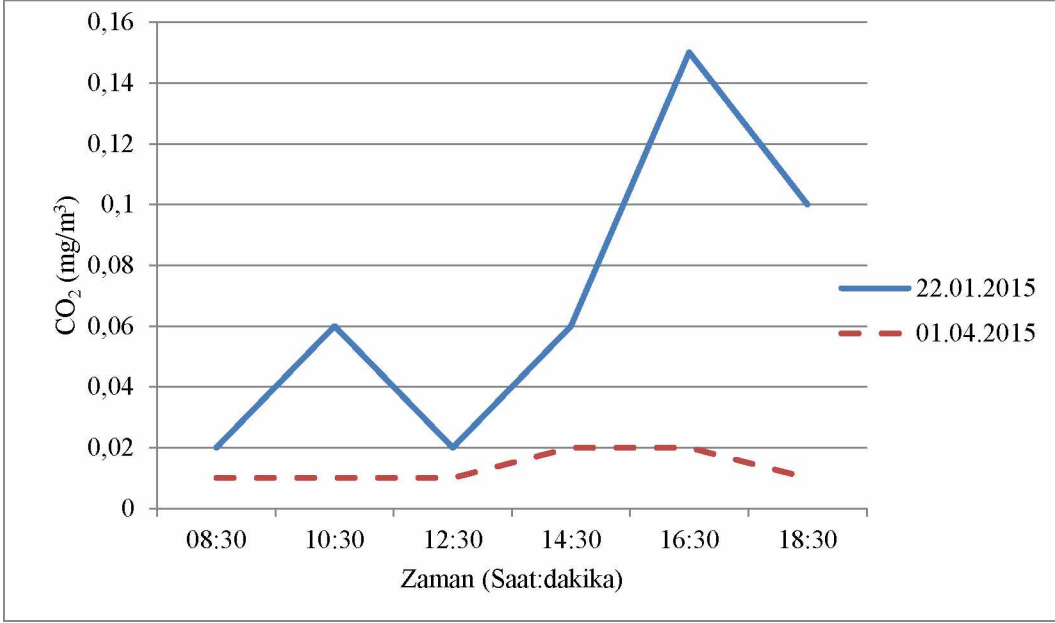
Dolayısıyla ölçüm sonuçları ‘Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik’(100,00mg/m³) ve OSHA’ya göre belirtilen sınır değerin (1400mg/m³) altında kalmıştır.

5.4. CO₂ Ölçüm Sonuçları

Fabrika ortamında CO₂ çıkışını sağlayacak şekilde bir üretim söz konusu değildir. Ancak fabrikada forkliftin belirli zamanlarda kullanılmasından kaynaklı ve fabrika ortamındaki çalışan sayısının bir değişiklik göstermeden sabit olması CO₂ çıkışına sebep olmaktadır. Şekil 4.1’ de gösterilen 5 noktada gün boyunca yapılan CO₂ ölçüm sonuçlarının sayısal değerleri Şekil 5.34-5.38 arasında verilmiştir.



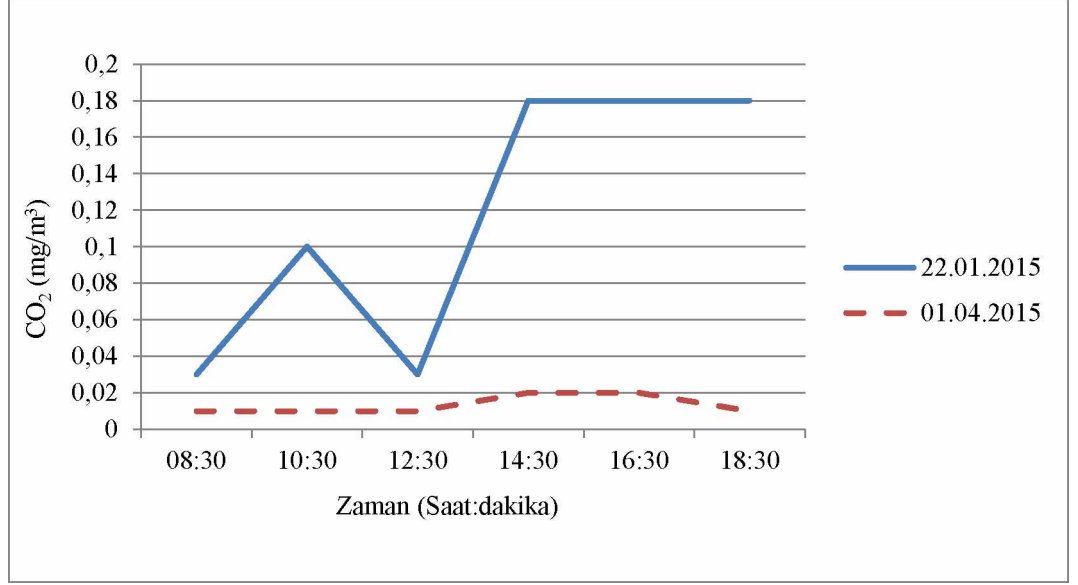
Şekil 5.34. Ekstrüder bölümünde 1. ölçüm noktasında, CO₂ konsantrasyon değişimi.



