

**TEKSTİL SEKTÖRÜ RAM BACASI UÇUCU
ORGANİK BİLEŞİKLERİNİN KAYNAK
VE KONTROL YÖNTEMLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Yeliz TAHİROĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Lokman Hakan TECER

2019

T.C
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEKSTİL SEKTÖRÜ RAM BACASI UÇUCU ORGANİK
BİLEŞİKLERİNİN KAYNAK VE KONTROL YÖNTEMLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YELİZ TAHİROĞLU

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. LOKMAN HAKAN TECER

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır.

Prof. Dr. Lokman Hakan TECER danışmanlığında, Yeliz TAHİROĞLU tarafından hazırlanan “Tekstil sektörü ram bacası uçucu organik bileşiklerinin kaynak ve kontrol yöntemlerinin araştırılması” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Lokman Hakan TECER

İmza:

Üye : Prof. Dr. Göksel DEMİR

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Tuba ÖZTÜRK

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEKSTİL SEKTÖRÜ RAM BACASI UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİNİN KAYNAK
VE KONTROL YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Yeliz TAHİROĞLU

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. LOKMAN HAKAN TECER

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, tekstil sektöründe kullanılan ram makinelerine bağlı ram bacalarından salınan uçucu organik bileşiklerin (VOC) kaynak ve kontrolü hakkında bilgi verilmiştir. Tekstil sektörünün yoğun olduğu bölgeler uçucu organik bileşiklerin birikimi yönünden risk altında sayılmaktadır. Tekstil sanayisinin yoğun olması sebebi ile Ergene Havzası, hava kirliliği ve uçucu organik bileşiklerin birikimi yönünden ilk sıralarda karşımıza çıkmaktadır. Atmosfere salınan uçucu organik bileşikler sebep oldukları koku problemi ile hissedilmektedir. Bu sebeple kokunun içerik ve kompozisyonu uçucu organik bileşiklerin analizi ile belirlenmektedir. Yapılan bu çalışmada koku emisyonu temel alınarak uçucu organik bileşiklerin kontrolünde kullanılabilecek yöntemlerin araştırılması ve koku giderimi sağlayabilecek pilot ölçekli aktif karbon ile kombine edilmiş scrubber filtre sistemi üzerinde çalışılmıştır. Koku emisyonunun yoğun olduğu bir endüstriyel tesiste kurulan sistem 720 000 m³/gün hava temizleme kapasitesi ile çalıştırılmıştır. Olfaktometre cihazı ile yapılan ölçümde koku giriş konsantrasyonu 17 000 KB/m³ iken çıkış koku konsantrasyonu 215 KB/m³ olarak ölçülmüştür.

Anahtar kelimeler: Ram Bacaları, Uçucu Organik Bileşikler, Koku, Scrubber (Islak Yıkama), Aktif Karbon

2019, 91 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

INVESTIGATION OF WELDING AND CONTROL METHODS OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS OF STENTER CHIMNEY IN TEXTILE SECTOR

Yeliz TAHİROĞLU

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. LOKMAN HAKAN TECER

In this study, which is prepared as a master thesis of Environmental Engineering Department, information was given about the source and control of volatile organic compounds (VOC) released from ram chimneys connected to stenter machines used in textile industry. The regions where the textile sector is concentrated are considered to be at risk for the accumulation of volatile organic compounds. In this direction, the Ergene basin, where the textile industry is intense, appears first in terms of air pollution and accumulation of volatile organic compounds. Volatile organic compounds released into the atmosphere are felt by the odor problem they cause. Therefore, the content and composition of the odor is determined by the analysis of volatile organic compounds. In this study, on the basis of odor emission, we investigated the methods that can be used in the control of volatile organic compounds and scrubber filter system combined with pilot scale activated carbon which can provide odor removal. The system installed in an industrial plant with high odor emission was operated with 720 000 m³ / day air cleaning capacity. The odor input concentration was 17 000 KB / m³ and the output odor concentration was 215 KB / m³.

Key words: Stenter Chimneys, Volatile Organic Compounds, Odor, Wet Scrubber, Activated Carbon

2019, 91 pages

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	v
ŞEKİL DİZİNİ	vi
KISALTMALAR	viii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
2.1 Hava Kirliliği ve Kaynakları.....	3
2.1.1 Uçucu Organik Bileşikler.....	6
2.1.1.1 Koku.....	10
2.1.1.1.1 Koku Ölçüm Parametreleri.....	10
2.1.1.2 Uçucu Organik Bileşiklerin Giderim Yöntemleri.....	11
2.1.1.2.1 Yapılmış Çalışmalar.....	21
2.2 Tekstil Sektöründe Terbiye İşlemleri.....	33
2.2.1 Ram Makineleri.....	37
2.2.2 Ram Bacası Uçucu Organik Bileşiklerinin Çevresel Etkisi.....	42
3.MATERYAL ve YÖNTEM	44
3.1 Çalışma Bölgesi.....	44
3.1.1 Ergene Havzası ve Tekstil Sanayi.....	44
3.2 Aktif Karbon İle Kombine Edilmiş Scrubber Yöntemi.....	48
3.2.1 Wet Scrubber Sistem.....	49
3.2.1.1 Çalışma prensibi.....	51
3.2.1.2 Damla Tutucu.....	55

3.2.2 Filtre (Nem Alma) Sistemi.....	57
3.2.2.1 Filtre Ömrü.....	60
3.2.2.2 Metal Filtre.....	61
3.2.2.3 Torba Filtre.....	62
3.2.3 Aktif Karbon Filtre Sistemi.....	63
3.2.3.1 Aktif Karbon İçeriği ve Aktivasyon İşlemleri.....	64
3.2.3.2 Yüzey Alanı.....	65
3.2.3.3 Gözenek Yapısı.....	66
3.2.3.4 Aktif Karbon Adsorpsiyonu.....	67
3.2.4 Aktif Karbon ile Kombine Edilmiş Scrubber Sisteminin Çalışma Prensibi.....	71
3.3 Olfaktometri Analitik Ölçüm Yöntemi.....	71
4.ARAŞTIRMA ve BULGULAR.....	73
4.1 Ram Bacası VOC Ölçüm Sonuçları.....	73
4.2 Koku Ölçüm Sonuçları.....	80
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	82
6. KAYNAKLAR.....	85
ÖZGEÇMİŞ.....	91

ÇİZELGE DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 : Tesis Etki Alanında Hava Kalitesi Sınır Değerleri.....	5
Çizelge 2.2 : Organik Buhar ve Gaz Emisyonları İçin Sınır Değerleri.....	7
Çizelge 2.3 : Organik Buhar ve Gazlar.....	7
Çizelge 2.4 : Çeşitli VOC kontrol tekniklerinin analizi.....	27
Çizelge 2.5 : Sektörel ortalama ve koku giderim üniteleri çıkışı koku konsantrasyonları.....	30
Çizelge 2.6 : Olfaktometrik yöntem ile belirlenen giriş ve çıkış konsantrasyonları.....	31
Çizelge 2.7 : Olfaktometrik yöntem ile belirlenen giriş ve çıkış konsantrasyonları.....	32
Çizelge 2.8 : TVOC İçin Sınır Değerler.....	42
Çizelge 4.1 : Ram Bacaları VOC Salınım Noktaları.....	74
Çizelge 4.2 : Tekstil Firması VOC Ölçüm Sonuçları.....	76
Çizelge 4.3 : Tekstil Firması VOC Analizi.....	77
Çizelge 4.4 : Tekstil Firması VOC Ölçüm Sonuçları.....	78
Çizelge 4.5 : Tekstil Firması VOC Analizi.....	79
Çizelge 4.6 : Koku ölçüm sonuçları.....	80

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Gaz Kirleticilerin Kirletici Sıcaklığı ve Kısmi Basıncına Bağlı Olarak Arıtım Prosesi Seçimi.....	13
Şekil 2.2 : Bazı VOC Geri Kazanım Teknolojilerinin Uygulama Alanları.....	13
Şekil 2.3 : Termal oksidasyon şemaları.....	15
Şekil 2.4 : Katalitik oksidasyon.....	15
Şekil 2.5 : Aktif karbon VOC giderim mekanizması.....	17
Şekil 2.6 : Membran tekniği için basitleştirilmiş proses akış diyagramı.....	18
Şekil 2.7 : Ters akışlı reaktörün şematik görünümü.....	19
Şekil 2.8 : Biyofiltrasyon sisteminin basit bir şematik çizimi.....	20
Şekil 2.9 : Bir aşırı yük filtresinin atık akışından o-ksilen adsorpsiyonunun şematik gösterimi (ESOB).....	22
Şekil 2.10 : İki yataklı VTSA prosesinin şematik gösterimi.....	23
Şekil 2.11 : VOC'nin buhar geçirgenliğine ve membrana dayalı absorpsiyon sıyırma hibrit prosesi ile gideriminin şematik gösterimi.....	23
Şekil 2.12 : Açık tek yataklı biyofiltre sisteminin şeması.....	24
Şekil 2.13 : Test edilen kurutucu tekerleğin şematik görünümü.....	25
Şekil 2.14 : Emisyonları gideren pilot ölçekli biyofiltrasyon sisteminin şematik görünümü.....	28
Şekil 2.15 : Taşınabilir şişme balon tasarımı.....	29
Şekil 2.16 : Deneysel kurulum.....	29
Şekil 2.17 : Ozonlamada kullanılan deney düzeneğinin akım şeması.....	31
Şekil 2.18 : Zeolit ile adsorbsiyonda kullanılan düzenek.....	32
Şekil 2.19 : UV / PMS işlemiyle birleştirilmiş ıslak yıkayıcı.....	33
Şekil 2.20 : Tekstil Firması Proses İş Akış Şeması.....	36
Şekil 2.21 : Ram Makinesinin Genel Görünümü.....	38
Şekil 2.22 : Troposferik Ozon Oluşumu.....	43
Şekil 3.1 : Ergene Havzası'nın Ülkedeki Yeri.....	44
Şekil 3.2 : Çorlu İlçesinde Tekstil İşletmelerinin Konumlarına Göre Dağılımı.....	45

Şekil 3.3 : Ergene Havzası'nda Bulunan Tekstil Firmalarının Faaliyet Konusuna Göre Dağılımı.....	46
Şekil 3.4 : Ergene Havzası'nda Bulunan Ram Makinalarının Bölgelere Göre Dağılımı....	47
Şekil 3.5 : Aktif karbon ile kombine edilmiş scrubber sistemin genel görünümü.....	48
Şekil 3.6 : Aktif karbon ile kombine edilmiş scrubber sistemin şematik görünümü.....	49
Şekil 3.7 : Hareketli yatak scrubber.....	49
Şekil 3.8 : Paketlenmiş yatak Scrubber.....	50
Şekil 3.9 : Kule tipi ıslak filtre şematik görünüşü.....	52
Şekil 3.10 : Damlacık ve partikül etkileşimi; çarpışma ve difüzyon.....	53
Şekil 3.11 : Gaz absorpsiyonu safhaları.....	53
Şekil 3.12 : Wet Scrubber (ıslak yıkama) Ünitesi.....	54
Şekil 3.13 : Damla tutucuların farklı kanat açılı modelleri.....	56
Şekil 3.14 : Siklonik damla tutucu.....	56
Şekil 3.15 : Damla Tutucu Bölüm.....	57
Şekil 3.16 : Elek etkisi.....	58
Şekil 3.17 : Çapma etkisi.....	58
Şekil 3.18 : Yakalanma etkisi.....	58
Şekil 3.19 : Difüzyon etkisi.....	59
Şekil 3.20 : Elektrostatik etki.....	59
Şekil 3.21 : Filtre (Nem Alma) Ünitesi.....	60
Şekil 3.22 : Metal Filtre.....	61
Şekil 3.23 : Torba Filtre.....	62
Şekil 3.24 : Aktif karbon çeşitleri.....	64
Şekil 3.25 : Aktif karbon yapısının şematik gösterimi.....	64
Şekil 3.26 : Fiziksel ve kimyasal aktivasyon prosesleri şematik gösterimi.....	65
Şekil 3.27 : Aktif karbon: yüzey ve gözenekler - taramalı elektron mikroskobu görüntüsü..	66
Şekil 3.28 : Aktive edilmiş bir karbon partikülündeki farklı gözenek tiplerinin şematik gösterimi.....	67
Şekil 3.29 : Aktif Karbon Filtre Ünitesi.....	70
Şekil 3.30 : Olfaktometre cihazı.....	72

KISALTMALAR

VOC	: Uçucu Organik Bileşik
NMVOC	: Metan İçermeyen Uçucu Organik Bileşik
CO	: Karbon Monoksit
CO ₂	: Karbon Dioksit
NO	: Azot Oksit
NO ₂	: Azot Dioksit
O ₃	: Ozon
GAC	: Granül Aktif Karbon
ACFC	: Aktifleştirilmiş Elyaf Bezi
NaCl	: Sodyum Klorür (sofra tuzu)
MTBE	: Metil Tersiyer Bütil Eter
BTEX	: Benzen, Toluen, Etilbenzen ve Ksilen bileşik grubu
H ₂ S	: Dihirojen Sülfür
EBCT	: Boş Yatak Temas Süresi
PMS	: Peroksimonosülfat
NaOCI	: Sodyum Hipoklorit
KMnO ₄	: Potasyum permanganat
Hg	: Cıva
SO ₂	: Kükürt Dioksit
SO ₄	: Sülfat
KOEKHY	: Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik
SKHKKY	: Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
PMS	: Peroksimonosülfat
UV	: Ultraviole

ÖNSÖZ

Tezin konusunun belirlenmesi, hazırlanması ve sunumuna kadar her aşamada bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, çalışmalarımda yardımını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. LOKMAN HAKAN TECER'e teşekkür ederim.

Tekstil sektörüne ait veri tabanının oluşturulması ve çalışmaların yürütülmesi adına saha analiz imkanı sunan firma sorumlularına, yapılan bu çalışmanın temelini oluşturan sistemin sahibi Yücel BARDAK ve ekibine, her zaman yanımda olan eşim ve aileme sonsuz teşekkür ederim.

Haziran 2019

Yeliz TAHİROĞLU

(Çevre Mühendisi)

1.GİRİŞ

Hızla gelişen sanayi içerisinde tekstil önemli bir alana sahiptir. İstihdam ve ihracat alanındaki performansı ile ülkemizin temel taşı olarak sayılmaktadır. Ülke sınırları içerisinde değerlendirildiğinde Ergene Havzası tekstil sektörünün yoğun olduğu bölgelerin başında yer almaktadır. Tekstil ürünleri kullanıma hazır hale gelene kadar, ürüne bağlı olarak çeşitli aşamalardan geçmektedir. Bu aşamalar aynı zamanda çevre problemlerini de beraberinde getirmektedir. Boyama ve baskı işlemlerinden sonra oluşan atık su, apreleme ve kurutma işlemlerinden kaynaklı emisyonlar başlıca çevre kirleticileridir. Uçucu organik bileşikler bu kirleticilerin bir parçasıdır.

Uçucu organik bileşiklerin doğal ve antropojenik olmak üzere iki tür kaynağı bulunmaktadır. Antropojenik kaynakların geniş bir kısmını sanayiler oluşturmaktadır. Tekstilde apreleme aşamasında kullanılan ram makinelerine bağlı ram bacalarından atmosfere salınan uçucu organik bileşikler önemli bir kirletici kaynak durumundadır ve hava kalitesini tehdit eden boyutlara ulaşmaktadır. Bu sebeple tekstil sanayisinin yoğun olduğu Ergene Havzası, hava kirliliği ve uçucu organik bileşiklerin önemli bir kaynağı konumundadır.

Tekstil sektöründe ram bacalarından salınan çeşitli uçucu organik bileşikler hava kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Atmosfere salınan kanserojen içerikli bu bileşikler insan sağlığını da olumsuz yönde etkilemektedirler. Bu çalışmada öncelikle Ergene Havzası'nda bulunan tekstil firmalarının sektörel dağılımı yapılarak ram bacalarının bulunduğu emisyon noktaları belirlenmiştir. Bu sayede Ergene Havzası'nda ram bacası uçucu organik bileşiklerinin yoğunluğu, dağılımı ve etkilerine yönelik genel bir bakış açısı oluşturulması sağlanmıştır. Sonrasında ise ram bacası uçucu organik bileşiklerinin kaynak ve kontrol yöntemleri araştırılmıştır. Araştırmaların sonucunda Ergene Havzası ram bacası kaynaklı koku probleminin yaşandığı bir bölge olarak karşımıza çıkmıştır. Bunun sebebi; bu bölgede yoğunlaşmış tekstil sanayi ve buna bağlı olan ram makineleridir. Uçucu organik bileşiklerin giderimi için birçok yöntem ve teknik bulunmaktadır. Bu yöntemlerin açıklaması ve uygulanışı, avantaj ve dezavantajları, bu konuyla ilgili yapılmış çalışmalar tezin literatür kısmında yer almaktadır.

Uçucu organik bileşikler; birçoğu kokulu bileşenlerden oluşması sebebiyle bulunduğu ortamda koku yoluyla hissedilebilmektedir. Sanayi ortamında oluşan kokulu bileşiklerin

insanlar üzerindeki etkilerini açıklayabilmek amacıyla yapılan çalışmalarda; koku rahatsızlığı ile bu endüstrilerdeki, koku emisyonlarını oluşturan uçucu organik bileşiklerin konsantrasyonları arasında ilişki ortaya konulmaktadır. Bu ilişkiendirme ile kokunun temelinin uçucu organik bileşiklerden oluştuğu kanısına varılmaktadır (Yılmaz 2016).

Atmosfere salınan ve kokulu bileşikleri içeren uçucu organik madde emisyonları tesislerin çevresinde birçok rahatsızlığa neden olmakta ve bu rahatsızlıklar kokuya sebep olan emisyon kontrolünün yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Henüz 2013 yılında yürürlüğe giren “Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik” ve kokulu gazlar için sınır değerlerin belirlenmesi düzenleyici bir yaptırım olmuştur. Sınır değerlerin aşılması, oluşan kokunun çeşitli teknikler kullanılarak giderilmesini gerektirmektedir. Koku emisyon giderimi konusunda geçmişten bu yana farklı teknolojilere sahip yöntemler geliştirilmiştir. Ülkemizde ise bu konuda yapılan çalışmalar henüz başlangıç seviyesindedir. Özellikle sektörel bazda koku kaynaklarının ve ortalama konsantrasyonların belirlenmesi, sektörlere özel uygun giderim yöntemlerinin seçilmesi ve uygulanmasında birçok eksiklik bulunmaktadır.

Koku emisyonunun ölçülmesi kalitatif ve kantitatif olarak yapılmaktadır. Bu da objektif veya subjektif sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Koku ölçümlerinin geçerliliği yönetmelik gereğince ortamdaki koku konsantrasyonunun olfaktometrik yöntemle ölçülmesi sonucu sağlanmaktadır. Yönetmelikte sınır değerler bu yöntemle göre belirlenmiştir. Kokunun kompozisyonunun belirlenmesi ise VOC analizi ile yapılmaktadır.

Kokuyu temel alarak yapılan bu çalışmada ise pilot ölçekli aktif karbon ile kombine edilmiş scrubber filtre sistemi incelenmiştir. Ergene Havzası’nda koku emisyonunun yoğun olduğu bir tesiste sistemin çalıştırılması yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Hava Kirliliği ve Kaynakları

Doğal atmosferde solunabilir hava içerisinde birtakım kirleticilerin salınması ile hava kirliliği oluşmaktadır. Hava kirleticilerin doğal ve yapay olmak üzere iki tür kaynağı bulunmaktadır. Doğal kaynaklar; volkan patlamaları, yangınlar, çöl fırtınaları vb. sebeplerden oluşurken; yapay kaynaklar ise insan faaliyetleri sonucunda oluşmaktadır. Yapay kaynaklar içerisinde fosil yakıtların tüketilmesi, sanayi ve trafik birincil kaynaklar olarak gösterilmektedir (Varınca ve ark. 2008). Türkiye’de oluşan hava kirliliği; ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan, bacalarda herhangi bir arıtım sisteminin bulunmamasından, hızla artan nüfus akabinde artan sanayileşme ve trafik unsurlarından oluşmaktadır (Garipağaoğlu 2011).

Hava kirleticiler dört ana grupta incelenebilmektedir (Varınca ve ark. 2008);

- ❖ Gaz kirleticiler (VOC, NO_x, SO₂, CO, O₃)
- ❖ Ağır metaller
- ❖ Kalıcı organik kirleticiler
- ❖ Partiküler madde

Hava kirliliğinin önemli bir bileşenini oluşturan gaz kirleticiler oluşumları yönünden farklılık göstermektedir. Örneğin; CO₂ gazı yanma sonucu ortaya çıkarken CO eksik yanma sonucu oluşmaktadır. Yanma olayının bir diğer ürünü de VOC’lerdir. Bunun dışında NO olarak salınan azot oksitler atmosferde NO₂’ye dönüşmektedirler. NO₂ ve VOC’ler güneş ışığı ile birlikte reaksiyona girerek O₃ gazını oluşturmaktadır. Gaz kirleticiler genel olarak solunum sistemine etki ederken VOC’ler hematolojik sorunlara yol açmaktadır (Varınca ve ark. 2008).

Atmosfere salınan kirleticiler çeşitli yollarla seyrelmektedir. Meteorolojik koşullar ve rüzgar hızı kirleticilerin dağılması ve seyrelmesinde etkili olan dış etmenler arasındadır. Bununla birlikte atmosferde gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar, havanın nemi, sıcaklığı ve kısa dalga ışınımından etkilenmektedir. Kimyasal reaksiyonlarla birlikte dağılma ve seyrelme olayları farklı mekanlarda hava kirliliği oluşmasına sebep olmaktadır. Hava kirleticilerin yoğunluğu yıllık, haftalık ve gün içerisinde farklılık gösterebilmektedir (Mayer H 1999).

Hava kirleticiler atmosfere direkt olarak salınan ve reaksiyon sonucu oluşanlar olmak üzere iki kategoride incelenebilir. CO-NO-H₂S birincil grupta yer alırken; O₃ ikincil grup için

örnek gösterilmektedir. Hava kirleticilerin atmosferdeki limit sınır değerleri ulusal ve uluslararası kurumlarca belirlenmekte ve kontrol edilmektedir (Özdemir ve ark. 2015). Sanayi tesislerinde kullanılan çeşitli kimyasal ve yanma ürünleri hava kalitesini oldukça düşürmesi sebebi ile özellikle sanayinin bulunduğu alanlar hava kirleticilerin tehdidi altındadır. Bu doğrultuda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın belirlemiş olduğu Çizelge 2.1'de gösterilen tesis etki alanında hava kalitesi sınır değerlerinin aşılmaması zorunlu hale getirilmiştir. Sanayiden kaynaklı hava kirliliğinin önüne geçilebilmesi adına dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır. Bunlar; tesisin kurulacağı alanın topoğrafik özellikleri, nüfus artış planı, rüzgar hızı ve yönü olarak sıralanmaktadır. Buna ek olarak tesis bacalarının yüksekliği uygun seviyede inşa edilerek kirletici emisyon sınır değerlerini aştığı noktalarda uygun kontrol sisteminin kullanılması gerekmektedir. Ancak en kesin çözümün kirleticileri kaynağında yok etmek ile sağlanacağı bilinen bir gerçektir. Temiz üretim ve yenilenebilir enerjinin kullanılıp geliştirilmesi bu hususta alınacak en iyi yöntemdir (Garipağaoğlu 2011).

Hava kirliliğinin neden olduğu birçok sorun bulunmaktadır. En önemlisi insan sağlığı üzerinde olan etkileridir. Yapılan çalışmalarda göğüs sıkışıklığı, vizing, dispne gibi semptomlara bronşit, pnömoni, sinüzit gibi solunum rahatsızlıklarına sebep olduğu yer almaktadır (Bayram ve ark. 2006). Hava kirleticilerin en başta solunum sistemi olmak üzere sindirim sistemi, üriner sistem ve kardiyovasküler sistem üzerinde olumsuz etkileri görülmektedir. Bunların dışında hava kirliliği asit yağmurlarına sebep olarak çevre tahribatına yol açmaktadır. Ayrıca ozon tabakasının incelmeye başlaması ile iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Doğal ve yapay çevre hasar gördükçe canlılar için yaşam zorlu bir hal almaktadır (Varınca ve ark. 2008). Her bir hava kirleticinin akut ve kronik etkileri bulunmaktadır. Dominici ve ark. (2003), hava kirliliği epidemiyolojisi araştırmasını yaparak dört kategoriye ayırmışlardır. Bunlar ekolojik zaman serileri, vaka çaprazlama, panel ve kohort çalışmaları olarak isimlendirmişlerdir. Bu yöntemler sayesinde hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkileri spesifik olarak ortaya konulmuştur.

Asbest, cıva vb. kirleticiler etkileri bakımından özellikle dikkat edilmesi gereken bir gruptur. Bu kirleticilerin programlı hücre ölümlerine sebep olması, hava kirliliğine maruziyetin hücre ve dokularda kalıcı hasarlara sebebiyet verdiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır (Andreu ve ark. 2012). Hava kirleticiler en başta insanlar olmak üzere, bitkiler ve hayvanlar üzerinde makroorganizma veya mikroorganizmalardan kaynaklı hastalıklara ve ölümlere sebep olabilmektedir (Kolle ve Shankarappa 2016).

Çizelge 2.1. Tesis Etki Alanında Hava Kalitesi Sınır Değerleri (Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği [SKHKKY] 2014: EK1)

Parametre	Süre	Birimi	YIL						2024 Ve sonrası
			2014	2015	2016	2017	2017	2019- 2023	
SO ₂	Saatlik (bir yılda 24 defadan fazla aşılmaz)	µg/m ³	500	470	440	410	380	350	350
	24 saatlik		250	225	200	175	150	125	125
	UVS		60	60	60	60	60	60	60
	**Yıllık ve kış dönemi (1 Ekim-31 Mart)		20	20	20	20	20	20	20
NO ₂	Saatlik (bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	µg/m ³	300	290	280	270	260	250	200*
	Yıllık		60	56	52	48	44	40*	40
Havada Asılı Partikül Madde (PM 10)	24 saatlik (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz)	µg/m ³	100	90	80	70	60	50	50
	Yıllık		60	56	52	48	44	40	40
Pb	Yıllık	µg/m ³	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5
CO	Maksimum günlük 8 saatlik ortalama	mg/m ³	16	14	12	10	10	10	10
Cd	UVS	µg/m ³	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
HCl	KVS	µg/m ³	150	150	150	150	150	150	150
	UVS		60	60	60	60	60	60	60
HF	Saatlik	µg/m ³	30	30	30	30	30	30	30
	KVS		5	5	5	5	5	5	5
H ₂ S	Saatlik	µg/m ³	100	100	100	100	100	100	100
	KVS		20	20	20	20	20	20	20
Toplam Organik Bileşikler (karbon cinsinden)	Saatlik	µg/m ³	280	280	280	280	280	280	280
	KVS		70	70	70	70	70	70	70
Çöken toz	KVS	mg/m ² gün	390	390	390	390	390	390	390
	UVS		210	210	210	210	210	210	210
Çöken tozda	Pb ve bileşikleri	mg/m ² gün	250	250	250	250	250	250	250
	Cd ve bileşikleri		3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
	Tl ve bileşikleri		5	5	5	5	5	5	5

2.1.1 Uçucu Organik Bileşikler

Uçucu organik bileşikler; yapısında karbon içeren, normal koşullarda kolay bir şekilde gaz forma geçebilen, katı veya sıvı halde olabilen bileşiklerdir. Kendi içinde birçok çeşidi bulunan, en yaygın kirletici grubu olarak bilinmektedir (Yıldırım ve Akyüz 2007).