Şekil 5.35. Ekstrüder bölümünde 2. ölçüm noktasında, CO₂ konsantrasyon değişimi.

1. Şekil 4.1’de gösterilen ekstrüder bölümü 1. noktada toplamda 3 kişi çalışmaktadır. Burada 22.01.2015 tarihinde yapılan ölçümde saat 08:30’da CO₂ konsantrasyonu düşük çıkmıştır. Çünkü henüz 1 çalışan makine başına gelmiştir. Saat 12:30’da ise CO₂ konsantrasyonun düşük çıkmasının nedeni, çalışanların yemek molası için yemekhaneye gittiklerindedir. Saat 16:30’da CO₂ konsantrasyonu yükselmiştir. Bunun nedeni, ekstrüder bölümüne forkliftin girerek malzeme getirmesidir.

2. Ekstrüder bölümünde yapılan havalandırmalar sonucu 01.04.2015 tarihinde ölçülen CO₂ değerleri, 22.01.2015 tarihinde ölçülen değerlere göre düşüktür. Bu değerlerde çok fazla değişiklik olmamıştır. Ortamdaki CO₂ konsantrasyonu bu tarihte hemen hemen aynı değerlerde seyretmiştir.



Şekil 5.36. Matbaa bölümünde 3., 4.ve 5. ölçüm noktasında, CO₂ konsantrasyon değişimi.

1. Şekil 4.1’de gösterilen matbaa bölümünde 3,4 ve 5. noktalarda yapılan ölçümlerde CO₂ değerleri aynı çıkmıştır. Bundan dolayı 3 noktanın ölçüm sonuçları tek bir grafikte gösterilmiştir. Bu bölümde toplamda 6 kişi çalışmaktadır. Makineler birbirine yakın olup her bir makinede 6 işçi çalışmaktadır.

2. Matbaa bölümünde 22.01.2015 tarihinde yapılan ölçümlerde saat 08:30’da bölüme 1 işçi gelmiştir. 10:30 ve 14:30 saatlerinde ise işçiler makinelerin başında çalışmaktadır. Bu saatlerde değerler yükselmiştir. Saat 16:30’dan 18:30’a kadar değerler normal seyretmiştir.

3. 01.04.2015 tarihinde yapılan ölçümlerde matbaa makinelerinin her birine uygulanan lokal havalandırmaların etkisi görülmektedir. Bu tarihte tüm gün yapılan ölçümlerin hepsinde değerlerde düşüş gözlenmiştir.

Çizelge 5.4. Fabrika matbaa bölümü ve ekstrüder bölümü ölçüm noktalarındaki havalandırma öncesi ve havalandırma sonrası ortalama CO₂ konsantrasyonları.

	Havalandırma Yok	Havalandırma Var
Ölçüm Noktası	22.01.2015 CO ₂ Ölçüm Ortalamaları	01.04.2015 CO ₂ Ölçüm Ortalamaları
1	0,8520	0,012
2	0,6830	0,013
3,4,5	0,1166	0,013

CO₂ ölçümlerinde göz önünde bulunan değerler 12.08.2013 tarihli resmi gazetede yayınlanan 28733 sayılı 'Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik' doğrultusunda yapılan ölçümlerdir.

Tespit edilen ölçüm sonuçları Yönetmeliğin EK-1 Listesine göre değerlendirilir.' Ölçüm yapılan gaz veya buharın sınır değerleri listede olmaması durumunda 6331 sayılı Kanun uyarınca çıkarılan mevzuatın uygulanmasında uluslararası kuruluşlarca (OSHA, NIOSH) yayımlanmış sınır değerler de dikkate alınabilir.' Denmektedir.

Dolayısıyla ölçüm sonuçları 'Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik'te belirtilen sınır değer (5000 mg/m³)'ün altında kalmıştır.

5.5. Sıcaklık ve Nem Ölçüm Sonuçları

Çizelge 5.5. Kesim makinelerinin bulunduğu 1. ölçüm noktasında sıcaklık ve nem değerleri.

Ölçümün Yapıldığı Nokta	Parametreler	Seviye		
		Baş	Karın	Ayak
1				
Yapılan İş	Küre sıcaklığı,	15,4	15,8	15,3

Naylon Poşet Kesim İşlemi	°C			
Metabolik Hareketler	Doğal yaş küre sıcaklığı, °C	13,2	13,5	13,1
Ayakta Naylon Poşet Kesimi	Hava sıcaklığı, °C	15,3	15,5	15,2
	WBGT , °C	15,0	15,3	15,9
	Bağıl Nem(%)	44,5	44,3	44,6
	PMW		0,82	
	PPD		19,9	

Çizelge 5.6. Kesim makinelerinin bulunduğu 2. ölçüm noktasında sıcaklık ve nem değerleri

Ölçümün Yapıldığı Nokta	Parametreler	Seviye		
		Baş	Karın	Ayak
2				
Yapılan İş	Küre sıcaklığı, °C	15,5	15,9	15,5
Naylon Poşet Kesim İşlemi				
Metabolik Hareketler	Doğal yaş küre sıcaklığı, °C	13,3	13,6	13,5
Ayakta Naylon Poşet Kesimi	Hava sıcaklığı, °C	15,4	15,6	15,4
	WBGT , °C	15,1	15,4	15,1
	Bağıl Nem(%)	44,4	44,1	44,4
	PMW		0,79	
	PPD		18,7	

Çizelge 5.7. Ekstrüzyon film makinelerinin bulunduğu 3. Ölçüm noktasında sıcaklık ve nem değerleri.

Ölçümün Yapıldığı Nokta	Parametreler	Seviye		
		Baş	Karın	Ayak
3				
Yapılan İş	Küre sıcaklığı, °C	16,2	16,1	16,3
Naylon Film Çekim İşlemi				
Metabolik Hareketler	Doğal yaş küre sıcaklığı, °C	14,5	14,2	14,1
Ayakta Naylon Poşet Kesimi	Hava sıcaklığı, °C	15,9	16	16,1
	WBGT , °C	15,8	15,7	15,8
	Bağıl Nem(%)	43,9	45,1	44
	PMW		0,75	
	PPD		17,2	

Çizelge 5.8. Matbaa makinelerinin bulunduğu 4. ölçüm noktasında sıcaklık ve nem değerleri.

Ölçümün Yapıldığı Nokta	Parametreler	Seviye		
		Baş	Karın	Ayak
4				
Yapılan İş	Küre sıcaklığı, °C	16,2	16,1	16,3
Naylon Poşet Baskı İşlemi				
Metabolik Hareketler	Doğal yaş küre sıcaklığı, °C	14,5	14,2	14,1
Ayakta Naylon Poşet Kesimi	Hava sıcaklığı °C	15,9	16	16,1
	WBGT , °C	15,8	15,7	15,8

	Bağıl Nem(%)	43,9	45,1	44
	PMW		0,75	
	PPD		17,2	

Çizelge 5.9. Yumuşak sap makinesinin bulunduğu 5. ölçüm noktasında sıcaklık ve nem değerleri.

Ölçümün Yapıldığı Nokta	Parametreler	Seviye		
		Baş	Karın	Ayak
5				
Yapılan İş	Küre sıcaklığı, °C	16,2	16,1	16,3
Naylon Poşetlere Yumuşak Sap Takma İşlemi				
Metabolik Hareketler	Doğal yaş küre sıcaklığı, °C	14,5	14,2	14,1
Ayakta Naylon Poşet Kesimi	Hava sıcaklığı, °C	15,9	16	16,1
	WBGT , °C	15,8	15,7	15,8
	Bağıl Nem(%)	43,9	45,1	44
	PMW		0,75	
	PPD		17,2	

Şekil 4.3’ de gösterilen ölçüm noktalarında 22.01.2015 tarihinde İzmir ilinde bulunan fabrikada küre sıcaklığı, doğal yaş küre sıcaklığı, hava sıcaklığı, WBGT, PMW, PPD ve bağıl nem ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.5-5.9 arasında verilmiştir.