Uçucu organik bileşikler; yakıtlar, çözücüler, boyalar, yapışkanlar, deodorantlar vb. birçok üründe bulunmaktadır. Bununla birlikte üretim, dağıtım, elleçleme, depolama ve kullanım sırasında ortama salınabilmektedirler. Bu kirleticiler ortama salındıktan sonra yeraltı ve yüzeysel suların kirliliğine, toprak kirliliğine ve önemli derecede hava kirliliğine sebebiyet vermektedirler (Lopes ve Bender 1998).

Uçucu organik bileşikler çeşitli organik atmosferik eser gazları içeren kirletici grup olarak bilinmektedir. Metan içermeyen VOC'ler, NMVOC olarak adlandırılmaktadır. VOC'ler çok sayıda doymuş, doymamış ve oksijenli türev grupları içermektedir. Alkoller ve karboniller bu grubun liderleri olarak yer almaktadır. Heterojen bir yapıya sahip olan bu kirletici grubu çok sayıda isimle karşımıza çıkmaktadır. VOC'lerin çeşitli kaynakları bulunmaktadır (Kesselmeier ve Staudt 1999). Bu kaynaklar doğal ve yapay kaynaklar olarak ikiye ayrılmaktadır. Yapay kaynaklar; çoğunlukla fosil yakıtların yakılması sonucu oluşmaktadır. Biyokütle yanması, biyoyakıt yakılması, endüstriyel kaynaklar ve atık yönetimi olarak sıralandığı literatürde belirtilmiştir. Endüstriyel prosesler, yapay kirleticiler arasında önemli bir alanı kapsamaktadır. Endüstriyel tesislerde, salınan emisyon çeşitleri farklılık göstermektedir. Ancak genel olarak incelendiğinde alkanlar grubu, toluen ve ksilen en fazla salınım gösteren bileşiklerdir. Doğal kaynaklar ise bitkisel emisyonlar, orman yangınları ve anaerobik proseslerden oluşmaktadır (Saraç 2011).

Uçucu organik bileşikler proses gereği bacalardan salınmaktadır. VOC'lerin atmosfere salınımından sonra kimyasal ömürleri birkaç saat ve bir gün arasında değişiklik göstermektedir (Kesselmeier ve Staudt 1999). Çevresel kirliliği oluşturan bu bileşikler ozon seviyesinin artışı ve smog oluşumuna sebep olmaktadır. Ekosistem için bu denli zararlı olan bu kirleticinin her zaman sınır değerlerin altında tutulması gerekmektedir (Kalafatoğlu ve ark. 2000). Sanayiden Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nce organik buhar ve gazlar üç sınıfa ayrılmaktadır. Bu grupların sınır değerleri Çizelge 2.2'de gösterilmektedir. Organik buhar ve gazların ayrıldığı gruplar ise Çizelge 2.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Organik Buhar ve Gaz Emisyonları İçin Sınır Değerleri (SKHKKY 2014)

I'inci sınıfa giren organik bileşiklerin emisyonu (0,1 kg/saat veya üzerindeki emisyon debileri için)	20 mg/Nm ³
II'inci sınıfa giren organik bileşiklerin emisyonu (2 kg/saat veya üzerindeki emisyon debileri için)	100 mg/Nm ³
III'üncü sınıfa giren organik bileşiklerin emisyonu (3 kg/saat veya üzerindeki emisyon debileri için)	150 mg/Nm ³

Çizelge 2.3. Organik Buhar ve Gazlar (SKHKKY 2014)

I. sınıf	II. sınıf	III. sınıf
-Asenaften -Asenaftilen -Akrilikasit -Akrilikasit etilesteri -Akrilikasit metilesteri -Akrolein (propenal) -Alkillendirilmiş kurşun bileşikleri -Amino benzen -Amino etan (etil amin) -Amino metan (metil amin) -sec- amil asetat -Anilin -Asetaldehit -Asetik anhidrit -Aziridin (etilen imin) -Benzal klorür -Benzilbütülfталat -Benzilklörür -Benzo(g,h,i)perilen -Benzotriklorür -Bisfenol A -2,2 bis(4-hidroksifenil)propan -Bromdiklormetan -Bütülaakrilat -1,2 diaminmetan -2,4-dibromfenol - Dietilamin -Di-izobütülfталat -1,2 diklorbenzen -1,1 dikloretilen - Diklorofenoller - Dimetilamin -N,N dimetilanilin -Dimetilizopropilamin -Dimetilmerkaptan -Di(2-metilpropil)ftalat -1,4-dioksan -Dinonilftalat -Distearildimetil-amonyum bisülfat -Distearildimetil- amonyum metasülfat - Etanal	- Asetik asit -Asetik metil esteri (Metil asetat) -Asetik vinil esteri (Vinil asetat) -Asetonitril -Alkoletilen-oksit-fosfat esteri(c12/c14 monomerleri, dimerleri ve trimerlerinin karışımı) -6-Aminoheksanoik asit (dimer) -6-Aminoheksanoik asit (monomer) -6-Aminoheksanoik asit (trimer) -i- Amilasetat -n- Amilasetat -Anisol -Benzaldehit -Benzilalkol -Bisiklo(4,4,0)dekan -Bütanal -n- bütanol -i- bütanol -2- bütanol -sec- bütanol -bütildiglikol -bütülglikol -bütülglikolasetat -bütülglikolat -3-bütoksi-1-propanol -1-bütoksi-2-etilasetat -1-bütoksi-2-propanol -2-bütoksietanol -2-(2-bütoksi-etoksi)-etanol -2-(2-bütoksi-etoksi)-etilasetat -Bütüil laktat -n-bütüilmetakrilat -Bütüil alkol -n-bütüilaldehit	-Aseton -Asetikasit etilesteri -Asetikasit n-butil esteri -Asetik ester -Asetilen -Alkilalkoller -1-Brombütan -Bromklormetan -1-Brompropan -Ter-bütanol -2-Bütanon -iso-Bütüilasetat -n-Bütüilasetat -Bütüilstearat -Dekametilsiklopentasiloksan (d5) -Diasetonalkol -Dibütüil eter -2,2-diklor-1,1,1-trifloreтан -1,2-diklor-1,1,2-trifloreтан -1,2-Dikloretilen -Diklormetan -Dodesilmaleat -Dietileter -Diizobüten -Diizopropileter -2,3-dimetilbütan -Dimetileter -1,2-Etandiol -Etanol -Etanolamin -Etilasetat -Etilklörür -Etilen -Etilenglikol -Etilformiat -Etilmetilketon -Etin -Gliserol -Gilkol -Hekzafloraetan

-Etilakrilat	-Dekahidronaftalin	-Hekzametilsiklo-trisiloksan (d3)
-Etilamin	-Dekalin	-Hidrokarbonlar, olefinik
-Etilenimin	-Di(2-etilhekzil)ftalat	-Hidrokarbonlar, parafinik
-Etilpropenoat	-1,4- Diklorbenzen	-4-Hidroksi-4-metil-2-pentanon
- Fenol	-1, 1 - Dikloretan	-İzobütanol-2-amin
-Fenantren	-1,2- diklorpropan	-İzobüten
- Formaldehit	- Dietanolamin	-İzobütülen
- Formik Asit	-Dietilbenzen	-İzobütülmethylketon
- Furaldehit	(1,2-;1,3-;1,4- izomerleri)	-İzobütülstearat
- Furfurol	-Dietilkarbonat	-İzo-dekanol
-Glioksal	-Dietilenglikol bütileter	-İzo-propanol
-Heksafloropropen	-Dietilenglikol monoetileter	-2-İzopropoksiopropan
-1,6 Hekzandiizosiyanat	-Dietiloksalat	-İzopropil asetat
- Hekzametildiizosiyanat	-1,1- difLoreten	-Karbontetraflorür
-İzopropil-3-klorfenilkarbomat	-1,3- dihidroksi benzen	-Kloroetan
-İzopropilfenilkarbamat	-Diizobütülmethylketon	-Sıvı parafin
-Kaproilaktam	-Diizopropilbenzen	-MEK (2-bütanon)
-Karbontetraklorür	-N,N- dimetilasetamit	-Metanol
-Ketilpridinyumklorür	-Dimetilaminoetanol	-3-Metil-2-bütanon
-Klorasetaldehit	-N,N- dimetilformamit	-4-metil-2-pentanon
-Klorasetikasit	-2,6- dimetil-heptan-4-on	-2-metil-2-propanol
-2-kloretanal	-Dioktilftalat	-Metilsikloheksan
-Kloroform	-Dipropilenglikol monometileter	-Metilenklorür
-Klormetan (metil klorür)	-DOP	-Metiletilketon
-□-klor toluen	-2-Etoksietanol	-Metilizobütülmethylketon
-Krezoller =hidroksi toluen	-2-Etoksietilasetat	-Metilizopropilketon
-Merkaptanlar	-Etoksipropilasetat	-2-metilpropen
-Metil metakrilat	-Etil laktat	-Metilpropilketon
-Metanal	-Etilsilikat	-n-Metilprolidon
-Metil-(2-metil)-propinoat	-Etil-□-hidroksipropionat	-MIBK (4-metil-2-pentanon)
-Metilakrilat	-Etilbenzen	-Alifatik hidrokarbonların karışımı
-Metilamin	-Etildiglikol	-Oktaflorpropan
-2-Metilanolin	-Etilenglikol monoetileter	-Oktametilsiklo-tetrasiloksan(d4)
-2-metilbromür	-Etilenglikol monometileter	-Penta-eritrol ve c9-c10 uçucu asit esterleri
-Metilklorür	-Fenoksietanol	-Pentan
-Metiletilketonperoksit	-Fenoksiopropanol	-2-Pentanon
-Metilmetakrilat	-Formik asit metilesteri	-3-Pentanon
-Metilfenoller	-Furfurilalkol	- Petrol (benzin)
-Metilpropenoat	-2-Hidroksimetilfuran	-Mineral Petrol yağları
-2-Metoksietilasetat	-2,2' -İmindietanol	-Pinenler
- Nitrobenzen	-İsokumol	-Potasyum oleat
-Organostannic bileşikler	-İzoforon	-2-Propanol
-Organik kalay bileşikleri	-İzo-oktil/nonil-fenil-polİglikol eter (5 etilen oksit kısımları ile)	-Propanon
-Perasetik asit	-İzopropenilbenzen	-n-propenol
-Piperazin	-İzopropilbenzen	-i-Propilasetat
-Piridin	-Limonen	-Silikon yağı
-Propenal	-Karbon disülfür	-Sikloheksan
-Propenoik asit	- hintyağı etoksilat (15 etilen oksit kısımları ile)	-□□-Terpinol
-n-propilamin	-2-Klor-1,3-bütadien	-Tetraflormetan
-Tehylheksilkrilat	-Klorbenzenler	-Tridekanol (izomerlerin karışımı)
-Terfenil	-2-klorpren	-Tridesil alkol
-1,1-dimetiletilhidroperoksit	-2-klorpropan	-Triflormetan
-1,2,3,4-tetrabrommetan	- Ksilen	-2,4,4-Trimetil-1-penten
-1,1,2,2-tetrakloretan	-2,4-Ksenol (2,4-dimetilfenol)	-Trimetilbromat
-Tetraklormetan	-Kümen	-Beyaz alkol
-Tiyoalkoller		
-Tiyobismetan		
- Tiyoeterler		
-o-toluidin		
Tribrommetan		

2,4,6-tribromfenol	-	-1-metoksi2-propanol	
Trietilamin	-	-1-metoksi-2-propilasetat	
Trifenilfosfat	-1,1,2-	-2-metoksietanol	
Trikloretan	-	-3-metoksietoksietanol	
Triklorfenoller	-	-2-metoksiopropanol	
Triklormetan(Kloroform)	-	-2-metoksipropilasetat	
Ksenoller		-Metoksipropilasetatlar	
		-5-metil-2-hekzanon	
		-1-metil-3-etilbenzen	
		-N-metilasetamit	
		-Metilasetat	
		-Metilbenzen	
		-Metilkloroform	
		-Metilsikloheksanon	
		-Metilformat	
		-Metilglükol	
		-Metilzoamilketon	
		-□-metilstiren	
		-Metil-tartar-bütileter (MTBE)	
		-Aromatik hidrokarbon karışımları	
		-Monoetileter asetat	
		-1,2- pentadiol	
		-Perkloretilen	
		-Propanal	
		-1,2- propandiol	
		-Propanoik asit	
		-Propanaldehit	
		-Propionik asit	
		-n-propilasetat	
		-n-propilbenzen	
		-Propilenglikol	
		-Resorkinol	
		-Sikloheksanol	
		-Sikloheksanon	
		-Sorbitalheksaoleat,etoksilat	
		-Stiren	
		-Tetrakloretilen	
		-Tetraetil ortasilikat	
		-Tetrahidrofur	
		-1,2,3,4-Tetrahidronaftalin	
		-Tetralin	
		-1,2,3,4-Tetrametilbenzen	
		-1,2,3,5-Tetrametilbenzen	
		-1,2,4,5-Tetrametilbenzen	
		-Toluen	
		-1,1,1-Trikloretan	
		-Trikloretilen TRI	
		-Trietanolamin	
		-Trietilen tetramin	
		-Trimetil benzen	
		-Bitkisel yağ, sülfatı	
		-Vinil asetat	
		-Vinil benzen	
		-Viniliden florür	

2.1.1.1 Koku

Koku; havada bulunan uçuculuğu yüksek bileşiklerden kaynaklı emisyonların koku alma duyusuyla hissedilen bir bileşen olarak tanımlanmaktadır. Kokunun insanlar üzerinde rahatsız edici etkisi ve çevreye verdiği zararlı etkilerden dolayı önemli çevre problemler arasında yer almaktadır (Yılmaz 2016).

Artış gösteren nüfusla birlikte artan endüstri tesisleri birincil koku kaynağı haline gelmişlerdir (Şahin ve Bayram 2017). Yoğunlukla endüstriyel faaliyetler sonucunda oluşan uçucu organik bileşiklerden kaynaklı koku, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açmasının yanı sıra önemli derecede hava kirliliğine sebep olmaktadır (Yılmaz 2016).

2.1.1.1.1 Koku Ölçüm Parametreleri

Koku parametresi kokuyu veren bileşik ve kokunun algılanması arasında değişkenlik gösterebilmektedir. Koku özellikleri ve koku algısı arasında açıkça net bir teori bulunmamaktadır. Kokular analitik ve duyuşsal olmak üzere 2 çeşit yöntem ile ölçülmektedir. Analitik ölçümler nesnellik, tekrarlanabilirlik ve doğruluk avantajına sahip olduğundan bilimsel açıdan oldukça önemlidir (Yılmaz 2016).

Koku ölçümünde değerlendirilen parametreler;

- I. Konsantrasyon (fiziksel kokuların konsantrasyonu)
- II. Yoğunluk (algılanan duyumun büyüklüğü)
- III. Karakter (bir kokuyu diğerinden ayıran karakteristik özellikler)
- IV. Hedonik ton (hoşluk ya da nahoşluk)

olarak sayılabilir (Gostelow 2001).

Koku konsantrasyonu; en fazla test edilen parametredir. Analitik ve duyuşsal olarak ölçülmesi mümkündür. Ayrıca analitik olarak ölçülebilen tek parametre koku konsantrasyonudur. Bir kokunun fark edilebilmesi için gerekli olan en düşük konsantrasyon olarak bilinmektedir.

Koku yoğunluğu; kişiden kişiye göre değişen hafif veya kuvvetli gibi terimlerle ifade edilen parametredir. Koku konsantrasyonu arttıkça yoğunluğu da artış gösterir.

Koku karakteristiği; genel anlamda kokuyu diğerlerinden ayıran özellik olarak tanımlanmaktadır. Örneğin çürük yumurta kokusu dediğimizde herkes ne demek istediğimizi anlamaktadır.

Hedonik ton; Bir kokunun üzerinde bıraktığı etki ve hissettirdikleriyle ilişkilendirilerek ölçülen bir parametredir. Hoş ve nahos olarak ifade edilen terimlerle ölçülmektedir.

Ülkemizde 2013 yılında yürürlüğe giren “Kokuya Sebep Olan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği ”ne göre ise koku konsantrasyonu; birim m³ hacimdeki koku birimi (KB) cinsinden ifade edilerek KB/m³ olarak gösterilmektedir. Bu yönetmeliğe göre sınır değer 1000 KB/m³ olarak belirtilmiştir (KOEKHY 2013). Yönetmelikte, koku analizinde kullanılacak olan yöntem olfaktometre olarak belirlenmiştir. Bu yöntemle göre koku ölçümleri yapılarak sonuçlar değerlendirilmektedir. Kokulu gazlar işletmelerin üretim aşamasında çok sayıda uçucu organik bileşiğin oluşturduğu kompleks gaz karışımlarıdır. Amerika Çevre Koruma Ajansı (U.S. EPA) tarafından hazırlanan Temiz Hava Yasası kapsamında birincil olarak kontrol altında tutulması gereken kirleticilerin büyük çoğunluğunu toksik etkileri bulunan uçucu organik bileşikler (UOB) oluşturmaktadır (Yılmaz 2016).

Kokunun analitik ölçümü üç şekilde yapılmaktadır. Bunlar; elektronik sensörler GS/MS (Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi), maskeleyme ve olfaktometri yöntemidir. (Topal ve Arslan 2013). Kokuya Sebep Olan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği’nde koku ölçüm yöntemi olfaktometri olarak belirlendiğinden dolayı en fazla kullanılan yöntem olfaktometri yöntemidir.

2.1.1.2 Uçucu Organik Bileşiklerin Giderim Yöntemleri

Uçucu organik bileşiklerin emisyon kontrolünü sağlamak için farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler proses, ekipman değişimi ve kontrol teknikleri olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Kontrol teknikleri ise bertaraf etme ve geri kazanım olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Khan ve Ghoshal 2000). Uçucu organik bileşiklerin kontrol yönteminin belirlenebilmesi için öncelikle envanter çalışması yapılması gerekmektedir. Bu çalışma

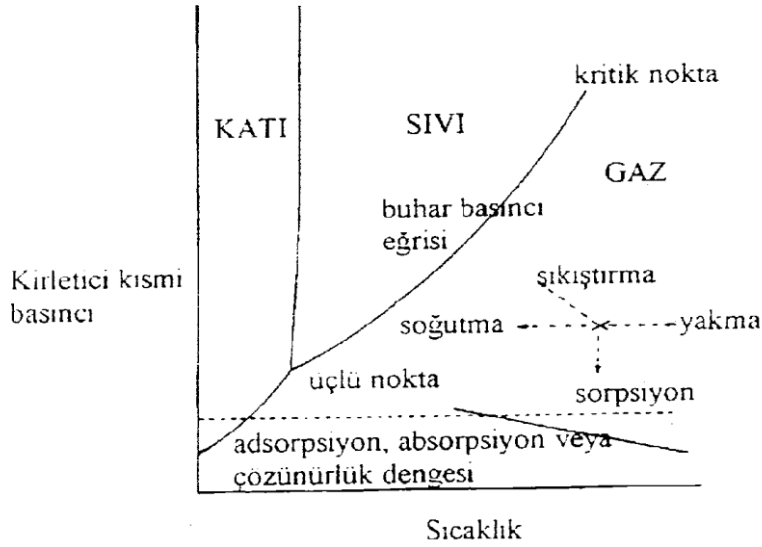
yapılırken salınan kirleticiler, havalandırma akışındaki kirletici türleri; saatlik, yıllık, ortalama ve en kötü durum emisyon oranları, kirlilik kontrol ekipmanının varlığı ve etkisi araştırılmalıdır. Emisyonların azaltılması için en çok proses ve ekipman değişiklikleri tercih edilmelidir.

Uçucu organik bileşiklerin birçok giderim yöntemi bulunmaktadır. Bu kirleticileri kaynağında azaltmak en birincil yöntemdir. Ancak bu teknolojik olarak oldukça zor bir işlemdir. Bu yüzden kirleticilerin atmosfere salınımını engellemek için bir mekanizmanın kullanılması gerekmektedir. Kirletici gazların kontrolünde fiziksel ve kimyasal etkileşimler rol almaktadır. Fiziksel olarak adsorpsiyon, çökme, emme vb., kimyasal olarak foto aktif şekilde bozunmalar örnek verilmektedir. VOC giderim sisteminin seçiminde kirleticinin miktarı, cinsi, debisi, sıcaklığı vb. gibi faktörler rol almaktadır. Buna ek olarak kullanılacak sistemin maliyeti ve mevcut durum diğer etkili faktörler içerisinde yer almaktadır. VOC giderim yöntemleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Kalafatoğlu ve ark. 2000).

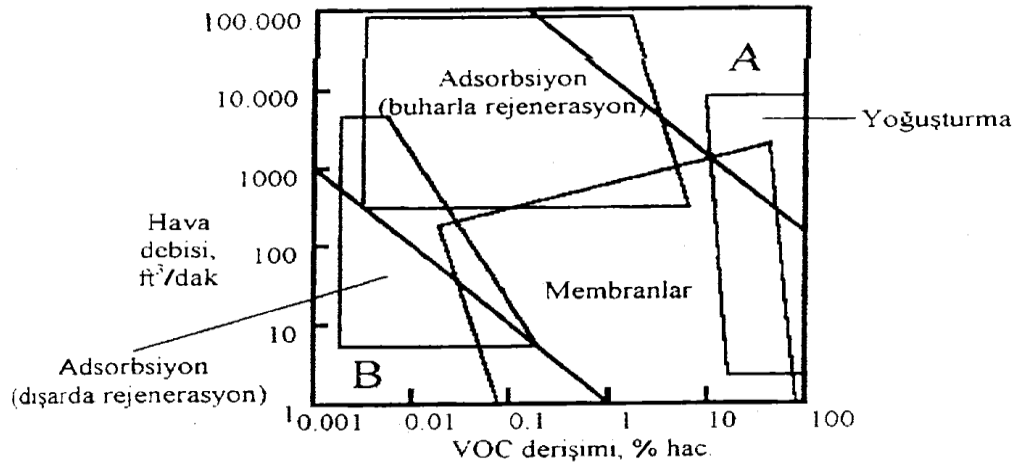
- Adsorpsiyon
- Absorpsiyon
- Membranlı ayırma
- UV oksidasyonu
- Plazma teknolojisi
- Biyofiltrasyon
- Kazanlar/ proses ısıtıcıları
- Termal oksidasyon
- Katalitik oksidasyon
- Yoğuşma
- Baca sonunda yakma

Bu yöntemler arasında en fazla ısı oksidasyon, katalitik oksidasyon, yoğuşma, adsorpsiyon, baca sonunda yakma yönteminin kullanıldığı literatürde yer almaktadır. Gaz kirleticilerin kirletici sıcaklığı ve kısmi basıncına bağlı olarak arıtım prosesi seçimi Şekil 2.1' de gösterilmektedir. Görüldüğü gibi sıcaklık ve basınç değerleri giderim sistem seçimini etkilemektedir. Bu veriler ile uçucu organik bileşiklerin giderimi için proses seçimi yapılmasına olanak sağlamaktadır.

VOC giderimi yanında geri kazanım teknolojilerinin uygulaması da mümkündür (Şekil 2.2). VOC geri kazanımının yapıldığı teknolojilerde hava debisi ile VOC derişimi arasındaki ilişki dikkate alınarak uygulanması gereklidir.



Şekil 2.1. Gaz Kirleticilerin Kirlenici Sıcaklığı ve Kısmi Basıncına Bağlı Olarak Arıtım Prosesi Seçimi (Kalafatoğlu ve ark. 2000)



Şekil 2.2. Bazı VOC Geri Kazanım Teknolojilerinin Uygulama Alanları (A: bu alanda fazla gaz akımı bulunmaz, B: Bu alandaki gaz akımları yaygın olmakla birlikte çevre kirliliği açısından sorun yaratmaz) (Kalafatoğlu ve ark. 2000)

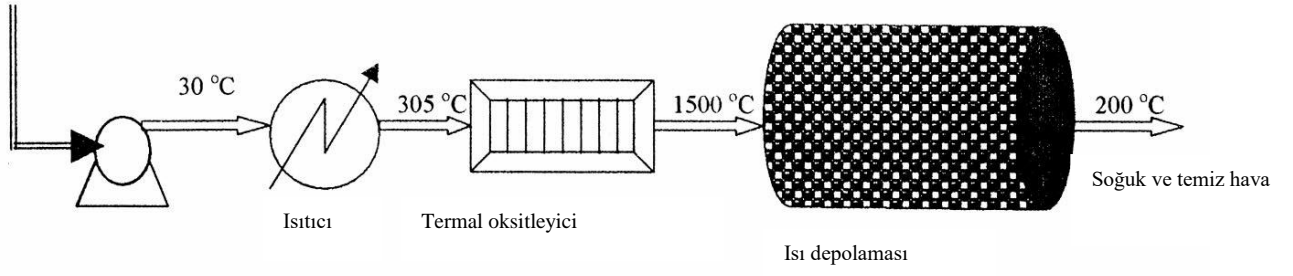
Uçuşu Organik Bileşiklerin Gideriminde Kullanılan Teknikler

Oksidasyon teknikleri: Bu teknik yanıcı hava kirleticilerin zararlı etkilerini önlemek amacıyla uygulanmaktadır. İçerisinde hidrokarbon bulunduran kirleticiler tam yanmanın sonucunda su ve karbondioksite dönüşürler. Eksik yanma sonucunda karbonmonoksit vb. maddeler ortaya çıkmaktadır. Termal ve katalitik yanma olmak üzere iki çeşit yakma kullanılmaktadır (Schönberger ve ark. 2003)

Termal yakma sistemleri duman yakma fırını olarak da literatürde yer almaktadır. Her türlü atık gaz için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem ile uçucu organik bileşiklerin %95-%99 oranında giderildiği literatürde yer almaktadır. İşletme kapasitesi 1000-500 000 cfm aralığında tasarlanabilmektedir. Sistem için VOC konsantrasyonu 100 ila 2000 ppm arasındadır. Sistemde kalış süresi 0,5 ile 1 saat arasında değişmektedir. Sisteme, yüklü konsantrasyon değerinde bir kirletici verilmesi halinde sistemde kalış süresi ve sıcaklığın artırılmasını gerektirecektir. Bu durumun patlamaya sebebiyet vermemesi açısından üretici tarafından alt patlama limit değeri ile güvence altına alınmaktadır. Bu uygulamanın ardından, yüksek sıcaklık sebebiyle ikincil kirleticiler meydana gelebilir. Bu yüzden sistem için korozyona dayanıklı malzemeler ve asit-gaz kontrollerinin sağlanması gerekmektedir. Şekil 2.3’de görüldüğü gibi iki tip oksidasyon sistemi bulunmaktadır. Rejeneratif sistem uygun sıcaklığa ulaşması uzun zaman alırken reküperatif sistemin uygun koşullara ulaşması çok daha kolay olmaktadır. Bu sistem yüksek konsantrasyonlarda uçucu organik bileşik sistem içeren işletmeler için uygun olan bir yöntemdir. Düşük konsantrasyon değerlerine sahip işletmeler için pahalı bir yöntem olduğu kabul edilmektedir (Khan ve Ghoshal 2000).

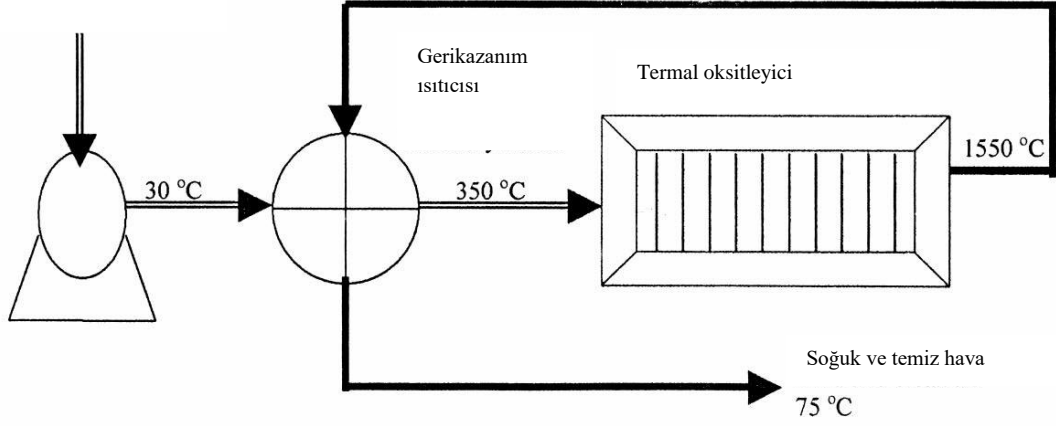
Katalitik yakma; termal oksitleyicide olduğu gibi atık gazı direkt olarak yakılmaktadır. Çoğu atık gazın arıtımı için kullanılabilen bir yöntemdir. Ancak bu sistem termal oksidasyona göre daha düşük sıcaklıklarda çalışmaktadır. Konsantrasyon aralığı 100 ila 2.000 ppm arasında değiştirilebilecek şekilde tasarlanabilmektedir. Düşük konsantrasyonlar için kullanımı uygun görülmektedir. Bu sistemde aynı şekilde yanma sonucu ikincil kirleticilerin oluşması dikkate alınması gereken bir problemdir. Katalitik oksidasyon şematik görünümü Şekil 2.4’ de gösterilmektedir (Khan ve Ghoshal 2000)

VOC yüklü hava



(a)

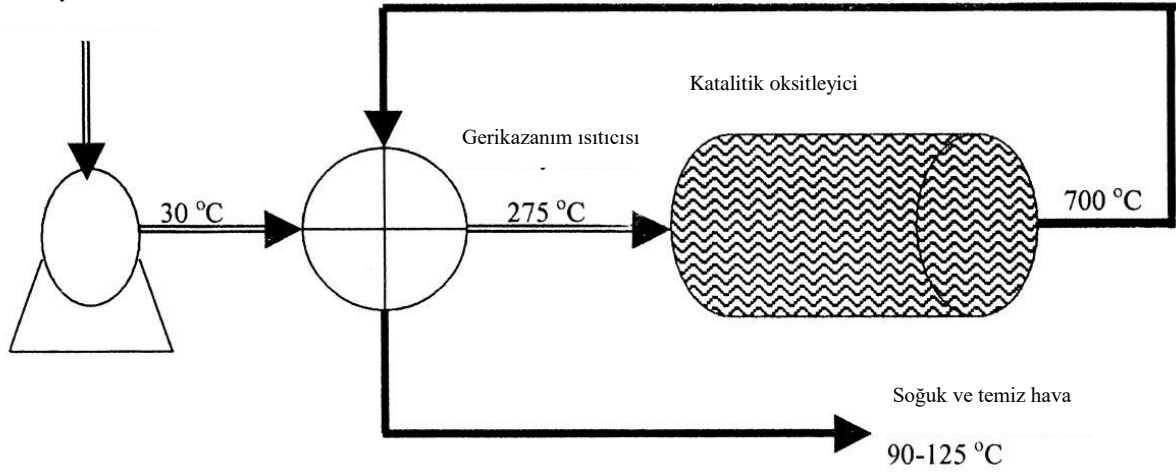
VOC yüklü hava



(b)

Şekil 2.3. Termal oksidasyon şemaları. (a) Rejeneratif termal oksidasyon; (b) reküperatif termal oksidasyon (Khan ve Ghoshal 2000)

VOC yüklü hava



Şekil 2.4. Katalitik oksidasyon (Khan ve Ghoshal 2000)

Termal yakma 750°C ila 1000 °C arasındaki sıcaklıklarda gerçekleşirken katalitik yanma 300 °C ile 400 °C arasındaki sıcaklıklarda gerçekleşmektedir. Bu yöntemlerin avantajı olduğu gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin termal sistem için atık gazın sıcaklığını 750 °C ye kadar yükseltmek hem maliyet hemde enerji kaybına sebep olabilmektedir. Katalitik yanma sonucunda ise ağır metal vb. yanmasıyla oluşan zararlı bileşiklere karşı önlem alınması gerekmektedir. Yanma sonucunda yüksek miktarda CO₂ salınımı olacağından ve değerli VOC'leri yok etmesinden dolayı bu yöntem her zaman iyi bir fikir olarak görülmemektedir (Schönberger ve ark. 2003).

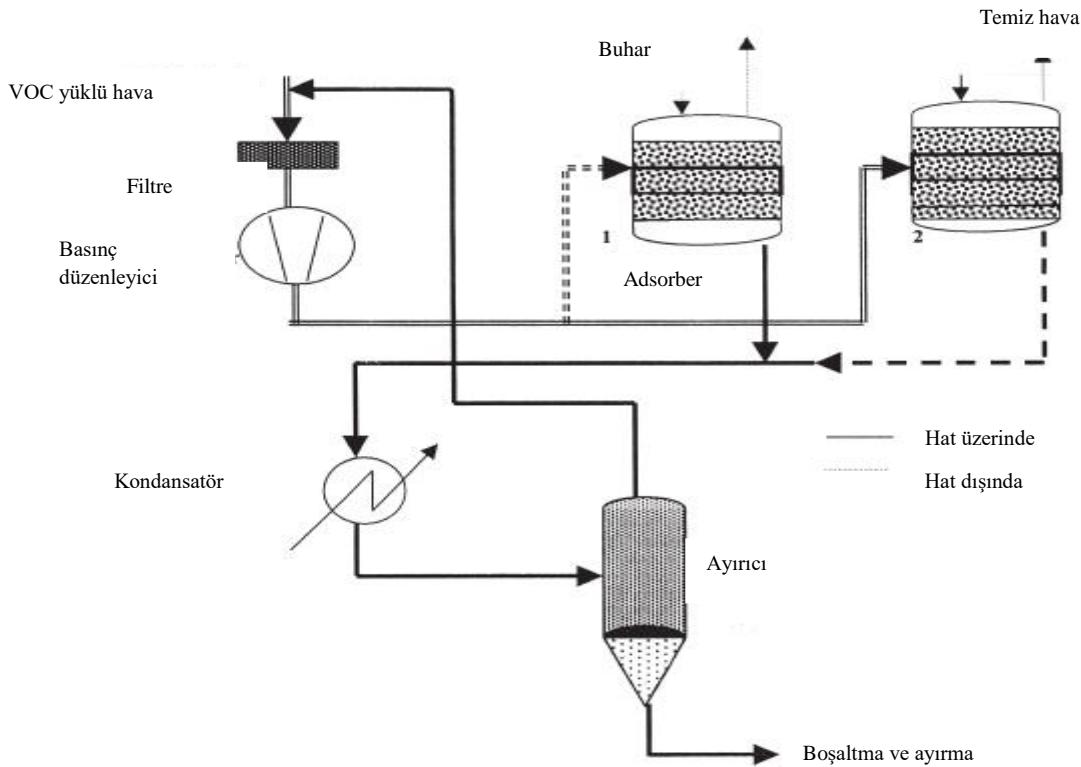
Ozon oksidasyonu: Ozonun güçlü bir oksitleyici olması sebebiyle arıtma sistemlerinde sıklıkla tercih edilmektedir. Birçok bileşik ile kolaylıkla tepkimeye girebilmesi özellikle koku gideriminde verimli sonuçlar alınmasına katkı sağlamaktadır. Ozon depolanmadan direkt olarak sisteme verilebilmektedir. Bu sebeple depolama alanı ihtiyacı ve de tehlikeli kimyasalların yönetimi konulara ihtiyaç duyulmaz. Ancak ozon korozyona sebebiyet vermektedir. Bu yüzden sistemin dayanıklı malzemeden yapılması gerekmektedir. Atık su arıtım tesisinde %99'luk bir giderim verimine ulaşılmış olup bu oran rendering tesisinde ise %40-%100 aralığında olduğu belirtilmektedir (Şahin ve Bayram 2017).

Baca sonunda yanma: Atık gaz içerisinde yanabilir maddenin yoğunluğuna bağlı olarak kullanılabilir.

Yoğunlaşma teknikleri: Kaynama noktası ve VOC derişimi yüksek atık gazların arıtımında kullanılan bir yöntemdir. Isı eşanjörleri vb. şekilde kısmen bazı kirleticilerin yoğunlaşması sağlanmaktadır. Atık gaz, ısı eşanjörlerinde kirleticilerin damla veya film oluşturduğu bir sıcaklığa soğutulur. Yoğunlaşmış kirleticiler, ısı eşanjörlerinde kısmen ayrılmış durumda; kalan parça aşağı akış filtrelerinde ayrılabilir. Bu yöntem ile uçuculuğu yüksek olan kirleticilerin uzaklaştırılması mümkün değildir (Schönberger ve ark. 2003).

Adsorpsiyon teknikleri: Kimyasal ve fiziksel olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Schönberger ve ark. 2003). Temel olarak koku oluşturan bileşiklerin aktif karbon, alümina, silika jel veya zeolit gibi maddelerin yüzeyine tutunarak giderilmesi prensibine göre çalışır (Şahin ve Bayram 2017). Bu sistemde en fazla kullanılan adsorbant aktif karbondur (Şekil 2.5). Bunun en önemli sebebi maliyetinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Yüksek yüzey alanı sağlaması, rejenerasyon sonrasında tekrar kullanılabilir olma özelliklerinden dolayı sıklıkla

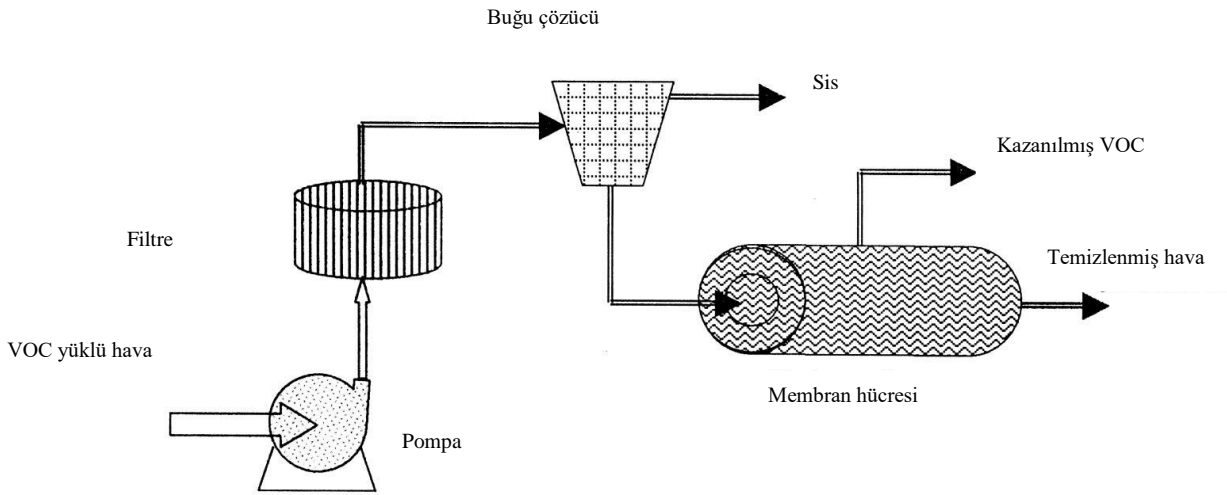
tercih edilmektedirler (Şahin ve Bayram 2017). Aktif karbonlar arıtılan kirleticinin yoğunluğuna bağlı olarak rejene edilir veya yakılır. Kullanımı en yaygın ve en uygun adsorbent aktif karbon olmasına rağmen yüksek çözünürlüklü kirleticiler için yeniden tutturulması, bazı solventlerin zehirli veya çözünmeyen bileşiklere polimerizasyonunu veya oksitlenmesini artırdığı ve nem kontrolü gerektiren yanıcı özellikte olması sebebi ile birtakım dezavantajları bulunmaktadır. Bu noktada hidrofobik zeolit alternatif adsorbent çözüm oluşturmaktadır (Khan ve Ghoshal 2000). Adsorpsiyon sistemlerinde yüzey alanı, sıcaklık, pH, nem gibi parametreler verimlilik açısından büyük bir öneme sahiptir. Kullanım ömrü sınırlı olan adsorpsiyon sistemleri daha çok ıslak yıkama vb. uygulamalardan sonra geriye kalan istenmeyen bileşikleri gidermek amacıyla kullanılmaktadır (Şahin ve Bayram 2017). Sulu yıkayıcılar en çok kullanılan yöntem olarak yer almaktadır. Kirletici gazlar yıkama sıvısına nozul buharlaştırıcıları, santrifüj sistemleri ve yıkama suyunun türbülansı ile temas ettirilerek işlem gerçekleştirilir. Kirleticinin çözünürlüğüne bağlı olarak verimliliği değişim göstermektedir. Bu yöntemin uygulanmasının ardından atık su oluşacağından dolayı uygun bir arıtım sisteminin ilavesi ile verimli bir sistem oluşturacaktır (Schönberger ve ark. 2003).



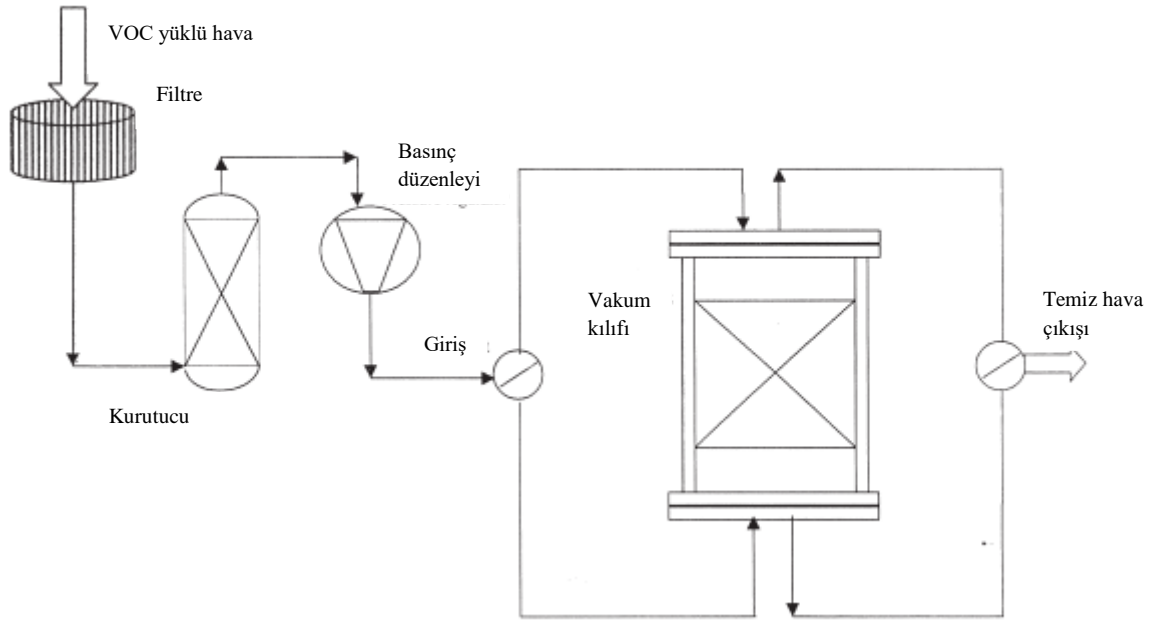
Şekil 2.5. Aktif karbon VOC giderim mekanizması (Khan ve Ghoshal 2000)

Absorpsiyon teknikleri: Bir absorpsiyon sistemi 2.000 ila 100.000 cfm kapasiteyi işlemek üzere tasarlanabilir ve VOC konsantrasyonu 500 ila 5.000 ppm arasında değişiklik gösterebildiği belirtilmiştir. Yarı geçirgen membran sistemi ile geri kazanıma yönelik uygulanan bir yöntemdir. Membran tekniği için basitleştirilmiş proses akış diyagramı Şekil 2.6'da gösterilmektedir. Bu sistem ile %98 civarı giderim sağlanabilmektedir. Membran sistemi absorpsiyon teknolojisi ile çalışan bir sistemdir. Organik maddelere uyarlanma, membranın maliyeti, membran bakımı, membran bazlı proses hızı, tekrar kullanılabilir membranlar, sıvı varlığı, akış desenleri bu sistemin uygunluğunu araştıran parametrelerdir (Khan ve Ghoshal 2000).

Ters akış rektörü(RFR): Besleme akışının yönünün periyodik olarak tersine çevrildiği bir paket yataklı reaktör olarak literatürde yer almaktadır. Çevresel etkilerden korunduğunda uygun bir arıtma yöntemidir. Döngü periyodu, gaz hızının etkisi, adiabatik sıcaklığın etkisi, farklı komponent ve karışımları, basıncın etkisi, giriş yoğunluğundaki değişimler sistemi etkilemektedir. Ters akışlı reaktörün şematik görünümü Şekil 2.7'de gösterilmektedir (Khan ve Ghoshal 2000).



Şekil 2.6. Membran tekniği için basitleştirilmiş proses akış diyagramı (Khan ve Ghoshal 2000).

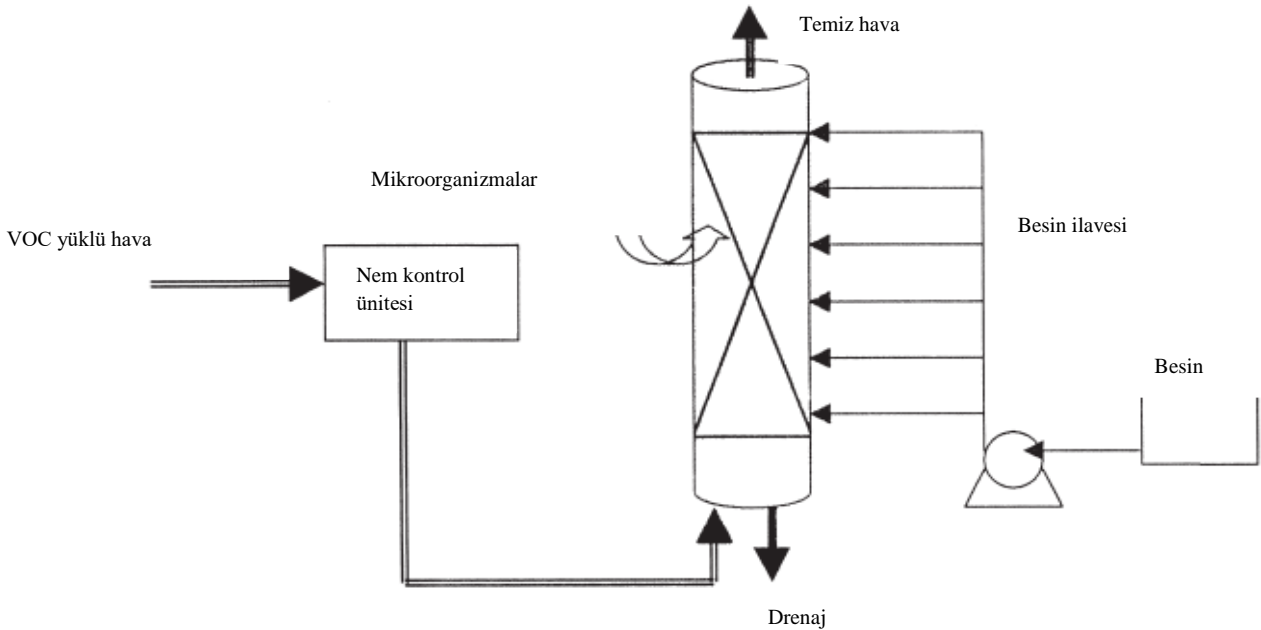


Şekil 2.7. Ters akışlı reaktörün şematik görünümü (Khan ve Ghoshal 2000)

Islak yıkama (Scrubber): Islak yıkama yöntemi ile koku giderim çoğunlukla kullanılan bir yöntemdir. Kirleticinin fiziksel ve ya kimyasal olarak yıkanması ile koku giderimini sağlamaktadır. Sistem içerisinde kullanılan dolgu malzemeleri verimi oldukça arttırmaktadır. Bu yöntemde sıvı/gaz oranı, alıkonma süresi, temas yüzeyi, kullanılan kimyasallar, pH, sıcaklık verimi etkileyen önemli parametrelerdir. Scrubber sistemlerde verimin %60-100 arasında değiştiği belirtilmektedir (Şahin ve Bayram 2017).

Elektrostatik çökeltme: Atık gazın içerisindeki farklı yüklerin varlığı ile gerçekleştirilen bir yöntemdir. Atık gaz, karşılıklı iyonlaşma ve etkileşiminin ardından yerçekimi ile sistemden ayrılır. Elektrostatik çökme havanın iyonlaşması, kirletici parçacıkların şarj edilmesi, parçacıkların çöktürme plakasına taşınması, parçacıkların nötralizasyonu, kirleticilerden yağış plakalarının temizlenmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Bu yöntemin verimli olabilmesi için atık partikül boyutlarının 0.01- 20 mm aralığında bulunması gerekmektedir. En iyi verimin 0,1-0,5 mm aralığında olduğu literatürde yer almaktadır. Katı ve sıvı kirleticilerin gideriminde, gaz kirleticilere göre daha verimli olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı verimli bir arıtım için bu sistem kullanımında aerosollerin uzaklaştırılması gerekmektedir (Schönberger ve ark. 2003).

Biyofiltrasyon: Temel olarak koku giderimi için kullanılan bu sistemin işletmelerde VOC giderimi için kullanılan etkili ve ucuz bir yöntem olduğu belirtilmektedir. Mikroorganizmaların koku oluşturan bileşikleri besin olarak tüketerek ortamdan uzaklaştırması prensibi ile çalışan bir yöntemdir (Şahin ve Bayram 2017). Mikroorganizmaların kirleticiyi su, karbondioksit ve biyokütleyle dönüştürdüğü basit bir sistemden oluşmaktadır. Bu sistemin verimi biyolojik bozunabilirliğine bağlıdır. Sistem için gerekli nem, sıcaklık, pH, basınç, yüzey alanı, gözeneklilik, alıkonma süresi dengede tutulması gereken parametrelerdir. Aromatik bileşikler için giderim verimi %43 ila %96 aralığında sağlanırken klorlu bileşikler için 0 ila %98 arasında sağlandığı rapor edilmektedir. Biyofiltrasyon sisteminin şematik görünümü Şekil 2.8’ de gösterilmektedir. Diğer sistemlere göre işletimin daha zor olmasına rağmen biyofiltreler pekçok sektörde kullanılmakta ve oldukça yüksek verimlerle koku giderimi sağlamaktadırlar. Yapılmış çalışmalarda %95-99 verimle çalıştıkları belirtilmektedir (Şahin ve Bayram 2017).



Şekil 2.8. Biyofiltrasyon sisteminin basit bir şematik çizimi (Khan ve Ghoshal 2000)

2.1.1.2.1 Yapılmış Çalışmalar

Chungsiriporn ve ark. (2006), adsorpsiyon ve ıslak yıkama yönteminin kombine edilmesi ile toluen giderimini araştırmışlardır. Sistemde yıkama sıvısı olarak sodyum hipoklorit (NaOCI) çözeltisi kullanmışlardır. Hava akış hızı, giriş toluen konsantrasyonu NaOCI konsantrasyonu, yıkama sıvısı akış hızı ve püskürtme nozullarının büyüklüğü verimliliği etkileyen parametreler olduğunu vurgulamışlardır. Optimum şartlar altında, % 91,7'lik en yüksek toluen giderme veriminin elde edildiğini belirtmişlerdir.

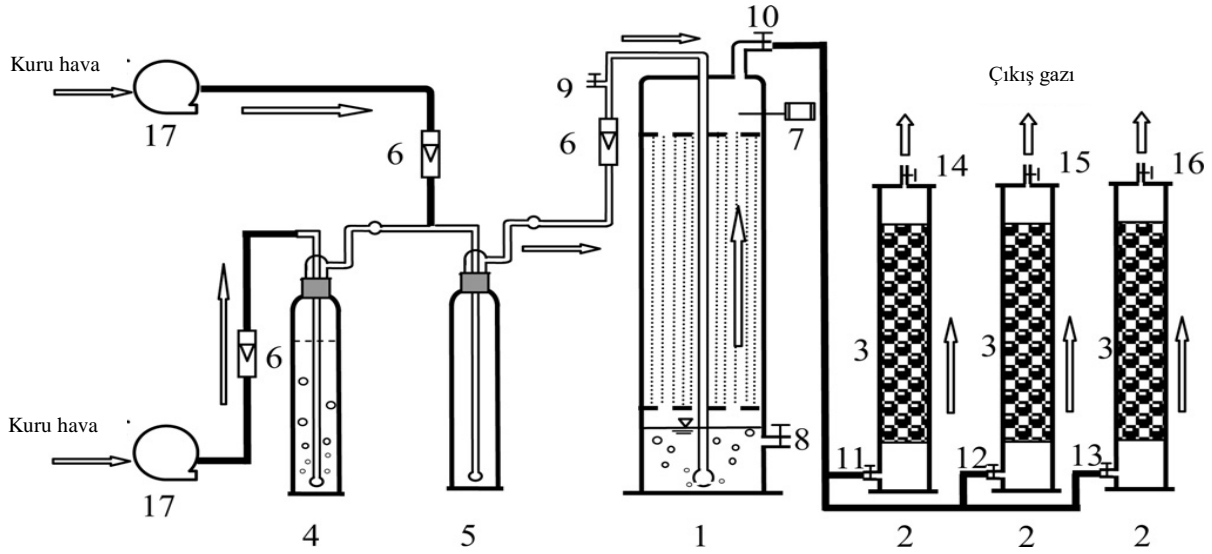
Kim (2002), yaptığı çalışmada VOC giderimini etkileyen parametreleri araştırmıştır. Örnek olarak toluen uçucu organik bileşiğini kullanarak toluen gideriminde doz, nem ve sıcaklığın etkilerini incelemiştir. Bu çalışma sonucunda su buharı ve nem artışı sonucu OH radikallerinin artışı, kuru ortama göre giderim veriminin %10-20 oranında arttırdığını belirtmiştir. VOC'lerin uzaklaştırma verimliliğinin, başlangıçtaki konsantrasyonun azalması ve emilen doz ile birlikte arttığını belirtmiştir. Sıcaklık parametresinde ise, 30°C ile 130 °C arasında toluen ayrışma hızında önemli bir değişiklik olmamasına karşın 170 °C ve üzeri sıcaklıkta ayrışma hızının düştüğü yer almaktadır.