Termal konfor ölçümleri; TS 27243 “Sıcak ortamlar-WBGT (Yaş-hazne küre sıcaklığı) indeksine göre ısıнын çalışan üzerindeki baskısının tahmini” ve TS EN ISO 7730 (PMW - Tahmin edilen ortalama değer – PPD- Tahmin edilen doyumsuzluk indeksi/ Memnuniyet yüzdesi) standartlarına göre yapılmaktadır. Ölçümün her bir ölçüm noktası için sırasıyla çalışanın ayak bileği, karın ve baş hizalarında (Çalışan oturuyorsa ölçümler zeminden 0,1 m, 0,6 m ve 1,1 m yükseklikte, çalışan ayaktaysa ölçümler zeminden 0,1 m, 1,1 m ve 1,7 m

yükseklikte) cihaz kurularak WBGT değerlerinin öğrenilmesi yöntemidir. Doğal yaş küre sıcaklığı insanın nemli iken olan vücut sıcaklığıdır.

Üretim alanının tamamında 21.04.2015 tarihinde yapılan ölçümlerde sıcaklık değerleri 15⁰C civarında seyretmiştir. Ancak, İç ortam hava kalitesi açısından standart sıcaklık değerleri 22.5-25.5 ⁰C aralığındadır. Dolayısıyla üretim alanında ısıtma sisteminin teçhiz edilerek ortamda ideal sıcaklığın sağlanması iç ortam hava kalitesi açısından daha uygun olacaktır.

Ölçüm yapıldığı 22.01.2015 tarihinde İzmir ilinde dış hava sıcaklığı 10⁰C dir. Ancak üretim alanında herhangi bir ısıtma sisteminin olmamasına rağmen iç ortam hava sıcaklığının 15⁰C civarında seyretmesinin nedeni üretim alanında çalışan makinelerden ortama yayılan ısıdır. Üretim alanında uygun iç ortam hava kalitesinin sağlanması için ortam havası ısıtılmalıdır.

Çizelge 5.10. PMV ve PPD değerlerinin karşılaştırma indeksleri.

PMV (Tahmin edilen ortalama değer)	PPD(Tahmin edilen doyumsuzluk/ Memnuniyetsizlik indeksi)	Termal Kabul
+3	100	Sıcak
+2	75,7	Ilıman
+1	26.4	Hafif Ilıman
+0.85	20	Kabul edilebilir
0,5 ≤ PMV ≤ 0,5	≤10	Rahat/Konforlu
-1	26,8	Serin
-2	76,4	Serin
-3	100	Çok Serin

Çizelge 5.10'da görüldüğü gibi 5 noktada da ölçülen PMV ve PPD değerleri kabul edilebilir düzeyde çıkmıştır. Dolayısıyla işçilerin çalışma ortamında sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin iç ortam hava kalitesi anlamında uygun olduğunu görmekteyiz.

Sıcaklık ve Bağıl Nem ölçümlerinde göz önünde bulunan değerler 17.07.2013 tarihli resmi gazetede yayınlanan 28710 sayılı 'İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik' doğrultusunda yapılan ölçümlerdir. Bu yönetmelik ölçümlerin sınır değerlerini TS EN 27243 standardına göre karşılaştırılmasını ister.

5 noktadaki ölçüm sonuçlarında ölçülen ortalama değer 15⁰C olmuştur. Bu değer TS EN 27243 standardının belirttiği sınır değer olan 29⁰C'nin altında kaldığından ölçüm sonuçlarının sınır değerlerin altında kaldığını söyleyebiliriz.

Sıcaklık ve bağıl nem değerleri fabrikanın bölümlerinde çok fazla değişkenlik göstermemiştir. Tüm fabrika içerisinde nem oranları sıcaklıkla ters orantılı değişmektedir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışmada İzmir ilinde faaliyet gösteren tesis İzmir ilinde faaliyet gösteren, çeşitli firmalara baskılı ya da baskısız naylon poşet üreten bir fabrikanın üretim bölümlerinde PM_{2.5}, CO, CO₂, VOC, Sıcaklık ve Nem ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçların kısa bir özeti ve değerlendirmesi aşağıda verilmiştir.

Tesiste toplamda 4 adet ekstrüzyon film makinesi, 3 adet matbaa makinesi, 6 adet kesim makinesi, 1 adet jelatin kesim makinesi, 1 adet perfore kesim makinesi, 1 adet yumuşak sap makinesi, 1 adet katlama aparatı bulunmaktadır.