Subrenat ve Le Cloirec (2006), yaptıkları çalışmada adsorpsiyon yöntemi ile metilen klorür giderimini araştırmışlardır. Bir kimyasal tesiste aktifleştirilmiş elyaf bezleri (ACFC) ile konsantrasyonu 3 ila 30 g/m³ arasında değişen metilen klorür adsorpsiyonunu çalışmışlardır. VOC'ler iki özdeş silindirik ACFC modülü içerisinde dönüşümlü olarak çalıştırılması sonucu emisyon çıkışı 100 m³/saat iken bu giderim sistemi ile 4 g/saat olarak kaydetmişlerdir. 18 ay boyunca yedi gün yirmi dört saat çalıştırılan bu sistemin VOC giderimi açısından verimli bir çalışma sergilediği rapor edilmiştir. Adsorpsiyon işlemlerinin ardından sistem rejenere edilerek metilen klorürün dönüşümlü olarak tekrar kullanımının sağlandığını belirtmişlerdir.

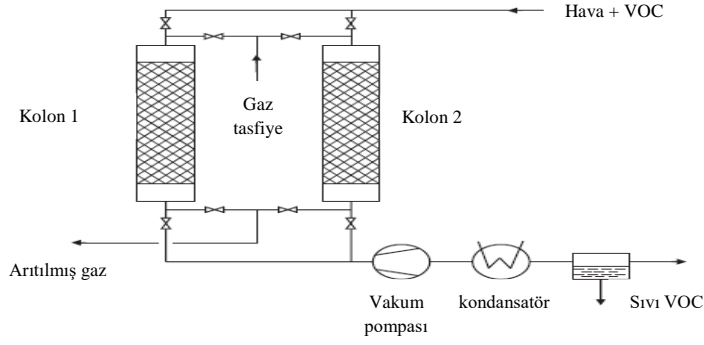
Li ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada adsorpsiyon yöntemi ile VOC giderimini araştırmışlardır. Adsorpsiyon için hindistan cevizi kabuğunun çeşitli şekilde modifiyesi yapılarak uygun yöntemin belirlenmesini amaçlamışlardır. Bu sebeple hindistan cevizi kabukları amonyak, nitrik asit, sodyum hidroksit, sülfürik asit, fosforik asit ile ayrı ayrı muamele edilerek aktifleştirme işlemi yapmışlardır. Aktif karbonlar ile o-ksilen bileşiği ile muamele edilerek giderim verimini araştırmışlardır. Bu çalışmada aktifleştirilmiş ve aktif olmayan karbonlar arasında ve farklı kimyasallar ile aktifleştirilmiş karbonlar arasında giderim verimi karşılaştırılmasını yapmışlardır. Sonuç olarak elbette ki GAC yüzeyinin fonksiyonel gruplarıyla ilişkili olarak aktifleştirilmemiş karbonlara göre giderim verimi oldukça yüksek

olduğunu tespit etmişlerdir. GAC'lar arasında karşılaştırma yapıldığında alkali çözelti ile modifiyesi yapılmış karbonların giderim veriminin asidik çözelti ile modifiye edilenlere göre daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Toluen, benzen, 1,1-dikloroetan ve kloroform için de bu yöntemin uygulanabilirliği literatürde yer almaktadır. Sistemin şematik görünümü Şekil 2.9'da gösterilmiştir.

Nastaj ve ark. (2005), döngüsel atık hava akımından kombine basınç ve sıcaklık salınımlı adsorpsiyon prosesinin teorik bir çalışması bilgisayar simülasyonu temel alınarak yapılmıştır (Şekil 2.10). Sistem sabit bir aktif karbon yatağına sahip iki adsorpsiyon kolonundan ve adsorsiyon, dolaylı adsorbanla yatak ısıtması, vakum desorpsiyon ve soğutma olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır. Yaptıkları çalışmada 2-propanol bileşiğinin gideriminde desorpsiyon sıcaklığı, basıncı ve temizleme gazının etkileri araştırılmıştır. Adsorbent olarak çoğunlukla aktif karbon kullanıldığını ve bu uygulamanın VOC gideriminde etkili olduğunu belirtmişlerdir.



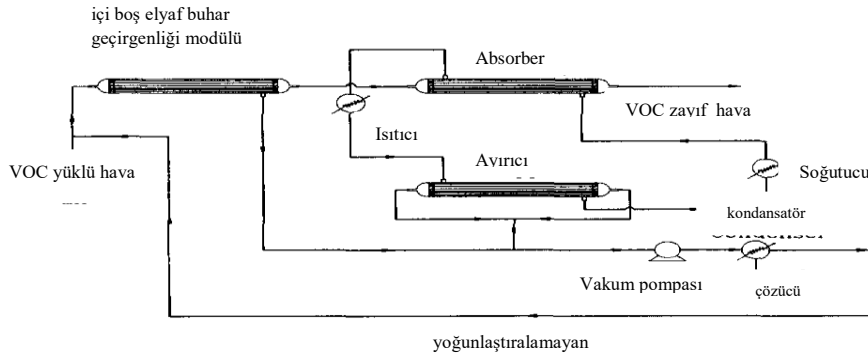
Şekil 2.9. Bir aşırı yük filtresinin atık akışından o-ksilen adsorpsiyonunun şematik gösterimi (ESOB): (1) ESOB; (2) adsorpsiyon birimi; (3) adsorban; (4) Muencks saf o-ksilen ihtiva eden gaz yıkama şişesi; (5) karıştırma odası; (6) akış ölçer; (7) Sıcaklık / pH ölçer (8) - (16) örnekleme bağlantı noktası; (17) hava pompası (Li ve ark. 2011)



Şekil 2.10. İki yataklı VTSA prosesinin şematik gösterimi (Nastaj ve ark. 2005)

Poddar ve Sirkar (1997), yaptıkları çalışmada adsorpsiyon ve sıyırma işlemini buharlama ile birleştiren bir hibrit işlem yoluyla VOC giderimini araştırmışlardır (Şekil 2.11). Bu sistemde iki çeşit boş elyaf zar modülü kullanmışlardır. Bu yöntem ile 6,000 ppmv metilen klorür içeren kirletici gaz, N₂ akımı ile % 99.57 - 99.97 oranında giderim sağlandığını belirtmişlerdir.

Gervasini ve ark. (1996), katalitik yakma yöntemi ile VOC giderimini incelemişlerdir. Bu yöntemin uygulanmasında ozon yardımcı olarak kullanılmıştır. Akrlonitril, metanol, stiren, toluen ve 1,2-dikloroetan uçucu organik bileşikleri üzerinde çalışma yapmışlardır. Ozonunun etkisi ile reaksiyon sıcaklığının düştüğünü görmüşlerdir. Sahip olduğu fonksiyonel gruba bağlı olarak her organik molekül, ozonun iyonlaşma etkisine ve oksidan gücüne benzersiz şekilde duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. VOC özelliklerine bağlı olarak ozon yardımıyla oluşan katalitik yanma verimsel açıdan farklılık gösterebildiğini vurgulamışlardır.

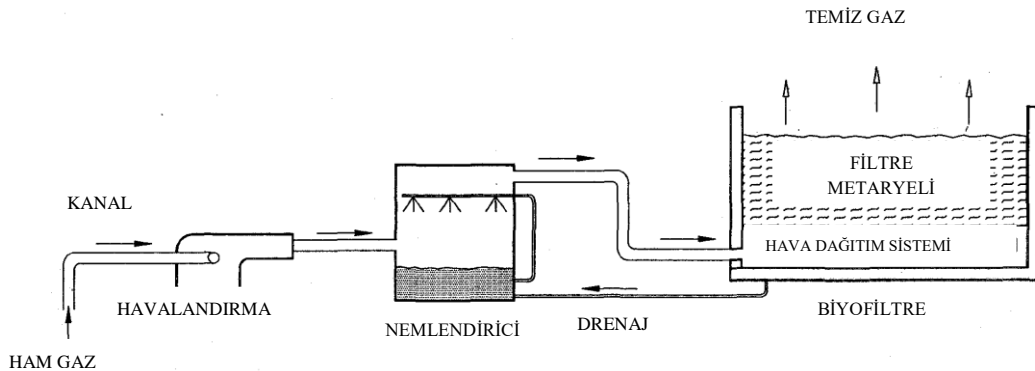


Şekil 2.11. VOC'nin buhar geçirgenliğine ve membrana dayalı absorpsiyon sıyırma hibrit prosesi ile gideriminin şematik gösterimi (Poddar ve Sirkar 1997)

Leson and Winer (1991), yaptıkları çalışmada biyofiltrasyon sistemi ile VOC giderimini araştırmışlardır (Şekil 2.12). Birçok sistem için uygulandığında %90 giderim verimi elde edildiği literatürde yer almaktadır. Düşük işletme maliyetlerinden dolayı biyolojik bozunabilir atık gaz içeren sistemler için oldukça uygun bir yöntemdir. Genel olarak düşük konsantrasyonlarda (100 ppm ve daha az) daha avantajlı olduğu belirtilmektedir. Biyolojik filtre genel olarak kompost olmakla birlikte bir veya birkaç aktif madde yatağından oluşabilmektedir. Aktif madde yatakları takribi 1 metre yüksekliğinden oluşmaktadır. Atık gaz bu sisteme verilmesinin ardından biyolojik parçalanma gerçekleştiğini ve bu işlemin sonucunda CO₂, su ve mikrobik kütleler açığa çıktığını belirtmişlerdir. Toluen, butil asetat, etil asetat bileşikleri için uygulanan deneyler bu sistemi destekler şekilde yer almaktadır.

Ping ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada NO, SO₂ ve Hg⁰ bileşenlerinin eş zamanlı uzaklaştırılmasını araştırmışlardır. Islak yıkama sistemine verilen üre+ KMnO₄ çözeltilisi ile yüksek giderim verimi elde etmişlerdir. Özellikle SO₂ gideriminde başarılı olan bu işlem ile yaklaşık %98 oranında bir giderim sağlamışlardır. Başlangıç pH, reaksiyon sıcaklığı, üre konsantrasyonu, SO₂, NO ve Hg⁰ konsantrasyonlarının tümü bu çalışmanın başarılı olmasında önemli parametreler olduğu belirtilmektedir.

Wolfrum ve ark. (2008), yaptıkları çalışma ile kurutucu çark sistemi ile VOC giderimini araştırmışlardır (Şekil 2.13). 50-150 ppb konsantrasyon aralığında bulunan toluen ve n-hekzan bileşiklerinin giderim verimini incelemişlerdir. Bu sistemde yer alan tekerlek hızı, rejenerasyon sıcaklığı, VOC konsantrasyon ve bağıl nem etkileri araştırılmıştır. Bu yöntem ile toluen için %70, n-hekzan için %20 oranında giderim kaydetmişlerdir. Aradaki farkın toluenin daha uçucu olmasından kaynaklandığı kanısına varmışlardır.

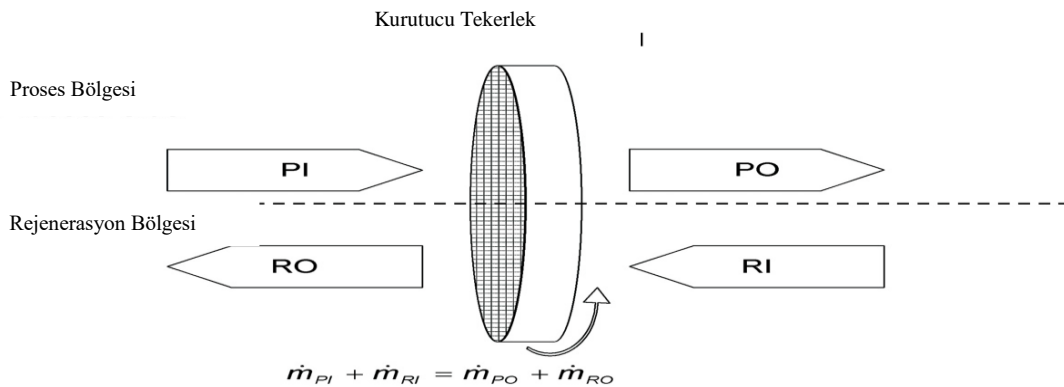


Şekil 2.12. Açık tek yataklı biyofiltre sisteminin şeması (Leson and Winer 1991)

Kirletici konsantrasyonlarının çok fazla etki göstermediğini belirterek PI akımında bağıl nem arttırıldığında giderim veriminin düştüğü ancak rejenerasyon giriş sıcaklığının arttırılması ile giderim veriminin de arttığı belirtilmektedir. Aynı şekilde tekerliğin dönüş hızının artmasının giderimde olumlu bir etki gösterdiği belirtilmiştir.

Chu ve ark. (2002), yaptıkları çalışmada mezopoz silika elyaf adsorbentini kullanarak VOC giderimini araştırmışlardır. Adsorpsiyon yönteminde genellikle zeolitlerin kullanıldığı görülmüştür. Mezopoz metaryelinin zeolitten farklı olarak gözenek boyutu 2-10 nm olan altıgen bir diziden oluşan normal gözenek yapısı olduğu yer almaktadır. Bu sebeple zeolitlerin gözeneklerine sığmayan kirleticiler için bir çözüm oluşturduğu sonucuna ulaşmışlardır. Yaptıkları çalışmada mezopoz silika elyaf matrisi, kağıt yapma teknolojileri kullanılarak başarıyla hazırlanması ardından VOC giderimi için kullanıldığı yer almaktadır.

Easter ve ark. (2005), atık su arıtma tesisinden kaynaklı kokuyu, biyoteknolojik yöntem ile giderimini araştırmışlardır. Atık su arıtma tesisinde kokular genellikle anaerobik bozunmalardan kaynaklanmaktadır. Kokunun çoğu kükürt bazlı bileşikler olmakla birlikte H₂S gazı öne çıkmaktadır. Biyofiltreler doğru tasarlandığı ve de yeterli temas yüzeyi sağlandığı takdirde H₂S ve kokuya sebebiyet veren diğer uçucuların (metil merkaptan vb.) gideriminde başarılı olduğu yer almaktadır. Bunun yanı sıra VOC gideriminde % 73 ila % 82 arasında bir verim elde edilmesinin mümkün olduğu sonucuna varmışlardır. Yaptıkları çalışmada biyofiltre sisteminde kurulan 3 üniteye ortalama %39 oranında bir giderim verimi sağlamışlardır.



Şekil 2.13. Test edilen kurutucu tekerleğin şematik görünümü. VOC konsantrasyonu, proses girişinde (PI), proses çıkışında (PO), rejenerasyon girişinde (RI) ve rejenerasyon çıkışında (RO) olmak üzere dört noktada ölçülmüştür (Wolfrum ve ark. 2008)

Chien ve Chu (2000), baca gazında bulunan NO_x ve SO₂ gazlarının kombine şekilde eş zamanlı giderimin de NaClO₂ eşliğinde yüksek verimli sonuçlar almışlardır. Islak yıkama uygulaması gaz-partikül baca gazı karışımlarında NO_x, SO₂ kirleticilerini gidermek için uygulanan yaygın bir sistemdir. Bu sistemde ıslak yıkama yalnız başına çoğu zaman yeterli olmamaktadır. Bunun için ek olarak sisteme alkali çözeltiler (sodyum, kalsiyum ve magnezyum bileşikleri) verildiği literatürde yer almaktadır (Pillai ve ark. 2009).

Lianga ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada ıslak yıkama sistemi ile BTEX giderimini araştırmışlardır. Islak yıkama sistemi çözünürlüğü düşük olan kirleticilerin uzaklaştırılması için başarılı bir yöntem değildir. Bunlara örnek verilecek olursa VOC ailesinden olan BTEX gibi kirletici uçucular ıslak yıkama yöntemi ile tek başına giderimi mümkün olmamaktadır. Ancak sisteme verilen hidrojen dioksit ve klorin dioksit gibi kimyasallar sıvı fazda bulunan kirleticinin hızlı bir şekilde oksitlenmesini sağlayarak kirleticinin giderimine katkı sağlamaktadır. Yaptıkları çalışmada sisteme verilen sürekli Fe²⁺ / Ca ilavesi kirleticinin hızlı bir şekilde çözünmesini sağlamışlardır. Sonuç olarak demirle aktifleştirilmiş persülfat sistemi ile % 50 civarında bir BTEX giderim verimi elde etmişlerdir.

Khan ve Ghoshal (2000), yaptıkları çalışmada VOC giderim sistemlerinin incelemesini yaparak avantaj ve dezavantajlarını araştırmışlardır. Bunun sonucunda katalitik oksidasyon sisteminin en uygun sistem olduğu vurgulanak adsorpsiyon yöntemi bu sisteme alternatif oluşturabileceği belirtilmektedir. Sırası ile biyofiltrasyon, absorpsiyon, yoğunlaşma bu sırayı takip ettiği görülmektedir. VOC kontrol tekniklerinin analizi Çizelge 2.4' de gösterilmektedir.

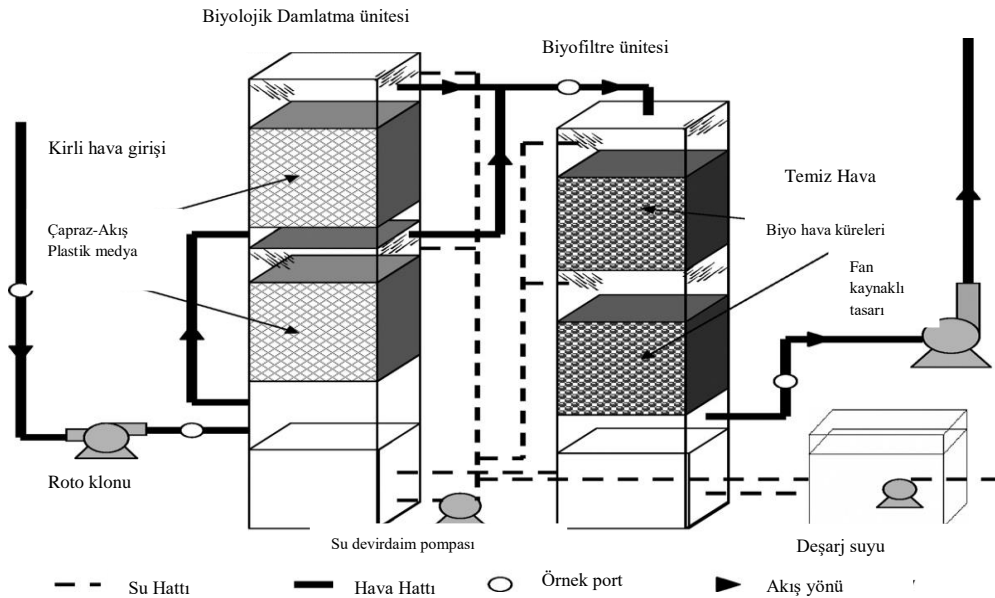
Çizelge 2.4. Çeşitli VOC kontrol tekniklerinin karşılaştırılması (Khan ve Ghoshal 2000)

Teknikler	VOC Konsantrasyon (ppm)	Nem içeriği	Kapasite aralığı (cfm)	Sıcaklık (° F)	Özel notlar
Termal oksidasyon	LEL'in 20'den büyük fakat% 25'inden az	Normal 10-40% RM	1000-500,000	700	Ayrıntılı emniyet önlemleri gerektirir
Katalitik oksidasyon	100-1000 ancak her zaman LEL ölçümünün% 25'inden az	Normal 10-40% RM	1000-10,000	300	Ölçüden daha az titiz bir güvenlik gerektirir
Biyofiltrasyon	<5000	>90%	<14,000	50-105	VOC'nin bakterilere toksik olmaması için alınması gereken önlemler vardır
Yoğunlaşma	5000-10,000	20-80%	100-20,000	ortam	
Absorpsiyon	500-15,000	Normal	2000-100,000	normal	geri devir kolay olmalıdır
Adsorpsiyon					
Aktif karbon	700-10,000 (ancak her zaman LEL'in% 25'inden az)	<0,50.%	100-6000	<130	Daima başka bir adsorbent ile arındırılmalıdır
Zeolit	1000-10,000 (ancak her zaman LEL'in% 25'inden az)	94-96%	100-6000	ortam	Daima başka bir adsorbent ile arındırılmalıdır
Membran prosesi	LEL'in% 25'ine kadar çok düşük konsantrasyon	90-99%	200-1500	ortam	Başka işlem gerekmez

LEL: Alt Patlama Sınırı

Santos ve ark. (2007), ABD'deki Oregon eyaletindeki bir orman ürünleri tesisinde tehlikeli hava kirleticilerin ve uçucu organik bileşiklerin giderimini pilot ölçekli bir biyofiltre kurarak değerlendirmişlerdir (Şekil 2.14). Kullanılan sistem ön arıtma, biyo asitleme filtresi ve $4.72 \text{ m}^3 / \text{s}$ 'ye kadar hava akış kapasitesine sahip bir biyofiltreden oluşmaktadır. Bu sistemi $0.71 \text{ m}^3 / \text{s}$ 'de ve 45 s'lik bir EBCT (boş yatak temas süresi) ile çalıştırmışlardır. Pilot ölçekli yaptıkları çalışma sistemin su kalitesi ve besin ilavesi ayarının test edilmesinde yol gösterici olduğunu ve ünite çıkışında ölçüm yapıldığında eyalet kurallarına göre uygun değerlerin çıktığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak; uygulanan pilot ölçekli biyofiltrasyon sistemi, çeşitli uçucu bileşikleri başarılı bir şekilde uzaklaştırdığını göstermiştir.

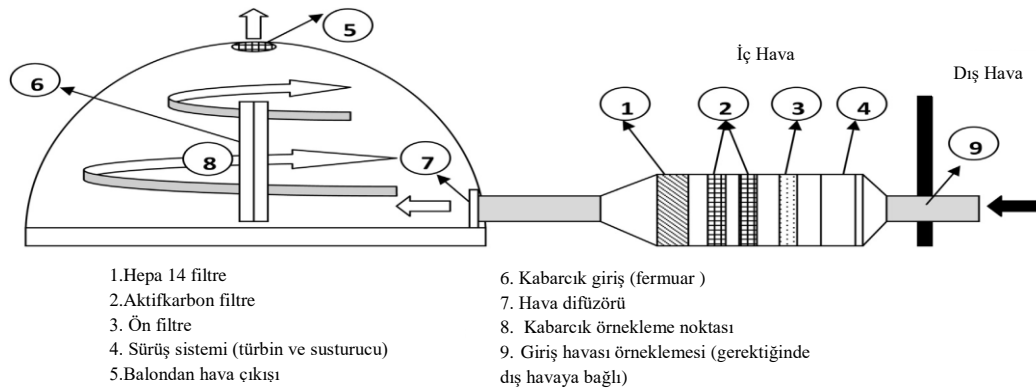
Gallego ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada hindistan cevizi kabuğundan üretilmiş aktif karbon filtresi temelli taşınabilir şişme balon tasarımıyla VOC giderimini değerlendirmişlerdir (Şekil 2.15). Aktif karbon filtre, bir ön filtre ve partiküllü HEPA H14 filtresi arasına yerleştirilmiştir. Çok çeşitli VOC gruplarını (alkanlar, aromatik hidrokarbonlar, alkoller, ketonlar, halokarbonlar, aldehitler, esterler, terpenler, eterler, glikoller ve azotlu bileşikler) ölçmek için TD GC/MS'ye dayanan doğrulanmış bir analitik yöntem kullanmışlardır. VOC giderim etkinlikleri $\%51 \pm 19$ ila $\%78 \pm 22$ olarak kaydetmişlerdir. Ozonun mevcut olduğu tüm durumlarda ise $\% 100$ verim elde edildiğini belirtmişlerdir.



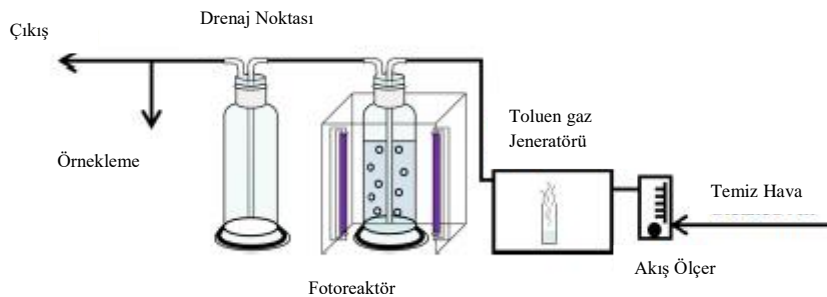
Şekil 2.14. Emisyon gideren pilot ölçekli biyofiltrasyon sisteminin şematik gösterimi (Santos ve ark. 2007)

Tokumura ve ark. (2012), VOC'lerin gideriminde yeni bir yöntem olarak foto-fenton reaksiyonunu kullanmışlardır. Sistemin deneysel kurulumu Şekil 2.16'da gösterilmektedir. Bu yöntemde VOC'ler ozon ve katalizör eşliğinde oksitlenmesi suretiyle giderimi çalışmışlardır. Tek geçişli şekilde yürütülen bu sistemde 930 ppbv'lik bir giriş toluen gazı konsantrasyonu için 17 s kalma süresi, 20 mg/L'lik bir başlangıç demir iyon konsantrasyonu, 630 mg/L'lik bir başlangıç hidrojen peroksit konsantrasyonu ile toluenin giderim veriminin % 61 olduğunu belirtmişlerdir.

Şahin ve Bayram (2017), yaptıkları çalışmada çeşitli koku giderim yöntemlerini incelemiştir. Farklı ortamlardan aldıkları numunelerle uygun giderim yöntemini uygulayarak koku giderimini analiz etmişlerdir. Çizelge 2.5'de farklı sektörlere ait kokuların numune alınan ünitelerini, giriş ve çıkış koku konsantrasyonlarını, koku giderim için uygulanan koku kontrol metodunu ve giderim yüzdelerini göstermektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi kokunun sebep olduğu kaynak, koku kontrol metodunun seçiminde oldukça önemlidir.



Şekil 2.15. Taşınabilir şişme balon tasarımı (Gallego ve ark. 2013)



Şekil 2.16. Deneysel kurulum (Tokumura ve ark. 2012)

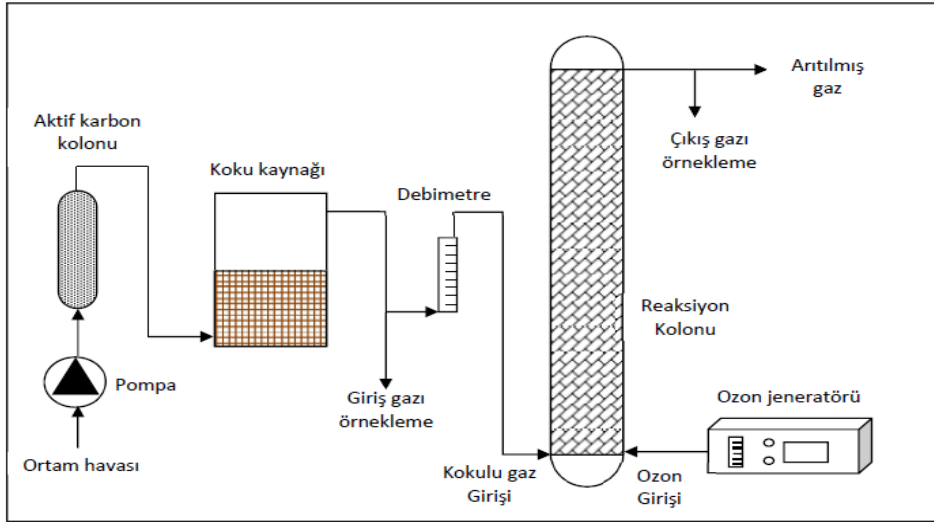
Çizelge 2.5 Sektörel ortalama ve koku giderim üniteleri çıkışı koku konsantrasyonları (Şahin ve Bayram 2017)

Sektör	Numune Alınan Ünite	Tesis No	Giriş Konsantrasyonu (KB m ⁻³)	Koku Kontrol Metodu	Çıkış Konsantrasyonu (KB m ⁻³)	Giderim Verimi (%)
Bitkisel yağ üretimi	Kokusuzlaştırma	1	4669	Islak Yık.	603	87
			5050	Islak Yık.	640	87
		2	3180	Islak Yık. + Ozon Ok.	605	81
			2580	Islak Yık. + Ozon Ok.	550	79
Rendering	Pişirme	1	33410	Islak Yık.	986	97
			24328	Islak Yık.	515	98
		2	9583	Islak Yık.	371	96
			14000	Islak Yık.	417	97
3	14280	Islak Yık.	360	97		
	1	3600	Islak Yık.	305	92	
Kümes hayvancılığı	Kümes havalandırma	1	3600	Islak Yık.	305	92
Bira üretimi	Kaynatma	1	30000	Islak Yık.	7070	76
			13976	Islak Yık.	580	96
		2	31880	Islak Yık.	627	98
			48031	Islak Yık.	590	99
			55360	Islak Yık.	560	99
Maya üretimi	Fermantasyon	1	15305	Ozon Ok.	640	96
			12000	Ozon Ok.	480	96
			13000	Ozon Ok.	460	96
			13000	Ozon Ok.	592	95
			9095	Ozon Ok.	350	96
Atıksu arıtımı	Terfi merkezi	1	3795	Islak Yık.	370	90
		2	11385	Islak Yık.	1400	88
	1	Atıksu arıtım ve çamur bertaraf üniteleri	3795	Islak Yık.	400	89
			8385	Islak Yık.	380	95
			13325	Islak Yık.	330	98
			11921	Biyofilt.	425	96
	2	Atıksu arıtım ve çamur bertaraf üniteleri	11075	Biyofilt.	170	98
			7247	Biyofilt.	285	96
			13658	Biyofilt.	196	99
			2754	Biyofilt.	110	96

Okan ve ark. (2017), kokulu gazların temelindeki uçucu organik bileşiklerin ozonlama yöntemi ile giderimini araştırmışlardır. Aktif kümes altlığı, balık yemi ve yoğunlaştırıcı çıkışı arıtma çamurundan kokulu gaz numuneleri alınması ile numuneler reaktörün giriş ve çıkışlarında VOC'lerin karakterize edilip, koku konsantrasyonların belirlenmesi adına eş zamanlı gaz örneklemelerine tabi tutulmasını sağlamışlardır. Koku konsantrasyonlarını olfaktometre cihazında, uçucu organik bileşiklerin (UOB) karakterini belirlemek için ise gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) cihazı kullanmışlardır.

Bu analiz sonucu 122 adet UOB tespit etmişlerdir. 122 adet UOB'nin 3 tanesi için ozonlama ile giderim verimi %100 olarak bulunmuş, 24 bileşik için giderim verimi %98 ile %80 arasında, 42 bileşik için ise giderim verimi %79 ile %18 arasında değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Ozonlamada kullanılan deney düzeneğinin akım şeması Şekil 2.17'de gösterilmektedir.

Olfaktometrik yöntem ile belirlenen giriş ve çıkış konsantrasyonları Çizelge 2.6'da verilmiştir. Koku giderim verimleri %96,4 - %97,4 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Yaptıkları çalışmada ozonlama yönteminin koku gideriminde başarılı olduğu kanısına varmışlardır. Ancak bu işlem sırasında bazı UOB'lerin konsantrasyonunda artışlar tespit etmişlerdir. Bu dezavantaj değerlendirilerek uygulanması gerekmektedir.



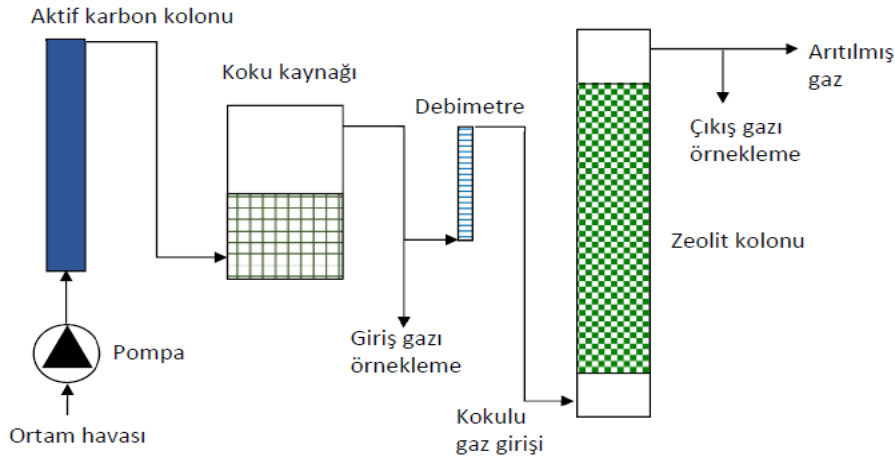
Şekil 2.17. Ozonlamada kullanılan deney düzeneğinin akım şeması (Okan ve ark. 2017)

Çizelge 2.6. Olfaktometrik yöntem ile belirlenen giriş ve çıkış konsantrasyonları (KB/m³) (Okan ve ark. 2017)

Örnekleme Noktası	Koku Kaynağı		
	Aktif kümes altlığı	Balık Yemi	Arıtma Çamuru
Reaktör Girişi	11000	5300	7100
Reaktör Çıkışı	290	190	200

Çelik ve ark. (2017), kokulu gazların temelindeki uçucu organik bileşiklerin zeolit adsorpsiyonu ile giderimini araştırmışlardır. Zeolit ile adsorpsiyonda kullanılan düzenek Şekil 2.18’de gösterilmiştir. Aktif kümes altlığı, balık yemi ve yoğunlaştırıcı çıkışı arıtma çamurundan kokulu gaz numuneleri alınması ile numuneler reaktörün giriş ve çıkışlarında VOC’lerin karakterize edilip, koku konsantrasyonların belirlenmesi adına eş zamanlı gaz örnekleme tabii tutulmaları sağlanmıştır. Koku konsantrasyonlarını olfaktometre cihazında, uçucu organik bileşiklerin (UOB) karakterini belirlemek için ise gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) cihazı kullanmışlardır. Bu analiz sonucu 122 adet UOB tespit etmişlerdir.

Olfaktometrik yöntem ile belirlenen giriş ve çıkış konsantrasyonları Çizelge 2.7’de verilmektedir. İncelenen 122 adet UOB’nin 69 tanesinin zeolit adsorpsiyonu ile giderim verimi %100, kalan 53 bileşiğin ise giderim verimi %37 ile %99 arasında değişiklik gösterdiği ve koku giderim verimleri %99,4 ile %99,6 arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir.

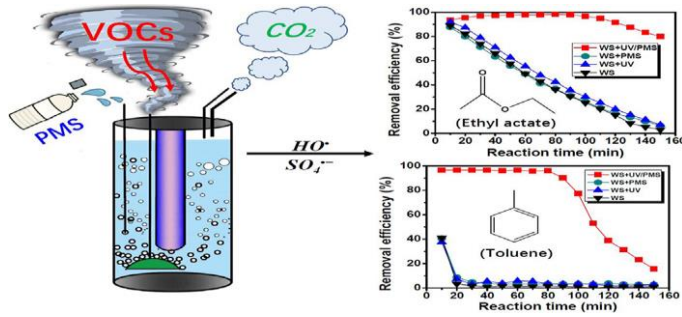


Şekil 2.18. Zeolit ile adsorpsiyonda kullanılan düzenek (Çelik ve ark. 2017)

Çizelge 2.7. Olfaktometrik yöntem ile belirlenen giriş ve çıkış konsantrasyonları(Çelik ve ark. 2017)

Koku Konsantrasyonu (KB/m ³)	Koku Kaynağı		
	Tavuk Altlığı	Balık Yemi	Arıtma Çamuru
Reaktör Girişi	12 000	8 500	8 000
Reaktör Çıkışı	50	48	38

Xie ve ark. (2019), UV / peroksimonosulfat (PMS) ile kombine ıslak yıkama yöntemi kullanılarak VOC giderimini araştırmışlardır. UV / PMS işlemiyle birleştirilmiş ıslak yıkayıcı şematik görünümü Şekil 2.19'da gösterilmektedir. Scrubber sisteminin kombine halde kullanıldığı birçok sistem bulunmaktadır. Bunun sebebi çözünürlüğü düşük olan kirleticilerin gideriminde tek başına yeterli olmamasıdır. Bu kombine sistemlerden bir tanesi de ileri oksidasyon teknikleriyle kombine edilmiş uygulamalardır. Sistemde oluşturulan, SO_4 ve HO radikalleri toluen ve etilasetat gideriminde oldukça etkili olduğunu belirtmişlerdir. SO_4 , toluen üzerinde etkin rol alırken HO etilasetat üzerinde baskın davrandığını tespit etmişlerdir. Bu sistem ile toluen % 96,5, etilasetat % 98,3 oranında gideriminin sağlandığını belirtmişlerdir.



Şekil 2.19. UV / PMS işlemiyle birleştirilmiş ıslak yıkayıcı (Xie ve ark. 2019)

Yeşil (2019), scrubber sistemi ile SO_x giderimini araştırmıştır. Kömür yakan sistemlerin duman gazlarının desülfürize edilmesi işleminde uygulanan bu sistemde yıkama ünitesine geçmeden önce kirletici gaz filtreden geçirilerek partikül yükü azaltılmasını sağlamışlardır. Akabinde yıkama sırasında genel olarak maliyetinin düşük olması sebebiyle kireç taşı (CaO) kullanılarak yüksek verimle SO_x giderimi sağlandığı belirtilmiştir.

2.2 Tekstil Sektöründe Terbiye İşlemleri

Tekstil terbiye işlemleri; ön terbiye, renklendirme, bitim işlemleri olarak üç gruba ayrılmaktadır. Ön terbiye işlemlerinin amacı, dokuma ve örme işlemleri esnasında ipliklere uygulanan yardımcı maddelerden arındırılmasını sağlamaktır. Renklendirme; boyama ve baskı işlemlerinden oluşmaktadır. Bitim işlemleri ise tekstil ürünlerine daha iyi görünüm, tutum ve kullanım özelliği kazandırmak için mekanik, kimyasal ve termik yöntemlerle uygulanan işlemlerdir.

Tekstil terbiyesinde bitim işlemleri genel anlamda ağartılmış, boyanmış ve baskı işleminden geçmiş kumaşların piyasaya sürülmeden önce tabii tutulduğu bir dizi işlemler bütünüdür. Bu işlemler ile kumaşın özelliklerini, çekiciliğini, kullanılabilirliğini arttırmak mümkündür. Bitirme işlemleri kimyasal ve fiziksel bitirme olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Rahman ve ark. 2016). Tekstil ürünleri hazır hale gelene kadar çeşitli aşamalardan geçmektedir. Şekil 2.21’de tekstil terbiye işleminin yapıldığı, bir tekstil firmasına ait proses iş akış şeması verilmektedir. İşletme üretim kısmında 5 bölüme ayrılmaktadır. Bu bölümler; kuru bölüm, boyahane, baskı, kalite kontrol ve sevkiyattan oluşmaktadır. Bu bölümlere ek olarak yardımcı işletmeler, bakım-onarım faaliyetleri, ofisler yer almaktadır. Yardımcı işletmeler de kendi arasında kompresör, jeneratör, kazan dairesi, kızgın yağ kazanı olarak ayrılmaktadır.

Planlama; Ham kumaş halinde fabrikaya gelen ürün ön kontrol aşamasından geçtikten sonra planlamaya yönlendirilir ve burada müşterinin isteğine bağlı olarak gereklilikler belirlenip kumaş üretime teslim edilmektedir.

Boyahane bölümü; mal açma, boya makineleri, kontinü yıkama ve otomasyondan oluşmaktadır. Öncelikle üretime gelen bütün kumaşlar mal açma kısmına yönlendirilmektedir. Müşteriden gelen ham kumaşlar boyahane ve baskı ünitesine girmeden önce kumaşın açılarak hazırlanması işlemi gerçekleştirilmektedir. Depo ünitesinden gelen ham kumaşlar, müşterinin talep ettiği siparişe göre mal açma makinelerinde açılır. Ham kumaş mal açma işlemleri sırasında, hem kumaşın yüzeyi kontrol edilir hem de kumaş müşteri sipariş etmiş olduğu kilolara göre partilere ayrılır. Bu bölümde kumaşın gideceği bölüm takip formuna yazılarak kumaş yönlendirilmektedir. Mal açma işleminin ardından kumaşa boyama işlemi yapılacaksa, kumaş boya makinelerine yönlendirilerek kumaşa rengi verilmektedir. Boyahane ünitesindeki boyama kazanlarında pamuklu kumaş boyama, polyester kumaş boyama, pamuk-polyester karışımı kumaş boyama işlemleri yapılmaktadır. Kontinü yıkamada ürüne bağlı olarak boyamadan önce veya boya işleminden sonra yıkama işlemi yapılmaktadır. Kumaş bu şekilde üretime uygun hale getirilmektedir.

Kuru bölüm; oldukça uzun aşamalı bir süreçten oluşmaktadır. Bu üniteye kumaşın kurutulması ve terbiye işlemleri gerçekleştirilmektedir. Boyahane ünitesinden gelen boyalı kumaşlar bu üniteye tüp ve açık en olmak üzere 2 farklı proses ile işlem görmektedir. Bu bölümde kumaşın gidişatı müşterinin isteğine bağlı, ürüne göre uygun aşamalarda ilerlemektedir. İlk olarak kuru bölümde yaş açma-yaş kesme bulunmaktadır. Bu makineler

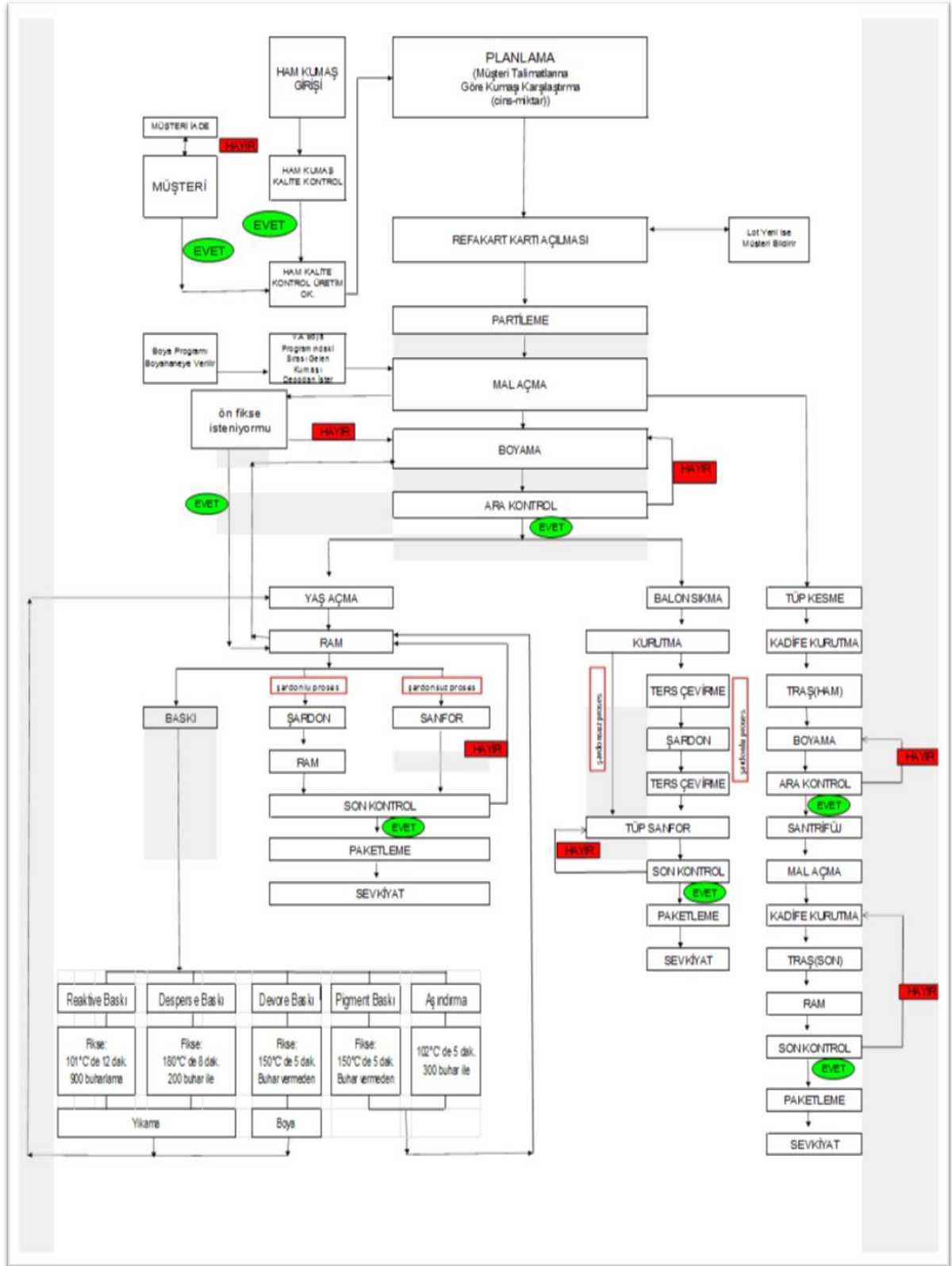
yıkamadan çıkan t p halindeki kumaşların kesim işlemi için kullanılmaktadır.  r n bu aşamanın ardından kurutulmak üzere ram makinelerine yönlendirilir. Oldukça sıcak olan bu makinelerde kurutmanın yanı sıra kumaşa; fikse, tutuşmazlık, su geçirmezlik, yumuşaklık kazandırma işlemleri de yapılmaktadır. Bacaların düzenli temizliği bu makinede oldukça önemlidir. Ram makinelerinde özellik kazandırılmış olan kumaşın kuru buhar ile kumaşı nemlendirmek ve eni açmak, yumuşaklık vermek, yüzeyi parlatmak, ekmezliği en alt seviyeye indirmek için açık en sanfor makinelerinde işlem görmektedir. Ram makinesinde işlem gören kumaş kışlık olarak hazırlanması durumunda şardon makinelerine gönderilmektedir. şardonlarda pamuksu bir yüzey kazanan kumaş traş ve fırça makinelerinde son işlemlerini görmektedir. Hazır olan kumaş sevkiyata gönderilmektedir. Mal açmadan gelen kumaş her zaman ramlara uğramak zorunda değildir. Kumaş cinsine göre kadife kurutma makinelerinde kurutma işlemi gerçekleştirildikten sonra uygun proselere yönlendirilmektedir.

Baskı bölümü; kumaş üzerine eğer ki baskı çalışması yapılacaksa desen dairesinde çizilmiş olan baskı örnekleri şablon dairesine gönderilir. şablon dairesinde şablon pozlama, lazer çekme, kurutma gibi işlemlerden geçerek desen şablon üzerinde kullanıma hazır hale gelmektedir. Hazırlanmış olan şablonlar baskı makinesine yerleştirilmektedir ve müşterinin isteğine göre desen kumaşa işlenerek hazır hale gelmektedir.

Kalite kontrol; işlemi tamamlanan kumaşlar kalite kontrol bölümünde son bir kontrolden geçirilmektedir. Kalite kontrol tezgahına yerleştirilen kumaş, beyaz ışıkta hataları gözlemlenmektedir. Sevkiyat bölümünde ise kalite kontrol ile son aşamadan geçen kumaşlar müşteriye gönderilmek üzere sevkiyat bölümüne istiflenmektedir. Kumaşlar alışanlar tarafından istiflenip ardından yükleme yapılarak alıcıya gönderilmektedir.

Tebiiye işlemleri sırasında uygulanan işlemler birtakım emisyonların atmosfere salınmasına sebep olmaktadır. Tekstil terbiye işlemlerinden salınan emisyonlar başlıca aşağıdaki yollardan kaynaklanmaktadır. Proses buharının  retilmesi:

- Tekstil Prosesleri
- Kaplama
-  n işlem ve boyama işlemleri



Şekil 2.20. Tekstil Firması Proses İş Akış Şeması (Tekstil Firması)

Aşağıda belirtilmiş olan emisyon kontrol yöntemleri, tekstil terbiye işlemlerinde uygulandığı takdirde özellikle VOC olmak üzere zehirli gaz ve koku gideriminde başarılı sonuçlar vermektedir (Lacasse ve ark. 2004).

- Oksidasyon teknikleri (termik yakma, katalitik yakma)
- Yoğunlaşma teknikleri
- Absorpsiyon teknikleri
- Elektrostatik çökeltme
- Adsorpsiyon teknikleri
- Biyolojik teknikler

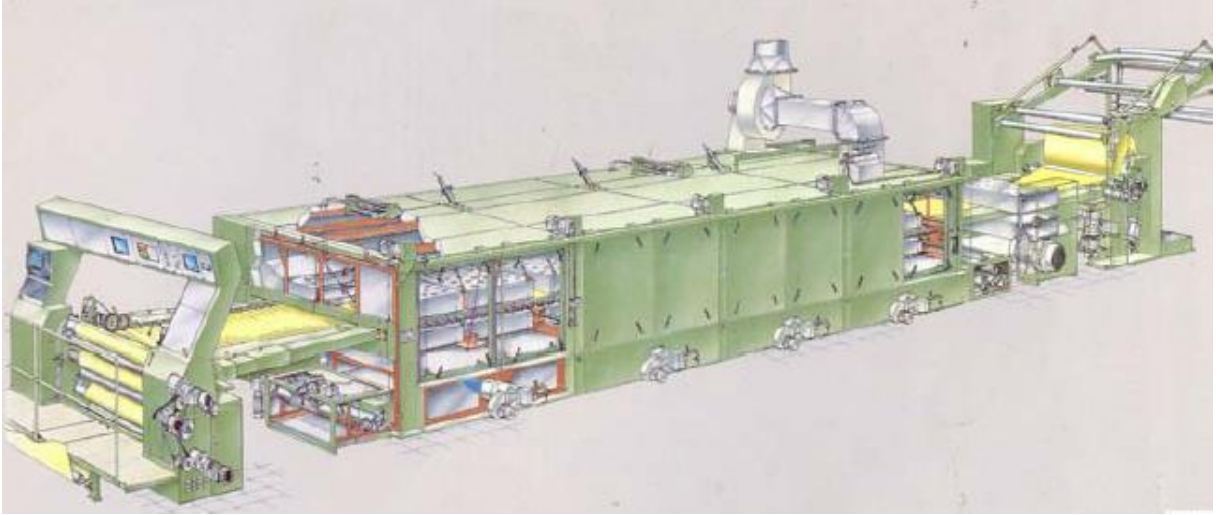
Tekstil terbiyesindeki tipik sistemler ise;

- Eşanjör (yoğunlaşma tekniği; öncelikle enerji tasarrufu için kullanılır)
- Sulu yıkayıcı (emme tekniği)
- Sulu yıkayıcı ve elektrostatik çökeltmenin kombinasyonu
- Isı eşanjörü ve elektrostatik çökeltmenin kombinasyonu

şeklinde sıralanmıştır.

2.2.1 Ram Makineleri

Üretim süresince birçok ıslak aşamadan geçirilen tekstil ürünleri kurutma işlemlerine tabi tutulmaktadır. Kurutma işlemi ön kurutma ve esas kurutma işlemi olarak ikiye ayrılmaktadır. Daha tasarruflu olması açısından ön kurutmanın ardından esas kurutma yapılmaktadır. Esas kurutma, ısı transferi oluş biçimine göre taşınımla, iletimle, ışınımla ve yüksek frekansla kurutma olmak üzere başlıca dört farklı biçimde gerçekleştirilmektedir. Tekstil sektöründe kurutma makineleri kendi içerisinde taşıma bantlı, radyo frekanslı, ram kurutma makineleri olarak ayrılmaktadır (Oğulata ve ark. 1999). Ram makinesinin genel görünümü Şekil 2.21'de gösterilmektedir.



Şekil 2.21. Ram Makinasının Genel Görünümü (Karaaslan 2006)

En çok kullanılan sistem konveksiyon kurutma sistemidir. Birçok kurutma sisteminde bu sistem kullanılmakla beraber ramlar da bu sistem ile çalışmaktadırlar. Bu yöntemde tekstil ürünü sadece sıcak hava veya kurutma gazı ile muamele edilir. Gerilimin kontrol altında tutulabilmesi, kumaşı kirletmemesi ve bütün kumaş türlerine uygun olması bu yöntemin seçilme sebeplerindedir (Uçak 2010).

Ramlar; tekstil terbiyesinde kumaşa en, boy, gramaj ve çekmezlik gibi temel özelliklerinin verildiği, bitim işlemleri için kullanılan kimyasalların fiksajının yapıldığı, kumaşın iki kenarından iğne veya mandal yardımı ile tutturularak alttan ve üstten gönderilen sıcak hava yardımıyla kurutulduğu ana gerdirme makinaları olarak tanımlanabilir. Makinenin iki yanında bulunan, baştan sona uzanan zincirler yardımı ile kumaş hareket ettirilmektedir. Zincir aralığına bağlı olarak kumaşın en ayarlaması yapılmaktadır. Her kurutma makinesinin kurutma şekli farklılık göstermektedir. Ram makinelerinde düze olarak adlandırılan açıklıklardan sıcak hava verilerek kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Kurutma işlemi sırasında atmosfere yoğun bir şekilde sıcak ve nemli hava salınmaktadır. Kurutmanın ilk aşamasında ıslak olan kumaş için uygulanan sıcaklık daha yüksek olmakla birlikte daha sonrasında kumaş kuruduğu için bölmeler yardımıyla sıcaklığın belli bir seviyeye indirilmesi gerekmektedir. Bu bölmeler kamara olarak adlandırılmaktadır. Her kamaranın sıcaklığı kütle akış hızı, egzoz havası nemi birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilmektedir. İlk giriş kamarada 210°C civarında olmakla birlikte son kamarada 180°C olduğu literatürde yer almaktadır. Kurutma prosesleri kumaş üzerinde bazı özelliklere olumsuz etki gösterdiğinden

dolayı asgari düzeyde tutulmaktadır. Bu sebeple nem kontrolünü sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. Kurutma işleminde bir önemli nokta pH'ın dengede tutulması gerektiğidir (Marsh JT 1979).