Fabrikada esas üretim ekstrüzyon film makinelerinin ve matbaa makinelerinin olduğunu bilmekteyiz. Dolayısıyla iç ortam hava kalitesi açısından en fazla kirlilik problemi bu bölgelerde gerçekleşmektedir. Bu nedenle araştırma yoğunluklu olarak ekstrüzyon film makinelerinin ve matbaa makinelerinin olduğu bölümlerde gerçekleştirilmiştir.

Organik uçucu bileşikler (VOC) ölçümü 5 noktadan, Toz Partikül PM_{2.5} ölçümleri 21 noktadan, sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri ise 3 noktadan Ocak ve Nisan 2015 aylarında mekanik havalandırma öncesi ve sonrasını kapsayacak şekilde yapılmıştır.

Mart 2015 sonu itibarıyla fabrikada 4 adet ekstrüzyon film makinesinin ve 3 adet matbaa makinesinin mekanik havalandırma tesisatları tamamlanmış olup, 01.04.2015 tarihinde yapılan tüm ölçüm sonuçları 22.01.2015 tarihinde yapılanlara göre fark edilir derecede düşmüştür. Bu noktada yapılan mekanik havalandırma tesisatlarının iç ortam hava kalitesine etkisi fabrikada bariz bir şekilde fark edilmiştir. Ölçüm sonuçları genel anlamıyla değerlendirildiğinde 01.04.2015 tarihinde yapılan PM_{2.5}, CO₂ ve VOC ölçüm sonuçlarının değerleri yönetmelik ve standartlara göre belirlenen sınır değerlerin altında kalmıştır. İç ortam hava kalitesi işçi sağlığı bakımından risk teşkil etmeyecek seviyeye indirgenmiştir.

7. ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmayla iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesinde mekanik havalandırma tesisatının etkileri ortaya konulmuştur. Çalışmanın yapıldığı fabrikada ki üretim türlerine ve ortamdaki kirleticilere göre iç ortam hava kalitesi parametreleri seçilmiştir. Türkiye’de ve yurt dışında endüstriyel ortamlarda iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesiyle ilgili çok fazla çalışma yoktur. Bu çalışma yapılacak olan diğer çalışmalar için örnek teşkil edebilir. Endüstride farklı üretim kollarında yer alan fabrikalarda iç ortam hava kalitesine etki eden başka parametrelerin iyileştirilmesiyle yapılacak olan iç ortam hava kalitesi çalışmaları konunun daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Alorka Carrier Teknik Geliştirme Programı İç Hava Kalitesi Mühendislik Eğitimi, 30 s.
- Alptekin, O.**, 2007, Binalarda İç Hava Kalitesi ve Toz Partiküllerinin İç Mekan Hava Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 59 s.
- ANSI/ASHRAE Standard 62-1999**, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 41 s.
- ANSI/ASHRAE Standard 62-2001**, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 10 s.
- Atmaca, İ. ve Yiğit, A.**, Isıl Konforla İlgili Mevcut Standartlar ve Konfor Parametrelerinin Çeşitli Modeller İle İncelenmesi, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi, 543-555 s.
- Betuz, N.E.**, 2012, Assessment of indoor air quality in crowded educational spaces, M.Sc. in Building Science, Middle East Technical University, Ankara, 122 p.
- Bilgili, M., Polat, Y., Şimşek, E. and Abdulkadir, Y.**, 2005, Havalandırma Sistemleri, Adana Meslek Yüksekokulu Yayınları No: 1, Adana, 93 s.
- Bulut, H.**, Havalandırma ve İç Hava Kalitesi Açısından CO₂ Miktarının Analizi, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi, 1679-1689 s.
- Charles E. Billings. and Sandra F.Vanderslice**, 1982, Methods for control of indoor air quality, 497-502 p.
- Çakır, S.**, İç Ortam Konfor Şartlarının Sayısal ve Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 95 s.
- Çilingiroğlu, S.**, 2010, İç Hava Kalitesi, 23-42 s.
- Çoşgun, A.**, 2012, Antalya İlinde Farklı Ortamlarda İç Hava Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 252 s.
- Demir, H.**, 2013, Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Sayısal Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 114 s.
- Ernesto Kuchen, ve M. Norbert Fisch**, Indoor air quality defined by measurements and questionnaires in office buildings, 313-318 p.
- Eğri, N., İmancı, C., Akpolat, M.S.**, 2011, ÇSGB, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Endüstriyel Havalandırmaya Giriş, Ankara, 43 s.
- Fantuzzi, G., Aggazzotti, G., Righi, E., Cavazzuti, L., Predieri, G. ve Franceschellib, A.**, 1982, Indoor air quality in the university libraries of Modena (Italy), The Science of the Total Environment 193 (1996) 49-56 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gammage, B.R., Hansen, D.L. and Johnson L.W.**, 1989, Indoor air quality investigations a practitioner's approach, 503-510 p.
- Giulioi, M., Grande, R., Campli, E., Bartolomeo, S. ve Cellini, L.**, Indoor air quality in university environments, *Environ Monit Assess* (2010) 170:509–517 p.
- Hedge, A., Sterling, H., D., Sterling, E.M., Collet, C.W., Sterling, D.A. and Nie, V.**, 1989, Indoor air quality and health in two office buildings with different ventilation systems, 115-128 p.
- Höppe, P., and Martinac, I.**, Indoor climate and air quality, Review of current and future topics in the field of ISB study group 10, *Int J Biometeorol* (1998) 42:1–7 p.
- Improving the efficiency of ventilation systems, *Metallurgist*, 531-536 p.
- Janssens J. E., and Hill, T.J.**, Ventilation of control of air quality: a case study, 487-496 p.
- Kılıç, E.**, İstanbul, Soğutma, Havalandırma, Nem Alma Sistemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 74 s.
- Kurutaş, B.**, 2009, Bir Metal Endüstrisindeki Çalışma Ortamlarının İç Hava Kalitesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 92 s.
- M. Kavgić, D. Mumović, Z. Stevanović ve A. Young.**, Analysis of thermal comfort and indoor air quality in a mechanically ventilated theatre, *Energy and Buildings* 40 (2008) 1334–1343 p.
- Ming Li, W., Cheng Lee, S. ve Yin Chan L.**, Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong, *The Science of the Total Environment* 273 (200) 27-40 p.
- Norhidayaha, A., Chia-Kuanga, L., Azharb, M.K., Nurulwahidab S.**, 2012, Indoor Air Quality and Sick Building Syndrome in Three Selected Buildings, *Procedia Engineering* 53 (2013) 93 – 98 p
- Özkan, O., Varinli, F., Çayır, H.**, 2011, İç Ortam Toz ve Gaz Konsantrasyonlarının Belirlenmesi, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi, İzmir, 1801-1807 s.
- P.O. Fanger**, Enerjiden Tasarruf Sağlarken, İç Hava Kalitesi Nasıl Yüz Kere Daha İyi Hale Getirebilir?, 21 s.
- Practical Filtration, Improving indoor air quality, 2013, 34-35 p.
- Ruotsalainen, R., Jaakkola, N., Jaakkola, K. J. J.**, 1993, Ventilation and indoor quality in finnish daycare centers, 109-119 p.
- Spengler, J. and Chen, Q.**, 2000, Indoor air quality factors in designing a healthy building, *Annu. Rev. Energy Environ.* 25:567–601 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Sundell, J. On the history of indoor air quality and health, Indoor Air 2004; 14 (Suppl 7)

TSE-3419 Havalandırma ve İklimlendirme Tesisleri Projelendirme Kuralları.

Varodompun, J., Navvab, M., Hvac ventilation strategies: the contribution for thermal comfort,energy efficiency, and indoor air quality, 131-150 p.

Ventilation and Indoor Air Quality, 45-61 p.

Wyon, D. P., The effects of indoor air quality on performance and productivity, Indoor Air 2004; 14 (Suppl 7): 92–101 p.

ÖZGEÇMİŞ

Betül YEMŞEN

1987 yılında T.C. vatandaşı olarak İzmir/Karşıyaka'da doğdu. 1993-2001 yılları arasında Nedret İlhan Keten İlköğretim Okulunda ilk ve orta öğretimini tamamladıktan sonra 2001-2005 yılları arasında Suphi Koyuncuoğlu Anadolu Lisesi 'ni bitirdi. 2005-2009 yıllarında Erciyes Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden Bölüm 3.sü olarak mezun oldu. 2009 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansı kazandı. 18/02/2010 yılında Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulunda İş Müfettişi olarak göreve başladı ve halen bu görevi yürütmektedir.

EKLER

Ek 1 Fabrikada Uygulanan Mekanik Havalandırma Sistemlerinin Fotoğrafları