Genel olarak kurutma amacıyla kullanılan bu makineler gergefli kurutucu olarak da bilinmektedir. İşletme seçimine göre farklı boyut ve tiplerde bulunmaktadır. Ram makinesinin seçimini yapmadan önce işlem görece kumaşın en düşük ve en yüksek kumaş genişlikleri ve mamul cinsi, üretim miktarı, bitim ve boya işlemlerinin uygulanıp uygulanmayacağı vb. gibi kriterleri göz önünde bulundurmak gerekmektedir (Karaaslan 2006). Apre aşamasına gelen kumaş ram makinesine yönlendirilir. Ram makineleri genel olarak kurutma ve en ayarlaması amacıyla kullanılmakla beraber kumaşa istenilen doğrultuda apre özellikleri kazandırmak içinde kullanılmaktadır. Bu makinelerde mekanik ve kimyasal bitim işlemleri uygulanmaktadır.

Ram makineleri konveksiyon kurutma esasına göre çalışmaktadırlar. Sıcak kuru hava buharı ile ıslak olan kumaşa temas etmektedir. Bu işlemin sonunda sıcak su buharı oluşmaktadır. Bu oluşum her zaman aynı hız ve yoğunlukta gerçekleşmemektedir. Kumaş yüzeyinde transfer daha hızlı olurken iç kısımlarda bu işlem nispeten daha zorlu şekilde gerçekleşmektedir. Bu işlem üç aşamada incelenmektedir. Birinci aşamada kumaş yüzeyinin kurutulması gerçekleşmektedir. Bu aşamada kumaş yüzeyinde yeteri kadar su molekülü bulunduğundan sıcaklık çok fazla değildir ve kolay bir şekilde su buharı transferi gerçekleşmektedir. İkinci aşama kumaş içerisinde geniş ve kılcal damarlardaki suyun yüzeye çıkarılarak kurutulması işlemidir. İlk aşamaya göre daha uzun ve zorlu bir süreçtir. Üçüncü aşama kumaş liflerinde bulunan suyun yüzeye çıkarılarak su buharı şeklinde transfer edilmesi şeklindedir. Bu aşama kurutmanın en zor gerçekleştiği aşama olarak yer almaktadır (Karaaslan 2006).

Ram makinelerinin düzenli temizliği gaz emisyonlarının miktarına da azaltmaktadır. Ram makinelerinde kontrolü sağlamak ve enerjini verimli kullanılabilmesi adına oluşturulmuş kontrol sistemleri bulunmaktadır. Bunlar egzoz nem ölçümü, artık nem ölçümü, kumaş ve hava sıcaklığı ölçümü, süreç görselleştirme sistemi olarak sıralanmaktadır (Hasanbeigi 2010).

Ram makinelerinde kamara sayısı 5 ila 10 arasında değişiklik göstermektedir. Her kamarada havayı, 10 ila 100 m / s'lik hızla ve 100 ila 350 °C arasında değişen sıcaklıklarda, kumaşın üstüne ve altına dağıtacak sıcak hava püskürtücüleri ile sağlanmaktadır. Ayrıca

çalışma şekline bağlı olarak doğal gaz ve kızgın yağ ile çalışanları mevcuttur. Doğalgaz kamaralardaki havayı ısıtmak için kullanılan yakıttır. Makineye verilen kurutma havası toplam ısısının % 50'den fazlası egzoz havasıyla atmosfere salınmaktadır (Santos ve ark. 2015).

Ram makineleri ile;

- Kumaşın kurutulması
- Gerdirme ile kumaş kırışıklarının giderilmesi ve büzölmelerin engellenmesi
- Kumaşın uzunluk ve genişliğini ayarlanması
- Kimyasal fiksasyon

işlemleri gerçekleştirilmektedir (Avi 2014).

Birçok kurutma makine çeşidi olmasına rağmen ram makinaları daha çok tercih edilmektedir. Bunun sebebi aşağıda olduğu gibi literatürde yer almaktadır.

- Sıcak hava sirkülasyon sisteminin bulunmasıyla alt ve üst nozullar ve bağımsız üfleyicilerle üniform şekilde dağıtılması
- Direkt akuplajlı motor ve gerekli redüktör kapasitesi tam donanımlı olması ile bakım maliyeti ve güç tüketimini ortadan kaldırılması
- Gerginlik ve hava akışını vb. özelliklerin bilgisayar kontrol sistemi ile kontrol edilebilmesi
- PLC ile kendinden yağlamalı ana zinciri kullanarak genişliği ayarlamak için ayrı vidalara doğrudan dişli redüktörlü motorlar içermesi
- Dokunmatik ekran sayesinde sıcaklık, bekleme süresi vb. özellikleri takip ve kontrol edilebilmesi

Ram makinelerinin içerisinde işlevlerine göre ayrılmış bölümler bulunmaktadır. Palet bölümünde ürün asit ve yumuşatıcı ile muamele görmektedir. Atkı düzleştirici bölümünde kumaş kırışıklığı önlenmektedir. Genişlik ayar odasında kumaşın genişliği kontrol edilir. Isıtma odasında kumaş büzölmeleri engellenmektedir. Soğutma odası ile çıkış noktasında soğutma işlemini yapmaktadır. Egzoz motoru ile üretilen buhar ve atık ısı sistemden uzaklaştırılır. Teslimat bölgesinde kumaş silindirden çıkararak katlanmış bir şekilde sistemden ayrılmaktadır. Ram makinesinin bazı aşamalarında kimyasal malzemeler kullanılmaktadır. En başta silikon olmak üzere yumuşatma ürünleri, kenar kola, köpük kesici, fiksator ve bazı ıslatma ürünleri kullanılmaktadır (Avi 2014). Ram makinalarında müşterinin isteğine bağlı olarak özel

aprelemelerde uygulanmaktadır. Statik önleyici apre, ipeksi apre, piling apresi, su geçirmezlik apresi, yanmazlık apresi bunlardan bazılarıdır.

Üretilen tekstil ürünleri ram makinelerine gelene kadar çeşitli aşamalardan geçmektedir. Bu aşamalar sırasında çeşitli enzim, kimyasal ve boyaya maruz kalmaktadırlar. Bununla birlikte ram makinelerinde birtakım kimyasal ile muamele edilmektedirler. Ram makinelerinde yoğun ısıyla kurutulmaya tabi tutulan kumaşlar bu işlem sırasında çeşitli hava kirleticilerin atmosfere salınımına sebep olurlar. Bu kirleticiler CO, NO_x, SO₂, Toz, İslilik, VOC olarak gruplandırılmaktadır. Ram makinelerinde genel olarak pamuk, polyester ve viskon kumaşlara uygulanan fikse işlemi uçucu organik bileşiklerin oluşumunda temel kaynak olarak gösterilmektedir. Fikse işlemi genellikle ram makinalarında, sıcak hava altında kumaşın gerdirilerek fikse edilme işlemidir. İşlem süresi materyale bağlı olarak 10 saniye ile 3 dakika arasında değişiklik göstermektedir. Fikse işlemi üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar sıcak su fiksajı, doymuş buhar fiksajı ve sıcak hava fiksajı olarak adlandırılmaktadır. Fikse türüne ve kumaş türüne bağlı olarak sıcaklık- zaman koşulları farklılık göstermektedir. Bu koşullar karşılaştırıldığında en yüksek sıcaklığın sıcak hava fiksesinde en uzun fikse süresi ise su fiksesinde uygulandığı belirtilmektedir.

Ram makinelerinde sıcak hava fiksesi uygulanmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda uygulanan bu işlem enine ve boyuna ayarı da mümkün hale getirerek aynı zamanda buruşmazlık özelliği de kazandırılmaktadır. Isı fiksajı, polyester mamullerin boyama sırasında ence ve boyca stabil kalmasını sağlamaktadır. Ürün kalitesi yönünden birçok artısı olan bu işlem hava kirliliği yönünden büyük tehlike oluşturmaktadır. Isıl işlem ile uygulanan fikse yüksek oranda ram bacası uçucu organik bileşiklerin salınımına sebebiyet vermektedir. Sanayiden kaynaklı hava kirliliği ve kontrolü yönetmeliğinde belirlenen TVOC için sınır değerler kg/saat olarak Çizelge 2.8'de gösterilmektedir.

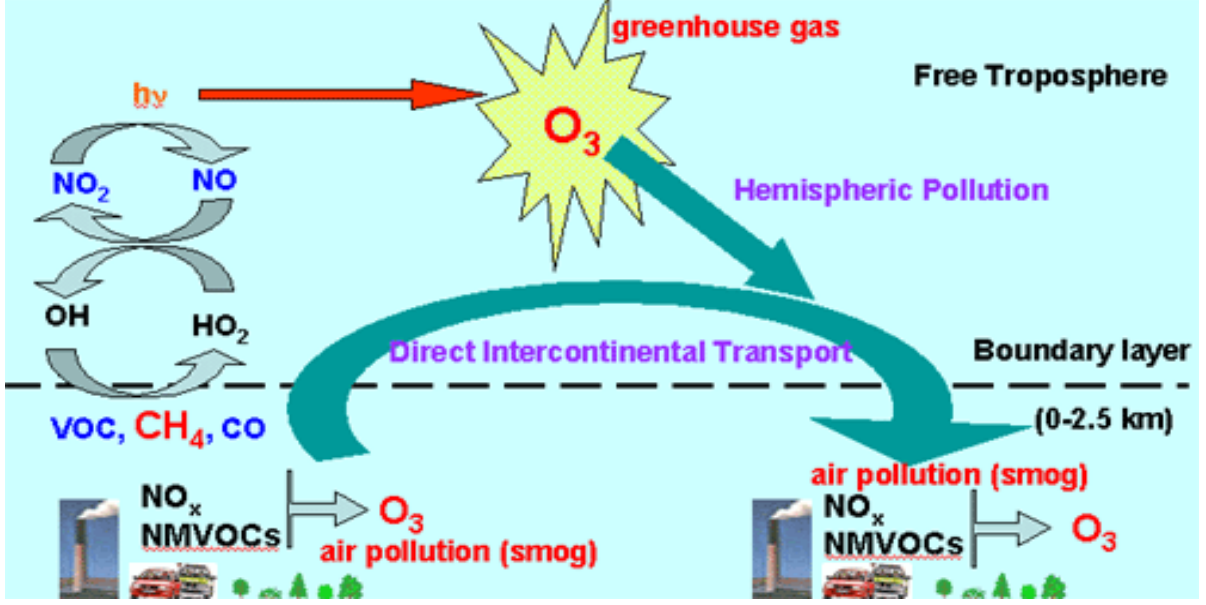
Çizelge 2.8. TVOC İçin Sınır Değerler (SKHKKY 2014)

Bacadan	30 kg/saat
Baca Dışındaki Yerlerden	3 kg/saat
Tesis alanında	10 kg/saat

2.2.2 Ram Bacası Uçucu Organik Bileşiklerinin Çevresel Etkisi

VOC'ler düşük kaynama noktasına sahip olan kirleticilerdir. Kaynama sıcaklıkları 50°C ila 260°C civarında değişmektedir. Bu sebepten dolayı yüksek basınç altında buharlaşma eğilimi göstermektedirler. VOC'lerin sağlık, çevresel ve estetik açıdan etkileri bulunmaktadır. Çeşitli kaynaklardan atmosfere salınan VOC'ler bazı fotokimyasal reaksiyonlar sonucu troposferik ozon oluşumuna sebep olmaktadır. Çevresel kirliliği oluşturan bu parametre ozon seviyesinin artışı ve smog oluşumuna sebep olmakla birlikte kızılötesi ışınları absorbe ederek sera etkisi oluşturmaktadır. Bu kirleticiler çeşitli reaksiyonlara girmektedirler. Nüfusun fazla olduğu alanlarda bu kirleticinin etkileri de artmaktadır. Çevresel etkilerin yanında VOC'ler estetik açıdan problemlere yol açmaktadır. Bu bileşiklerin koku oluşturması estetik açıdan irdelenmektedir (Saral 2011).

Uçucu organik bileşiklerin çevresel etkileri incelendiğinde birincil olarak troposferde ozon oluşumu, ikincil partiküllerin oluşumu, stratosferde ozon tabakasının incelmeye, küresel ısınma önemli çevre sorunları olarak yer almaktadır. Aktif olan VOC'ler, atmosferde bulunan azot oksitler ile reaksiyona girmesi sonucu ozon ve ayrıca formaldehit oluşumuna sebebiyet vermektedirler (Şekil 2.22). Reaktif olan VOC'ler ozon ile tepkimeye girerek partikül oluşumuna sebep olmaktadır. VOC'lerin girdiği tepkimeler ozon tabakasındaki ozonun bozunmasına yol açarak ozon tabakasında incelmeye sebep olmaktadır. Özellikle halojenli uçucu organik bileşikler oldukça etkili sera gazları olarak bilinmektedir. Bu kirleticilerin atmosferde oluşturdukları yoğunluk küresel ısınmaya sebebiyet vermektedir (Odabaşı 2017).



Şekil 2.22. Troposferik Ozon Oluşumu (Odabaşı 2017)

Ram bacalarından salınan uçucu organik bileşikler analiz edildiğinde toluen, ksilen, n-hekzan, n-heptan başlıca kirleticilerdir. Dış hava ortamında, kırsal alanlarda toluen konsantrasyonu $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ olmakla birlikte kentsel ortamlarda bu değer $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerine kadar çıkmaktadır. Toluen bileşiğinin bilenen en büyük etkisi sinir sistemine verdiği zararlardır. Düşük konsantrasyonlarda ksilen maruziyeti kanser yapıcı özellik göstermektedir (Tecer 2013).

VOC'lerin sağlık üzerinde akut ve kronik etkileri bulunmaktadır. Düşük konsantrasyonlarda sinir sistemine etki etmekle birlikte baş ağrısı ve yorgunluğa sebebiyet vermektedir. Göz, burun ve boğaz tahrişi baş ağrısı, uykusuzluk, mide bulantısı karaciğer, böbrek ve merkezi sinir sistemine zararları sağlık üzerine etkileri arasındadır. Sürekli maruziyet halinde kanserojenik etkilerinin olduğu saptanmıştır (Alyüz ve Veli 2006).

3.METARYEL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Bölgesi

3.1.1 Ergene Havzası ve Tekstil Sanayi

Ergene Havzası; Marmara Bölgesi sınırlarında İstanbul, Bulgaristan, Yunanistan üçgeni içerisinde yer alan verimli, nüfus potansiyeli yüksek olan bir havzadır. Şekil 3.1’de Ergene Havzası’nın ülkemizdeki yeri gösterilmektedir (Küpçü ve ark. 2008).

Tekstil sanayi elyaftan hazır giyime kadar uzanan geniş bir yelpaze olarak tanımlanabilir. Bu süreç iplik, örgü, ön terbiye olmak üzere devam eden aşamalardan oluşmaktadır. Ergene Havzası tekstilin en önemli merkezidir. 1970 yılından itibaren gelişmeye başlayan tekstil sanayi, işletme ve buna bağlı olarak çalışan sayıları hızla artış göstermiştir. Ergene Havzası’nın Trakya’nın en büyük ve verimli havzası olduğu bilinmektedir. Tekstil sektörünün su ihtiyacına karşı doğal kaynaklarının elverişli olması, ulaşımın rahat sağlanması ve jeopolitik yapısı Ergene Havzası’nı, ilk başta tekstil sanayi olmak üzere birçok sanayi alanı için odak noktası haline getirmiştir. Ergene Havzası’nda tekstil sanayi en geniş alanı kapsamaktadır (Özdemir 2004).

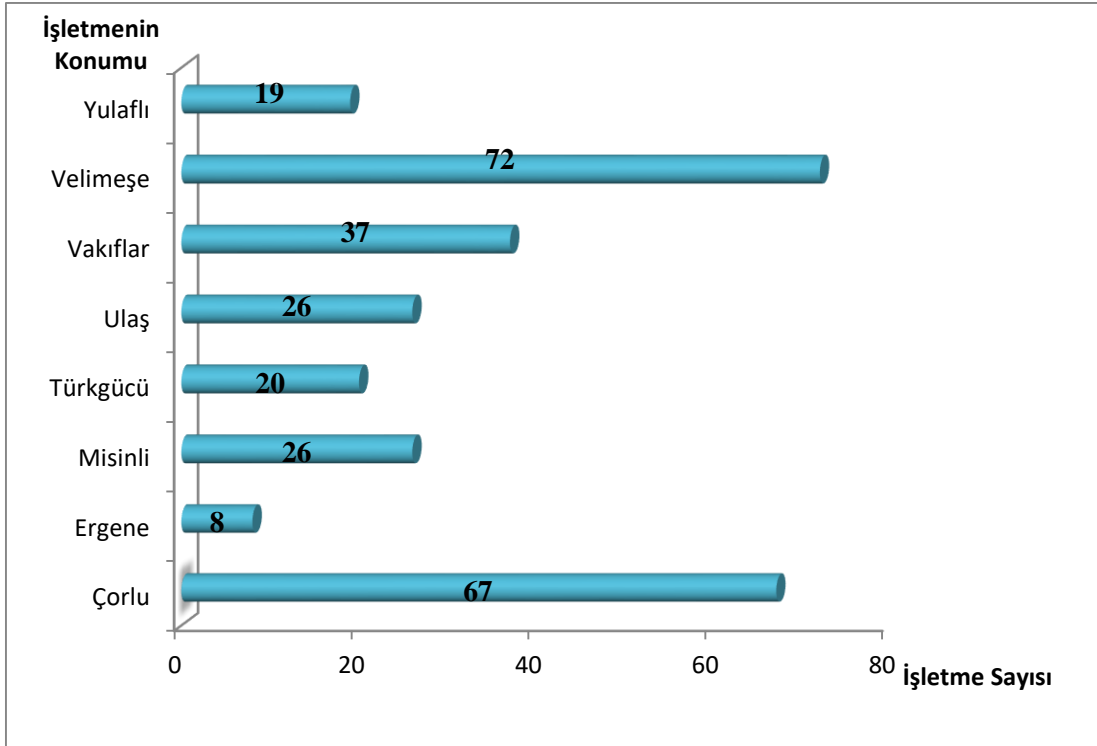


Şekil 3.1. Ergene Havzası'nın Ülkedeki Yeri (Küpçü ve ark. 2008)

Bu sebeple tekstil ihracatı açısından önemli bir merkez haline gelmiştir. Ergene Havzası'nda 627 adet tekstil işletmesi bulunmakta ve farklı bölgesel dağılım göstermektedir.

Tekirdağ, Kırklareli ve Edirne illerinde bulunan tesislerin büyük çoğunluğu Tekirdağ ilinde görülmektedir. Tekirdağ ilinde Çorlu, Çerkezköy ve Muratlı ilçelerinde ama daha çok Çorlu’da yoğunlaşmıştır (Budak 2014). Tekstil işletmeleri elyaf, iplik, örgü, boya, apre, baskı, konfeksiyon alanında üretim yapmaktadır. Bu aşamalar çevre kirliliğine yol açmaktadır. Sanayi tesislerinde, imalat aşamasından itibaren ürünün geçtiği pek çok işlem sırasında bacalardan salınan kirletici gazlar, önemli hava kirleticiler olarak gösterilmektedir (Kırsalar Gülen 2011).

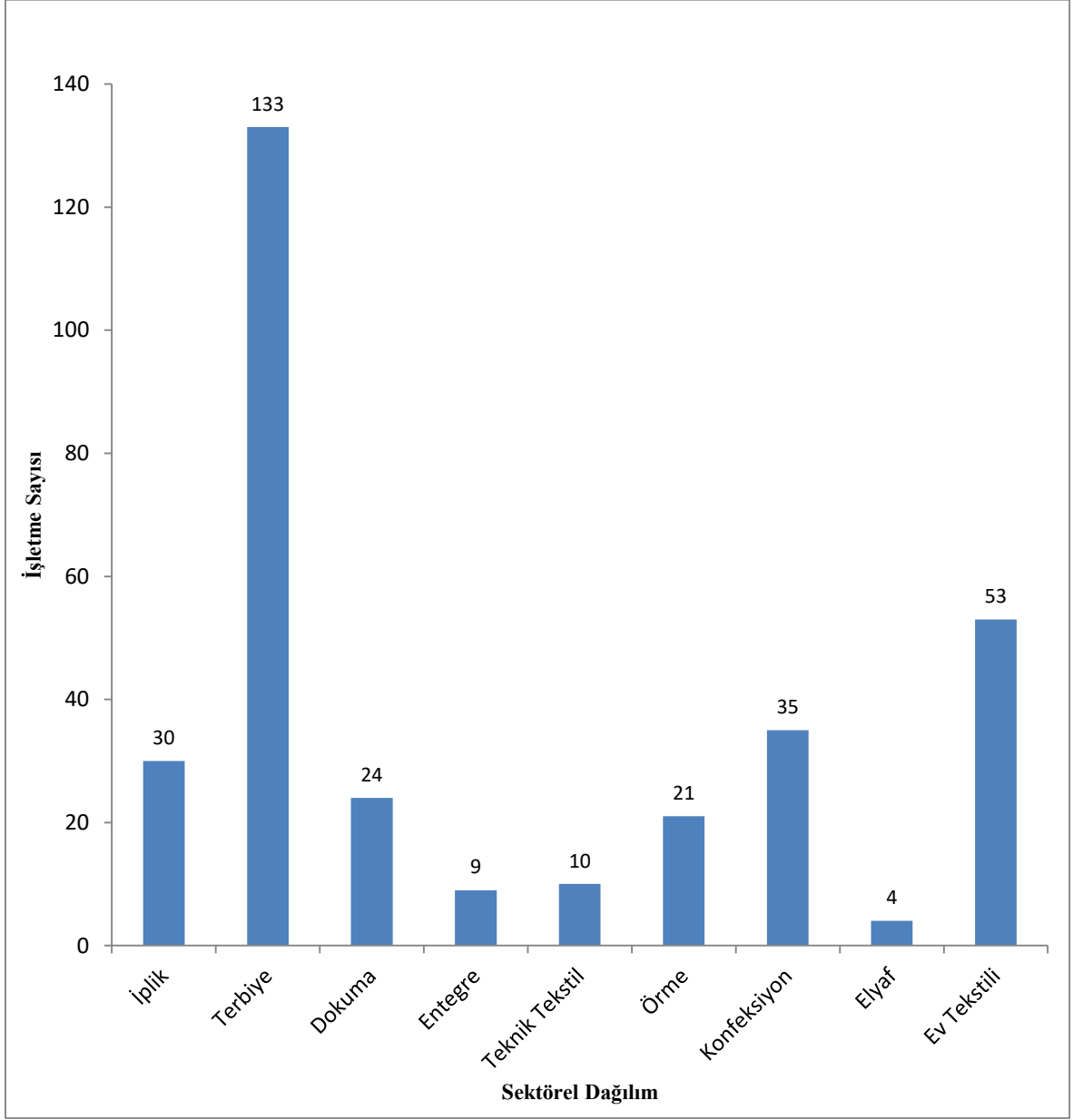
Ergene Havzası tekstil işletmelerinin yoğun olarak faaliyet gösterdiği bölgedir. Çorlu ilçesi yoğun bir bölge olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bölgede bulunan işletmelerin sayılarına göre dağılımı Şekil 3.2’ de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi tekstil işletmelerinin en fazla olduğu bölge Velimeşe Organize Sanayi Bölgesidir. Bu sırayı takip eden Çorlu merkez az bir farkla ikinci sırada yer almaktadır. Velimeşe ve Çorlu’nun ardından sırasıyla Vakıflar, Ulaş, Misinli, Türkgücü, Yulaflı ve Ergene gelmektedir. Tekstil işletmelerin yoğun olduğu bu bölge çevre kirliliği açısından kritik bir bölgedir.



Şekil 3.2. Çorlu İlçesinde Tekstil İşletmelerinin Konumlarına Göre Dağılımı (ÇTSO 2017)

Tekstil sektörü faaliyet konusuna göre elyaf, iplik, dokuma, örme, terbiye, entegre, teknik tekstil ve ev tekstili olmak üzere gruplandırılmaktadır. Bu faaliyetler oransal olarak farklılık göstermektedir. Tekstil sektörünün yoğun olduğu Ergene Havzası’nda bulunan tekstil

firmalarının faaliyet konularına göre dağılımı Şekil 3.3’ de gösterilmektedir. İşletmeler incelendiğinde 133 işletme ile terbiye en çok faaliyet gösteren alan olmakla birlikte 4 işletme ile elyafın en az üretim payına sahip olduğu görülmektedir.

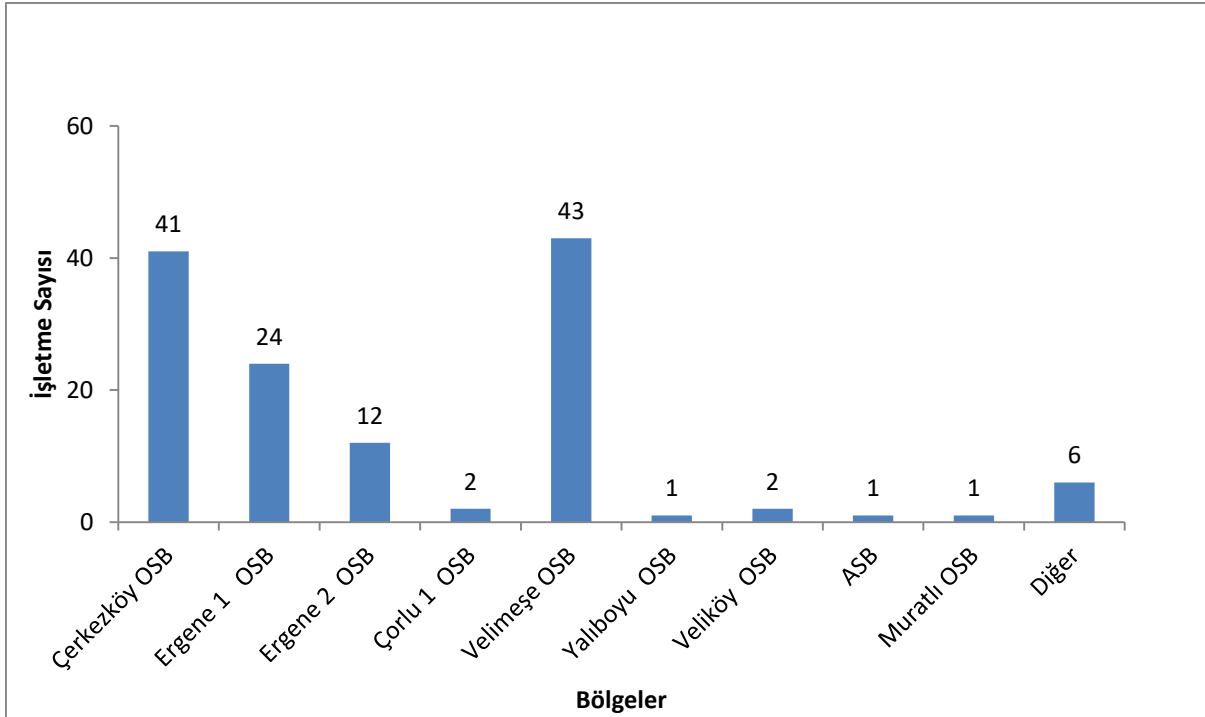


Şekil 3.3. Ergene Havzası’nda Bulunan Tekstil Firmalarının Faaliyet Konusuna Göre Dağılımı (ÇTSO 2017)

Tekstil sektörü terbiye tesislerinde bulunan ram makineleri üretimde aktif olarak kullanılan, üretimin en önemli temel aşamalarının gerçekleştirildiği yüksek ısılı kurutma

cihazlarıdır. Bu sebeple terbiye işleminin gerçekleştiği tüm tesislerde ram makineleri bulunmaktadır. Ramlarda yüksek ısı ile kumaşa yapılan uygulamalar sırasında atmosfere yüksek miktarda VOC salınımı gerçekleşmektedir.

Tekstil sektörünün yoğun olduğu Ergene Havzası'nda ram bacalarından salınan VOC'lerin birikimi açısından, ram makinelerinin bulunduğu alana göre farklılık göstermektedir. Ergene Havzası'nda bulunan ram makinelerinin bölgelere göre dağılımı Şekil 3.4' te gösterilmektedir. Ergene Havzası'nda bulunan ram makinesinin bulunduğu 43 işletme ile Velimeşe OSB ram makinelerinin en yoğun bulunduğu bölge olarak kaydedilmiştir. Bu sebepten dolayı VOC salınımı yönünden de ilk sırada yer almaktadır. İkinci sırada 41 işletme ile ilk sıraya çok yakın bir değerle Çerkezköy OSB yer almaktadır. Bu sırayı 24 işletme ile Ergene 1 OSB, 12 işletme ile Ergene 2 OSB takip etmektedir. Geriye kalan diğer bölgelerde ise 1 veya 2 işletme bulunmaktadır. İlk 4 bölge ramların bulunduğu işletme sayıları ve buna bağlı olarak VOC salınımı bakımından kritik noktaları oluşturmaktadır.



Şekil 3.4. Ergene Havzası'nda Bulunan Ram Makinalarının Bölgelere Göre Dağılımı (Tekirdağ Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü 2017)

Terbiye işlemlerinin yapıldığı işletmelerde en az 2 en fazla 10 adet ram makinası, ortalama olarak 5 adet ram makinasının bulunduğu tespit edilmiştir. Her ram makinesinde 2 adet ram bacası bulunmaktadır. Ortalama değerler göz önüne alındığında her bir işletmede 10

adet ram bacası bulunduğu verisine ulaşılmaktadır. Yukarıda verilen şekle göre Ergene Havzası'nda 133 tane ram makinesi bulunduran işletme yer almaktadır. Ortalama değerlerce hesap yapıldığında bu bölgede yaklaşık 1330 adet ram bacasının bulunduğu tahmin edilmektedir.

3.2 Aktif Karbon İle Kombine Edilmiş Scrubber Yöntemi

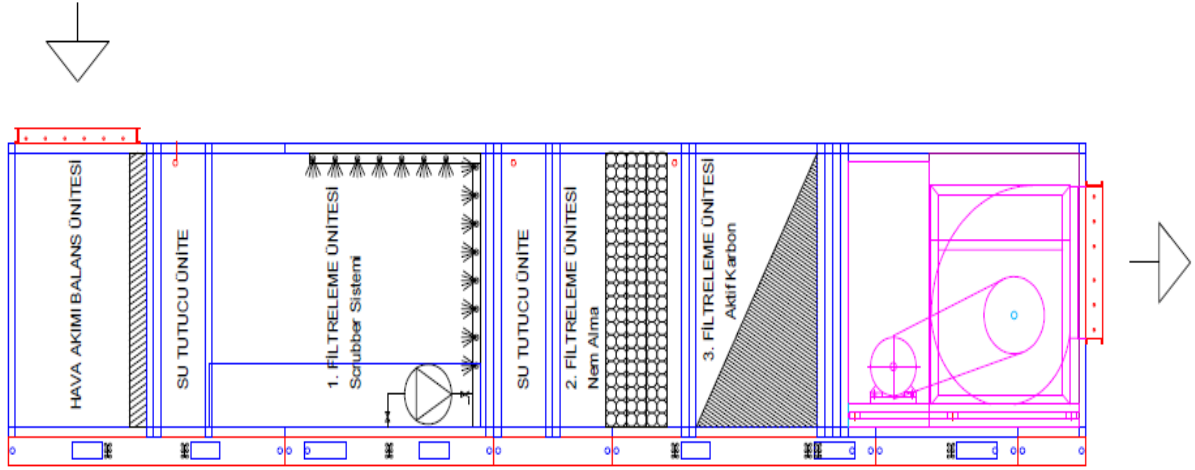
Bu çalışmada koku giderimi için özel olarak tasarlanmış bir sistem incelenmiştir. Ergene Havzası'nda koku konsantrasyonunun yüksek olduğu bir işletmede VOC giderimi için bu sistem kullanılmıştır. Farklı yöntemlerin birleştirilmesi ile tasarlanan bu sistemin genel görünüşü Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

Koku giderimi amaçlı tasarlanmış olan bu sistem 3 ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 3.6). Bunlar scrubber, filtreleme (nem alma), aktif karbon bölümü olarak sıralanmaktadır. Islak yıkamanın gerçekleştiği bölümün iki tarafında damla tutucular bulunmaktadır.

İlerleyen bölümlerde sistemin ana bölümlerinin detayları ve çalışma prensipleri açıklanmıştır.



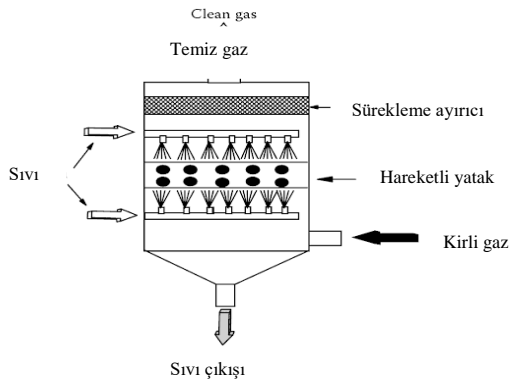
Şekil 3.5. Aktif karbon ile kombine edilmiş scrubber sistemin genel görünümü



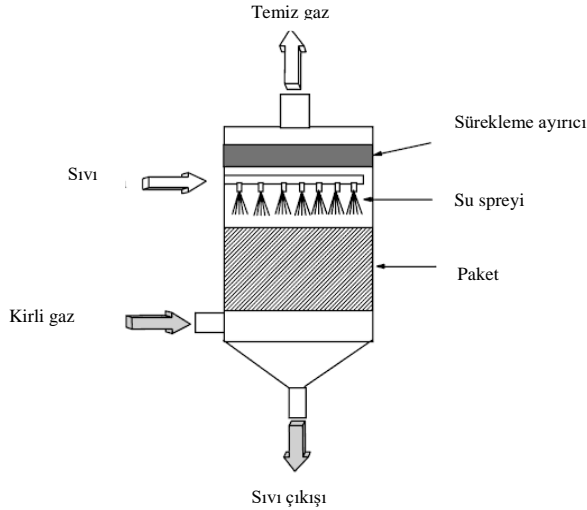
Şekil 3.6. Aktif karbon ile kombine edilmiş scrubber sistemin şematik görünümü

3.2.1 Wet Scrubber Sistem (ıslak yıkama sistemi)

Islak yıkama sistemi olarak adlandırılan gaz emme sistemi; kirleticinin sıvı ortamda çözünmesi ile giderimini sağlayan bir sistem olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra kirleticinin gaz-gaz, gaz-sıvı veya gaz-katı kombine halde bulunduğu sistemlerde ıslak yıkama içerisinde genellikle kimyasal oksidasyon uygulanmaktadır (Lianga ve ark. 2009). Kolonlarda gerçekleşen ıslak yıkama işlemi sırasında kütle transfer hızını arttırmak amacıyla dolgu malzemesi kullanılması daha verimli sonuçlar vermektedir (Pillai ve ark. 2009). Scrubber sistemlerinin tasarım olarak çeşitli örnekleri bulunmaktadır. Bu sistem içerisinde yer alan temas alanı bazen hareketli (Şekil 3.7) bazen de sabit şekilde (Şekil 3.8) dizayn edilebilmektedir.



Şekil 3.7. Hareketli yatak scrubber (Mujumdar 2015)



Şekil 3.8. Paketlenmiş yatak scrubber (Mujumdar 2015)

Özel olarak üretilmiş paketlenmiş yatak tipindeki ıslak yıkama sistemleri işletmelerin hava kirliliği kontrol yöntemlerinde birincil yöntemler arasındadır. Islak yıkama sırasında ortama verilen O_3 gibi ilaveler kirlenmenin oksidasyonunu sağlamaktadır. Bu sistemin verimliliği, VOC'lerin sıvı faza (suda çözünürlüğünü, Henry kanunu sabiti, sıcaklık, yüzey alanı ve gazların alıkonma süresi) etkili kütle transferine ve sıvı yıkama çözeltisi içinde gerçekleşen reaksiyon hızına bağlıdır. Sıvı faz içindeki reaksiyon hızı, bileşiğin türüne, oksitleyici kimyasalın türüne ve çözeltinin pH'ına bağlıdır (Kastner ve Das 2002).

Islak yıkama sistemi çoğunlukla koku giderim yöntemi olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem kokulu gazın sulu yıkama cihazında yıkanarak giderilmesi esasına dayanmaktadır. Yıkama işlemi fiziksel olarak yapıldığı gibi bazı durumlarda kimyasal eklenmesi ile de yapılmaktadır. Örneğin; VOC oksidasyonu için ClO_2 , $NaOCl$, O_3 kullanılmaktadır (Kastner ve Das 2005). Gaz emme sistemlerinde giderim verimini etkileyen kilit nokta gaz-sıvı temas yüzey alanının büyüklüğüdür (Liang ve ark. 2009). Bu sistemlerde yıkama sistemi içerisine temas yüzey alanını artırmak adına yerleştiren dolgu malzemeleri giderim verimini oldukça etkilemektedir. Bunun yanı sıra sıvı / gaz oranı, alıkonma süresi, kullanılan kimyasallar, pH, sıcaklık ise başlıca takip edilmesi gereken parametreler olarak yer almaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde yaklaşık %60-100 verimle bu sistemin çalıştığı bildirilmektedir (Şahin ve Bayram 2017).

İşletmeler içerisinde ıslak yıkayıcılar kimyasal oksidasyon sistemi ile yüksek yoğunluklu koku giderim işlemi için kullanılmaktadır. Bu yöntemde çok kademeli düşük hacimli scrubber modelleri tercih edilmektedir. Kademeli modellerde ıslak yıkama kolonlarına gelmeden önce venturi temizleyicilerle kirleticinin içerisinde bulunan partikül ve yağ aeorollerin giderimi sağlanmaktadır. Bu yöntem ile yüksek yoğunluklu kokuların %99 oranında giderildiği belirtilmektedir (Prokop ve Bohn 1985).

3.2.1.1 Çalışma prensibi

Scrubber sisteminin kullanıldığı alanlar arasında; çelik, kimya, metalürji endüstrisi ve yanma prosesleri en başta gelmektedir. Islak yıkama sistemi genel olarak emisyon kontrolünde kullanılsa da patlayıcı ve yapıştırıcı tozların tutulması amacıyla da sıklıkla kullanılmaktadır. Bu sistemde kirli hava yıkanarak temiz hava çıkışı sağlamaktadır. Yıkama sıvısı olarak genelde su kullanılmaktadır. Islak yıkama sisteminin çalışma prensibi aşağıdaki gibi maddelendirilmiştir (Gemci ve İleri 1997).

- I. Yıkama sıvısının toz-gaz karışımına verilmesi
- II. Toz partiküllerinin yıkama sıvısıyla birlikte hareketinin temini
- III. Toz partiküllerinin yıkama sıvısı üzerine getirilmesi
- IV. Ortaya çıkan toz-su karışımının gaz akışından ayrılması

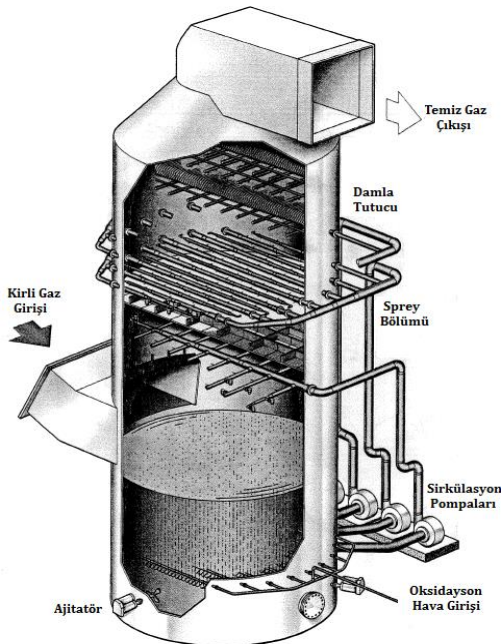
Islak artıçılar genel olarak iki gruba ayrılırlar:

- (a) Sıvı damlacıkların tutma yüzeyini oluşturduğu artıçılar
- (b) Islak tutma yüzeyi olarak çeşitli malzemelerin kullanıldığı dolgulu veya plakalı kuleler

Spray-tipi scrubbers sıvı 100-1000 µm çap arasında değişen damlacıklara ayrıştırılır ve gaz-partikül karışımına verilir. Burada hareket halindeki damlalar tutma yüzeyine nüfuz ederek partiküllerin tutulmalarını sağlarlar. Yüzeye tutunmayı sağlayan mekanizmalardan atalet, doğrudan çarpma, difüzyon en önemlileridir (Calvert 1977) (Wark ve Warner 1981).

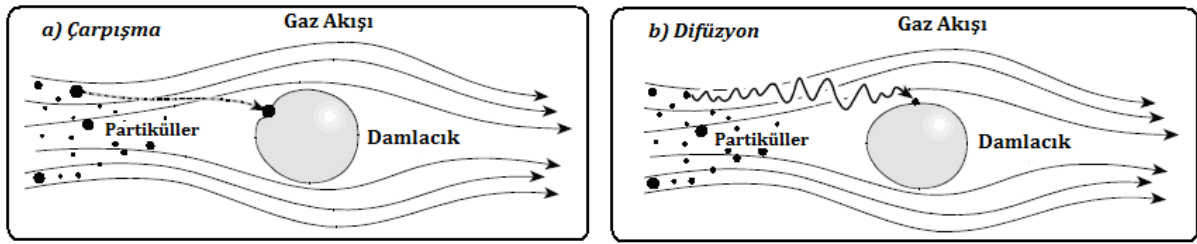
Spray-tipi scrubbers, normal ve venturi olmak üzere iki genel tipe ayrılır. Normal tip ıslak arıtıcılar ise ters akışlı kuleler, yatay akışlı, paralel akışlı olarak ayrılmaktadır (Calvert 1977) (Wark ve Warner 1981).

Islak filtrelerde genel olarak, tutucu sıvının ufak damlacıklar halinde kirli gaz ile temas ettirilmesi (nozullarla spreyleme) difüzyon veya çarpma etkisi olarak adlandırılan tutma mekanizmaları ile gerçekleşmektedir. Kule tipi ıslak filtrenin şematik görünümü Şekil 3.9'da gösterilmektedir. Gaz girişinden kuleye alınan gaz öncelikle dağıtım plakalarından geçirilerek homojen bir akış sağlanır. Sistem içerisine verilen kirli gaz nozullar aracılığıyla verilen absorpsiyon sıvısı ile yıkanır. Temizlenmiş olan gaz içerisindeki fazla suyu bırakmak amacıyla damla tutucudan geçirilir ve ardından temiz gaz çıkışı sağlanır. Partikül boyutu, damlacık boyutu ve bağıl hızlar tutma verimini etkilemektedirler. Verimin sağlanması için gaz kirleticilerin absorpsiyon sıvısı içerisinde iyi çözünmesi gerekmektedir. Çözünmenin sağlanması için de karıştırma ve yeterli süre fiziksel parametrelerdir. Bir diğer önemli nokta ise birim hacimdeki kirletici gaz için gerekli sıvı miktarının iyi ayarlanmasıdır (Yeşil 2019). Scrubber sistemlerde gerçekleşen kirletici gaz tutma işlemi; Partikül tutma, çarpışma, difüzyon, gaz toplama olarak sıralanmaktadır.



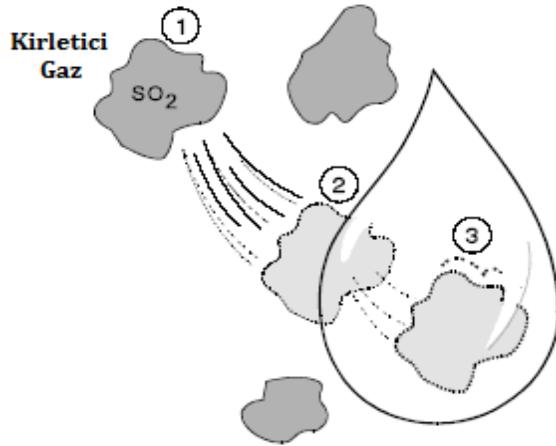
Şekil 3.9. Kule tipi ıslak filtre şematik görünüşü (Yeşil 2019)

Partikül tutma: Islak yıkama sisteminde büyük sıvı damlacıklara çok küçük partiküller tutulabilir. Genellikle damlacık çapı 50 μm 'nin üzerindedir. Scrubber uygulamalarında en zor tutulan partikül boyutu 0,1-0,5 μm arasında olanlardır. Tutma için damlacıkların oluşturulması birkaç yöntem ile gerçekleştirilebilir. Ancak en çok kullanılan yöntem nozullar aracılığıyla sıvının basınçlı şekilde püskürtülmesi yöntemidir. Üretilen damlacıklar çeşitli tutma mekanizmalarıyla partikülleri tutarlar. Çarpışma ve difüzyon en önemli mekanizmalardır. Difüzyon oranı bağıl hız, partikül çapı ve damlacık çapı gibi parametrelere bağlıdır. Bağıl hızın artması hem difüzyon ve hem de çarpma mekanizmasında verimi artırır. Damlacık ve partikül etkileşimi Şekil 3.10'da gösterilmektedir (Yeşil 2019).



Şekil 3.10. Damlacık ve partikül etkileşimi; çarpışma ve difüzyon (Yeşil 2019)

Gaz Absorpsiyonu: Bir gazın bir sıvı içerisinde çözünmesi olayına absorpsiyon denir. Partiküllerin bir fazdan diğer bir faza geçişi olarak da tanımlanmaktadır. Bu işlem için kirletici partiküllerin absorpsiyon sıvısıyla birlikte en yüksek yüzey alanı ile temas ettirilmesi gerekmektedir. Gaz absorpsiyonu safhaları Şekil 3.11'de gösterilmektedir.



Şekil 3.11. Gaz absorpsiyonu safhaları

1. adımda gaz akımı sıvı-gaz ara yüzeyine difüze olur
2. adımda gaz akımı içindeki kirletici partiküller sıvı içine doğru difüze olur
3. adımda ise gaz molekülleri sıvı içinde toplanarak birikir

Absorbsiyon verimini arttırmak için dikkat edilmesi gereken parametreler aşağıda olduğu gibi sıralanabilir.

- Geniş bir temas yüzeyi (çok sayıda sıvı damlacığı) sağlamak
- İyi bir karışım sağlamak
- Sıvı ve gaz fazları arasında yeterli temas zamanı sağlamak

Çözünürlük absorbsiyon verimini için kilit nokta sayılmaktadır. Çözünürlük sıcaklık ve basınca bağlıdır. Sıcaklık arttıkça çözünürlük azalırken, basıncın artması çözünürlüğü az miktarda da olsa arttırdığı literatürde yer almaktadır (Yeşil 2019).

Bu çalışmada kullanılan sistemin scrubber bölümünde su damlacıkları nozullar yoluyla verilmektedir. Bu scrubber bölümü 150*200 cm olarak inşa edilmiştir ve bölme içerisine üç sıra halinde her sırada beş adet eşit aralıklı sprej nozul yerleştirilmiştir (Şekil 3.12). Bu nozullar sayesinde yıkama sıvısı küçük damlacıklar haline dönüştürülmektedir. Basınçlı şekilde bölme verilen sıvı damlacıkların, kirli hava ile temas etmesi sağlanmaktadır. Kirli havanın, sıvı damlacıkların üzerine tutunmasının ardından gaz absorpsiyonu gerçekleşmektedir. Böylece atık gaz içerisinde çözünürlüğü yüksek olan kirleticilerin giderimi sağlanmaktadır. Bu bölüm içerisinde bir su haznesi bulunmaktadır ve böylece yıkama sıvısı geri devri gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.12. Wet Scrubber (ıslak yıkama) Ünitesi

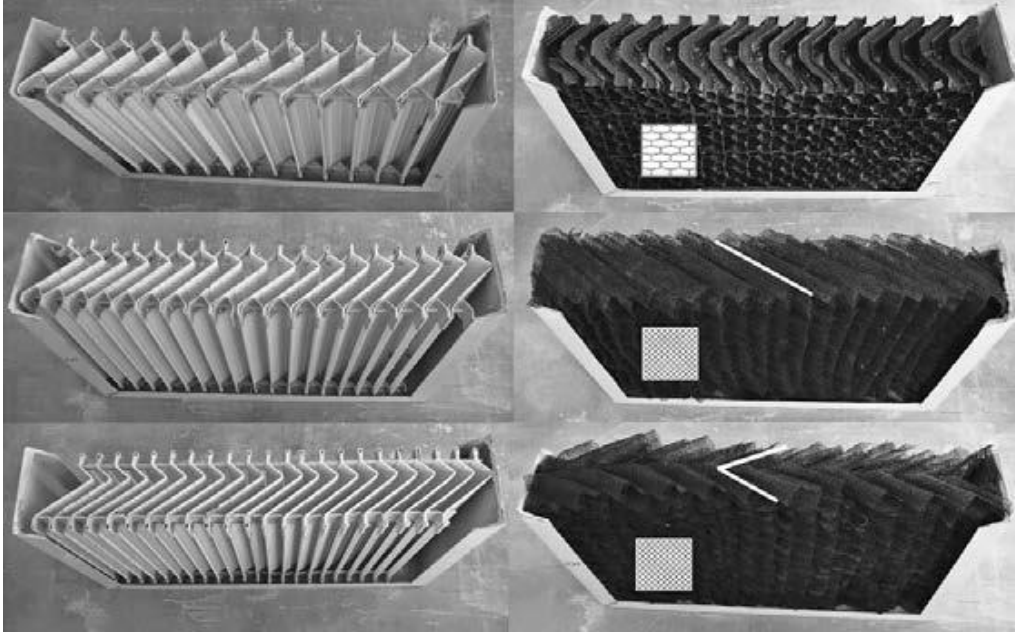
3.2.1.2 Damla Tutucu

Scrubber sistemlerde kullanılan damla tutucular kirletici gazın yıkanmasının ardından fazla sıvının giderilmesi amacıyla kullanılan materyellerdir. Suyun buharlaşmayan kısmı bu yöntem ile tutulmaktadır. Bu yapılar su damlalarının doğrusal bir yol izlemesini engelleyen hava ile su buharının rahatlıkla ilerleyebileceği paralel olarak tasarlanmış plakalardan oluşmaktadır (Şekil 3.13). Su damlaları bu plakalara çaptığında yerçekimi etkisi ile sistemden ayrılmaktadır (İdiz ve ark. 2017).

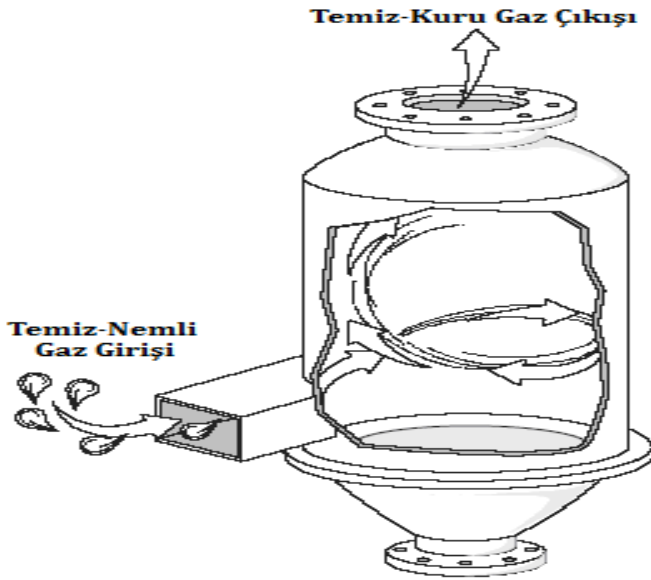
Damla tutucular ile filtre mekanizmalarında bir sonraki aşamaya su damlası geçmemesi garanti altına alınmış olur. Bu sistemlerin dayanıklı ve temizlenmeye elverişli şekilde kurulması gerekmektedir. Bunun için damla tutucuların sökülebilir şekilde dizayn edilmesi gerekmektedir (Anıl ve ark. 2009). Damla tutucular scrubber sistemin en önemli kısmını oluştururlar. Kimyasal ilavesi ile işletilen scrubber sistemlerde damla tutucular sayesinde kullanılan kimyasalın atmosfere verilmesinin önüne geçilmektedir. Bunun yanı sıra yıkama sıvısının tekrar kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Damla tutucuların boyutları her sistemde farklılık göstermektedir.

Kirlilik kontrolünün sağlandığı sistemlerde siklonik damla tutucuların yaklaşık %98 oranında verimle çalıştığı belirtilmektedir. Siklonik damla tutucu şematik görünümü Şekil 3.14'de gösterilmektedir (Yeşil 2019).

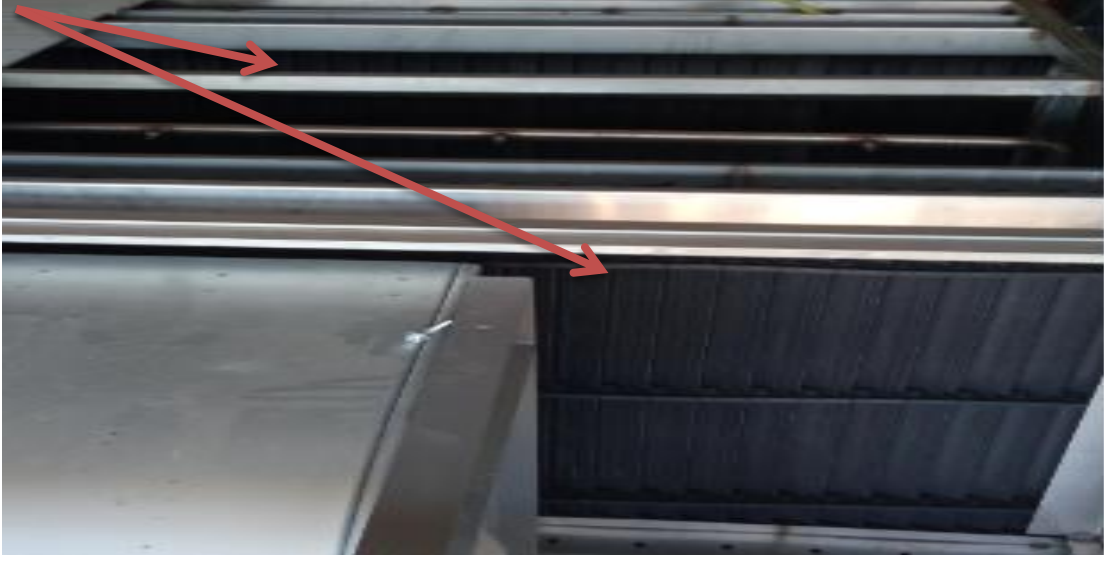
Bu çalışmada kullanılan sistemde scrubber bölümünün karşılıklı iki tarafına yerleştirilmiş olan damla tutucu plakalar bulunmaktadır (Şekil 3.15). Bu plakalar yıkama sıvısının fazlasını sistemin alt kısmında yer alan su haznesine toplanmasını sağlamaktadır. Ayrıca yıkama sıvısının diğer bölümlere geçişi engellenmiştir.



Şekil 3.13 Damla tutucuların farklı kanat açılı modelleri (İdiz ve ark. 2017)



Şekil 3.14 Siklonik damla tutucu



Şekil 3.15 Damla Tutucu Bölüm

3.2.2 Filtre (Nem Alma) Sistemi

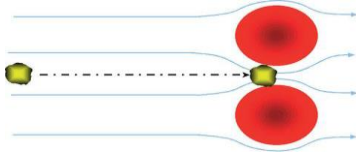
Filtre genel anlamda belirtilen filtrasyon şartlarında, bir karışım, çözelti veya süspansiyonun bir ya da birden fazla bileşene karşı geçirgen olan ve diğer bileşenleri geçirmeyen yapılar olarak tanımlanmaktadır (Aslan ve Kaplan 2017). Havada bulunan istenmeyen gaz, partikül ve buharları ayrıştıran ekipmanlar olarak da adlandırılmaktadır. Çalıştırıldığı ortama göre farklılık göstermektedirler (Bulgurcu 2015). Filtrenin kullanım alanlarına örnek verilecek olursa; kişisel koruyucu ekipmanlar, hava saflaştırıcılar, yağ ve yakıt filtreleri, atıksu arıtma sistemleri sayılabilir (Aslan ve Kaplan 2017).

Filtrasyon İşlemi; yüzey geçişi, derinlik geçişi, derinlik filtrasyonu, kek (yüzey) filtrasyonu mekanizmalarıyla 4 aşamada gerçekleşmektedir (Aslan ve Kaplan 2017). Hava filtrelerinde kirleticiyi yakalamasını sağlayan birtakım etkiler bulunmaktadır. Bunlar;

- a) Elek etkisi
- b) Çarpma etkisi
- c) Yakalanma etkisi
- d) Difüzyon etkisi
- e) Elektrostatik etki

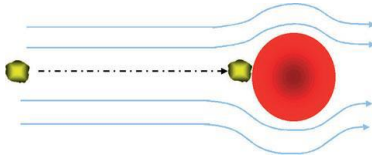
şeklinde sıralanmaktadır (Bulgurcu 2015).

- a) **Elek Etkisi:** Kirletici partikül çapının iki elyaf iplikçığının arasındaki boşluktan daha büyük olduğu durumlarda oluşan en basit filtre mekanizmasıdır (Şekil 3.16).



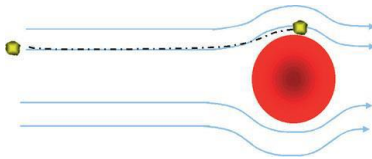
Şekil 3.16. Elek etkisi

- b) **Çarpma Etkisi:** Kirletici partikülün sistem içerisinde ilerlediği sırada önüne çıkan elyafın etrafında dönemeyerek çarpması suretiyle elyaf üzerine yapışması şeklinde gerçekleşmektedir (Şekil 3.17). Bu mekanizma hava hızının artması, tanecik çapının artması ve elyaf çapının küçülmesiyle etkisini arttırmaktadır.



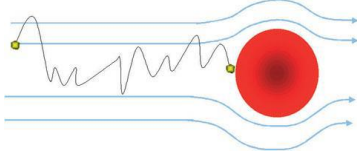
Şekil 3.17. Çarpma etkisi

- c) **Yakalanma Etkisi:** Kirleticinin tanecik çapının çok küçük olduğu durumlarda hava akımı ile aynı yörüngede ilerler. Böylece elyafın etrafından döndüğü sırada yakalanarak elyafa yapışmasıyla gerçekleşmektedir (Şekil 3.18).



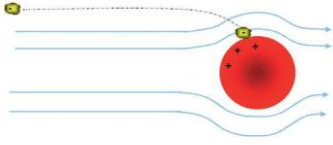
Şekil 3.18. Yakalanma etkisi

- d) **Difüzyon Etkisi:** Kirletici tanecik çapının 1 μm den küçük olduğu durumlarda gaz molekülleri düzensiz hareket ederek taneciklerle çarpışmaların elyaf üzerine yapışması sonucu gerçekleşmektedir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Difüzyon etkisi

- e) **Elektrostatik Etki:** Filtre sisteminin elektrostatik yüklenmesi sonucu kirletici taneciğin elyafı yakalamasıyla gerçekleşen mekanizmalardır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Elektrostatik etki

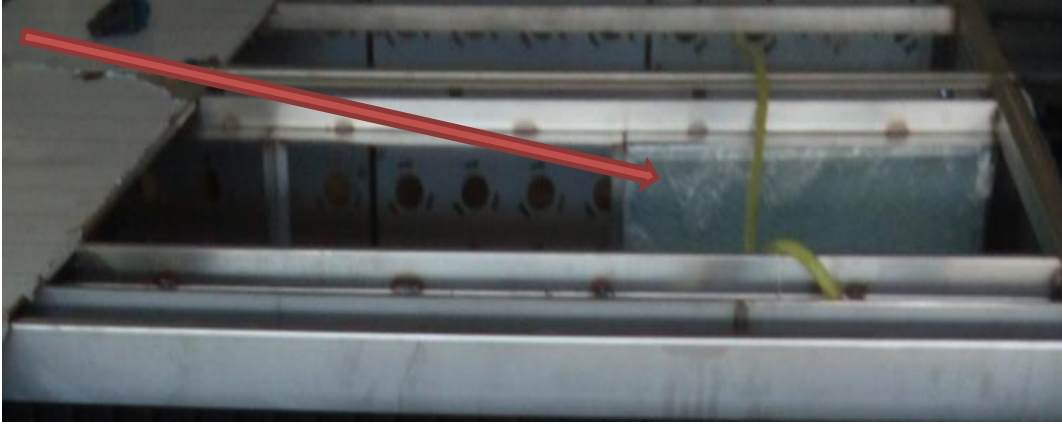
Maximum verim almak için filtrelerde bu prensiplerin birleştirilmesi gerekmektedir. Şekillerde görüldüğü gibi elek ve çarpma etkileri büyük partiküllerin, yakalanma ve difüzyon etkileri ise daha küçük partiküllerin tutulmasını sağlamaktadır (Bulgurcu 2015). Kanal içindeki havanın hızının değişik filtre ortamlarından geçerken düşürülmesi gerekmektedir. Hızın düşürülmesi filtrelerin yüzey alanları arttırılarak sağlandığı literatürde yer almaktadır (Bulgurcu 2015).

Filtreler çeşitli malzemelerden üretilebilmektedir. Sentetik/polyester elyafı, cam elyafı (Fiberglass), biyofiltreler, karbon rulolar, hayvan yünü filtre malzemesi olarak kullanılmaktadır (Bulgurcu 2015). Filtreler kullanım alanlarına göre farklılık gösterebilmektedir. Bazen toz vb. tutarken bazı ortamlarda bakteri virüs gibi mikroorganizmaları tutabilmektedir. Bu tip farklılıklar filtre malzemesini ve tasarımını etkilemektedir (Bulgurcu 2015). Hava filtrelerini genelleyecek olursak taşıması istenilen bazı özellikler bulunmaktadır (Dökmen 2011) Bunlar;

- ✓ Filtre hava akımına karşı yaratılan direnç
- ✓ Filtre ömrü boyunca tutmuş olduğu kirletici miktarı
- ✓ Filtrenin verimi

Bu çalışmada kullanılan sistemin ikinci ana bölümü olan filtre (nem alma) bölümü metal ve elyaf filtreden oluşmaktadır. Sistemin boyutuna uygun olarak üç parça halinde yerleştirilmiştir (Şekil 3.21). Islak yıkama sisteminin ardında yer alan bu ünite ile sistemin neminin alınması sağlanarak diğer ünitenin zarar görmesi engellenmiştir. Böylelikle ikinci

ünitenin sonunda kuru gaz çıkışı sağlanmakla birlikte; kirlilik yükünün bir kısmında bu ünite ile azaltılmıştır.



Şekil 3.21. Filtre (Nem Alma) Ünitesi

3.2.2.1 Filtre Ömrü

Filtre ömrü filtrenin değiştirilmesi gereken zamanla ifade edilmektedir. Genel olarak filtre basınç düşümlerine göre belirlenmektedir. Bunun için temel şart ise farklı işletme ortamlarında filtrenin gösterdiği performans detaylarını iyi bilmektir (Dökmen 2011). Filtre ömrü filtrenin monte edildiği yerdeki havanın kirliliğine bağlıdır. Havadaki kirleticilerin artması ya da azalması ve mevsim değişikliği gibi faktörler de filtre ömrüne etki etmektedir. Yapılmış çalışmalara göre kaset filtrelerin ömrü 2-3 ay, torba filtrelerin 4-6 ay, HEPA filtrelerin de 6-12 ay civarındadır (Bulgurcu 2015). Filtre malzemesinin yapı ve özelliği, filtre performansını etkileyen en önemli parametrelerden birisidir. Performansa etki eden filtre malzeme özellikleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Dökmen 2011).

- ✓ Lif çapı veya çapları
- ✓ Lif uzunluğu ya da lif uzunluk kombinasyonları
- ✓ Lif yönelimi
- ✓ Dizilim yoğunluğu
- ✓ Gözenek çapı
- ✓ Gözenek çapı dağılımı
- ✓ Malzeme kalınlığı
- ✓ Yüzey ağırlığı
- ✓ Malzeme üretim metodu

3.2.2.2 Metal Filtre

Metal filtreler galvaniz sa veya alüminyum çerçeve içerisinde panel veya arttırılmış yüzeyli örgü tel kullanılarak 20*48*96 mm standart ebatlarda ve standart dışı ebatlarda üretilir. Kademeli havalandırma sistemlerinde kaba toz tutulmasında yağ tutucu filtre olarak kullanılır (Bulgurcu 2015).

Bu çalışmada kullanılan sistemin ikinci ana bölmesine Şekil 3.22’de görüldüğü gibi üç parça halinde metal filtre yerleştirilmiştir. Metal filtre sayesinde sistemin neminin alınması ve belirli konsantrasyonlarda kirleticilerin tutulması sağlanmaktadır.



Şekil 3.22. Metal (Yağ) Filtre

3.2.2.3 Torba Filtre

Sentetik elyaf malzemeden elde edilen torba filtreler, yüksek toz tutma kapasitesi ile üstün performansa sahiptirler. 500 mm, 600 mm derinliklerinde 5-10 m boyutunda silindirik tüpler şeklinde üretilen torba filtreler, özel ebatlarda da üretilmektedir. Bunlar dikey ve birbirlerine paralel olarak torba odalarına yerleştirilir (Bulgurcu 2015). Mekanik veya ters akımlı hava ile temizlenebilirler. Torba filtreler kimyasal içeren birçok sıvı filtre uygulamalarında; bitkisel yağ vb. gıda endüstrisi uygulamalarında, temizlik madde üretiminde, soğutma sıvılarının filtrasyonu gibi çeşitli alanlarda kullanılır (Aslan ve Kaplan 2017).

Bu çalışmada kullanılan sistemin ikinci ana bölümüne Şekil 3.23’de gösterilen torba filtre yerleştirilmiştir. Sentetik elyaf malzemeden üretilmiş filtre sayesinde sistemin neminin alınması ve kirleticilerin tutulması sağlanmaktadır.



Şekil 3.23. Torba Filtre

3.2.3 Aktif Karbon Filtre Sistemi

Aktif karbon; yüksek karbon içeriği, geniş yüzey alanı ve gözenekleri sayesinde adsorbe yeteneği oldukça kuvvetli olan bir adsorbenttir. Aktif karbonun ticari olarak üretimi zeytin çekirdeği, badem ve ceviz kabuğu, hindistan cevizi vb. gibi organik içeriği yüksek maddelerden yapılmaktadır (Kılıç 2018). Aktif karbonların ucuz hammadde ve düşük maliyetli üretimi işletmeler için bu adsorbenti daha cazip hale getirmektedir. Aktif karbonlar temel olarak kömür, odun, hindistan cevizinden üretilse de tarım atıklarından atık lastiklere kadar birçok maddeden üretildiği yer almaktadır (Oğur 2007). Aynı koşullar altında üretilen farklı hammadde içeriğine sahip aktif karbonlar incelendiğinde oluşum aşamasında piroliz ve aktivasyon etkinlikleri de farklılık gösterdiği literatürde yer almaktadır. Bu yüzden seçilen hammadde arıtım için oldukça önemlidir (Ioannidou ve Zabaniotou 2007).

Aktif karbonun tarihi M.Ö. 3750 yılları, sümer ve mısırlılara kadar dayanmaktadır. Bronz üretimi sırasında indirgen madde olarak odun kömürünü kullanmışlardır. Bu da bilinen ilk kullanım olarak kaydedilmiştir. Endüstriyel olarak ise; Figuiet'in 1811'de kömür pirolizi sonucu ortaya çıkan aktif karbonun şeker içerikli çözeltilerin saflaştırılması yer almaktadır. Yaptıkları çalışmanın ardından aktif karbon üretimi için bilimsel çalışmalar başlatılmıştır. 1913 yılında Amerika 'da Westvaco Corp tarafından Filther adı ile ilk aktif karbon üretildiği literatürde yer almaktadır. Aktif karbon üretimi geliştirilerek günümüze kadar gelmiş ve bugünkü hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Geçmişten günümüze aktif karbonun gelişmesi ihtiyaçlar doğrultusunda gerçekleşmiştir. Örneğin 1.Dünya savaşı sırasında zehirli gazlardan korunmak amacıyla toz aktif karbon montajlı gaz maskeleri yeterli olmadığı görüldüğünde gaz adsorpsiyonu için çalışmalar ilerletilmiştir. Bunun ardından yoğunluğu fazla olan aktif karbonlar gaz adsorpsiyonunda yoğunluğu az olan aktif karbonlar ise sıvı faz adsorpsiyonlarda kullanılmaya başlamıştır (Kılıç 2018). Gaz fazında kullanım için mikro gözenekli yapılar tercih edilirken sıvı fazda makro gözenekli toz formlar tercih edilmektedir. (Deng 2006)

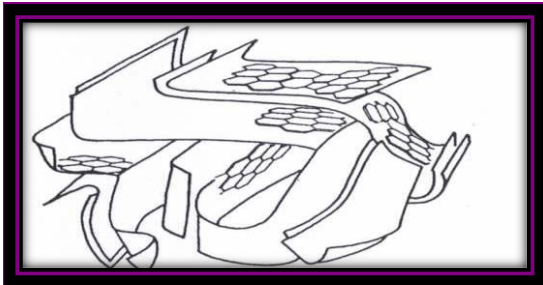
Endüstriyel alanda üretilen karbonların çoğu karbon içeriği yüksek olan maddelerin kısmi olarak yakılmasıyla elde edilmektedir. Karbon eldesinin bir başka yolu ise içerisinde yüksek miktarda karbon bulunan maddelerin uçucu bileşenlerinin uzaklaştırılması sonucu oluşan gözenekli yapılardır. Bu yapılar aktif karbon olarak adlandırılmaktadır. Aktif karbonlar genel olarak dört sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar granül aktif karbon (GAC), toz aktif

karbon(PAC), pellet aktif karbon (Pellet AC), Küresel aktif karbon olarak literatürde yer almaktadır. Aktif karbon çeşitleri Şekil 3.24’de gösterilmektedir (Kılıç 2018).

Aktif karbon şekil ve yapı olarak grafit benzemektedir (Şekil 3.25). Yapısında yer alan zayıf Wan der Waals bağları ve kuvvetli kovelent bağlar sayesinde müthiş bir uyum içerisinde işlev göstermektedir (Kılıç 2018).



Şekil 3.24. Aktif karbon çeşitleri (Kılıç 2018)

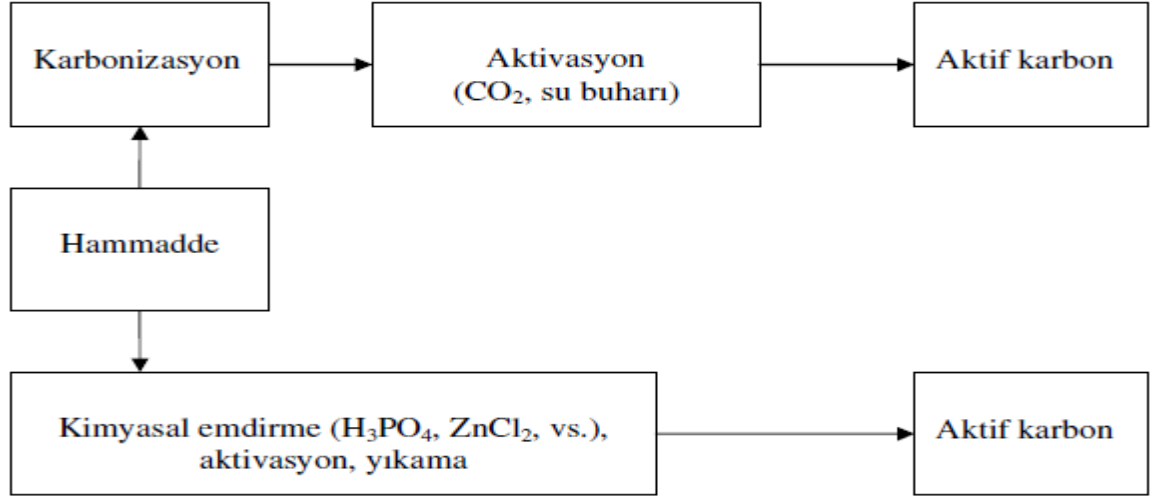


Şekil 3.25. Aktif karbon yapısının şematik gösterimi (Wu 2004)

3.2.3.1 Aktif Karbon İçeriği ve Aktivasyon İşlemleri

Aktif karbon içerik olarak takribi %90 oranında karbon içerirken geriye kalan kısmını kükürt, oksijen, hidrojen ve azot içerdiği belirtilmiştir. Aktif karbonun bunlardan hariç içeriğinde bulunanlar, üretim sürecinde maruz kaldığı fiziksel ve kimyasal işlemlere göre değişiklik gösterebilmektedir. Aktif karbonun kimyasal içeriği incelendiğinde fonksiyonel grupların varlığı tespit edilmiştir. Bu fonksiyonel gruplar aktif karbonun asidik ve ya bazik karakterde olmasını tayin etmektedir. Bu yüzey fonksiyonel gruplar karbon yüzeyini aktif hale

getirerek adsorpsiyon verimini etkilemektedir. (Kılıç 2018). Aktif karbon üretimi fiziksel ve kimyasal aktivasyon işlemi ile gerçekleştirilmektedir. Fiziksel aktivasyon ısıl işlem ile gerçekleştirilirken kimyasal aktivasyon KOH, ZnCl₂ gibi kimyasal maddelerle yapılmaktadır. Aktivasyon işlemlerinin şematik gösterimi Şekil 3.26' da gösterilmektedir. Üretilen aktif karbonun kalitesi; üretildiği hammadde, aktivasyon işlemi, sıcaklığı ve zaman parametrelerine göre değişiklik göstermektedir (Kılıç 2018).



Şekil 3.26. Fiziksel ve kimyasal aktivasyon prosesleri şematik gösterimi (Kılıç 2018)

3.2.3.2 Yüzey Alanı

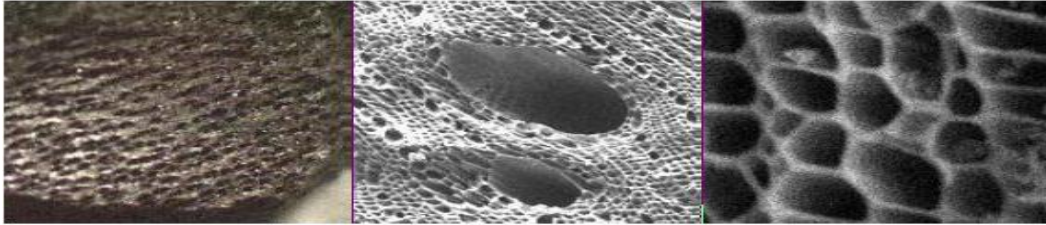
Adsorpsiyon kapasitesinin yüksek olması sağlayan en önemli parametreler spesifik yüzey alanının genişliği ve mikro gözenek sayısıdır. (Kılıç 2018). Aktif karbonlar geniş yüzey alanı, mikro gözenekli yapıları, yüksek adsorpsiyon yeteneği, polar olmayan moleküller için yüksek adsorpsiyon kapasitesi, önemli ölçüde etkili reaktif yüzeye sahip olması dolayısıyla spesifik bir adsorbant olarak karşımıza çıkmaktadır (Deng 2006). Aktif karbonunun bir karakteristik özelliği de yüzey alanıdır. Aktif karbonun iç yüzeyi BET (Brunauer-Emmet-Teller) yüzeyi m²/g olarak ifade edilir ve yüzey alanının belirlenmesi BET yöntemi kullanılarak ölçülmektedir. Yüzey alanı N² gazı kullanılarak ölçülür (Kılıç 2018). Brunauer-Emmett-Teller (BET) ve Dubinin denklemleri fiziksel adsorpsiyonun izoterm verilerini açıklarken, Langmuir ve Freundlich denklemleri, aktif karbonlarda hem fiziksel hem de kimyasal adsorpsiyonu temsil ettiği belirtilmektedir (Oğur 2007). Adsorpsiyon mekanizmalarının kullanamında kilit nokta

filtre kullanım ömrüdür. Bu bilgiye de ancak adsorpsiyon denge kapasitesi ve adsorpsiyon kinetiği bilgileriyle ulaşılmaktadır (Wu 2004)

Aktif karbon, 800 ila 1.500 m² / g arasında değişen son derece yüksek yüzey alanı, iyi gelişmiş iç mikro gözenekli yapısı ve geniş bir yüzey fonksiyonel grup spektrumunun varlığı bu adsorbantı cazip hale getirmektedir. Aktif karbonun yüzey kimyası temel olarak yüzeylerinin asidik ve bazik özellikleri ile belirlenir ve bu özelliği gaz fazında veya sulu çözelti içinde oksitleyici katalizörlerle işleminden geçirilmesi ile değiştirilebildiği belirtilmektedir (Gaur ve ark. 2010).

3.2.3.3 Gözenek Yapısı

Endüstriyel alanda aktif karbonun kullanımının en önemli sebeplerinden birisi gözeneklerinin büyük olmasıdır. Uygulanan aktivasyon işlemleri ile konik ve ya silindirik şekilde gözenekler meydana getirilir. Adsorpsiyon işleminin verimli olması bu gözenekler ile uzaklaştırılacak maddenin tanecikleri ile uyumlu olmasına bağlıdır. Aktif karbonun yüzey ve gözenek yapısını gösteren Taramalı Elektron Mikroskopuyla (TEM) çekilmiş fotoğrafı Şekil 3.27 'de gösterilmektedir (Kılıç 2018).



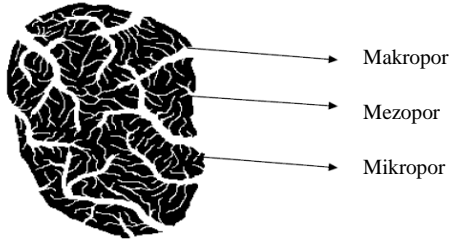
Şekil 3.27. Aktif karbon: yüzey ve gözenekler - taramalı elektron mikroskopu görüntüsü (Wu 2004)

Aktif karbonun en önemli özelliği, gözenek yapısı olduğu bilinmektedir. Toplam gözenek sayısı, şekli ve büyüklüğü adsorpsiyon kapasitesini belirlemektedir. IUPAC, gözenekleri aşağıdaki gibi sınıflandırır (Wu 2004).

- makropor: $d_0 > 50\text{nm}$
- mezopor: $2 \leq d_0 \leq 50\text{nm}$
- mikropor: $d_0 < 2\text{nm}$
- ultramikropor: $d_0 < 0,7\text{nm}$
- süpermikropor: $0,7 < d_0 < 2\text{nm}$

d_0 , yarık tipi gözenekler için gözenek genişliği veya silindirik gözenekler için gözenek çapıdır. Şekil 3.28’de farklı gözenek tiplerini göstermektedir (Wu 2004).

Mikro gözenekler genellikle aktif karbonun iç yüzeyinin en büyük bölümünü oluşturması sebebi ile toplam gözenek hacmine en çok katkıda bulunan bölümdür. Gaz halinde adsorbanların adsorpsiyonunun çoğu, çekici kuvvetlerin arttırıldığı ve gözeneklerin düşük bağıl basınçlarda doldurulduğu bu mikro gözeneklerde gerçekleştiği çalışmalarla sabitlenmiştir. Böylece, toplam gözenek hacmi ve gözenek büyüklüğü dağılımı, adsorpsiyon kapasitesini belirlediği sonucuna varılmaktadır (Wu 2004).



Şekil 3.28. Aktive edilmiş bir karbon partikülünde ki farklı gözenek tiplerinin şematik gösterimi (Wu 2004)

3.2.3.4 Aktif Karbon Adsorpsiyonu

Adsorpsiyon işlemlerinde kullanılan ticari sorbentler denge, kinetik veya statik etki kaynaklı büyük seçicilik, büyük adsorpsiyon kapasitesi, hızlı adsorpsiyon kinetiği, kolayca yenilenebilir, iyi mekanik dayanım, düşük maliyet özelliklerini taşımalıdır. Endüstriyel ortamda çeşitli sorbent maddeler kullanılmaktadır. Bunlar aktif karbon, zeolit, aktif alüminyum, silika jel, polimerik adsorbentler olarak yer almaktadır. Bu sorbentlerin dünya çapındaki satışları incelendiğinde aktif karbon ve zeolitin açık ara fark ile önde olduğu belirtilmiştir (Deng 2006).

Aktif karbonların giyim, kozmetik, otomobil, tekstil, ilaç endüstrisinde saflaştırma işlemleriyle ilgili geniş kullanımları mevcuttur. Maliyetinin düşük olması ve rejenera edilerek tekrar kullanılması sebebiyle çokça tercih edilmektedir. Rejenerasyon için genellikle ısı işlem kullanılmaktadır (Wu 2004). Aktif karbon geniş yüzey alanına sahip olması sebebi ile çoğunlukla tercih edilen bir adsorbenttir. Aktif karbon atık su arıtımı, renk ve koku giderimi gibi birçok çevre iyileştirme sistemlerine dahil edildiği bilinmektedir. Uçucu organik bileşiklerin emisyon kontrolünde de aktif karbon adsorpsiyonu sıklıkla tercih edilmektedir

(Olgun ve ark. 2017). Adsorpsiyon mekanizması dahilinde işleyiş gösteren madde ve yöntemler isim ve tanımları ile birlikte aşağıda verilmiştir (Deng 2006).

- ✓ Adsorpsiyon: Moleküllerin (gazlar, çözünen maddeler veya sıvılar) temas ettikleri katı maddelerin veya sıvıların yüzeylerine tutunması
- ✓ Emilim: Moleküllerin (gazlar, çözünen maddeler veya sıvılar) temas halinde oldukları katı maddelere veya sıvılara emilmesi
- ✓ Sorpsiyon: Adsorpsiyon ve absorpsiyon oluşumu
- ✓ Adsorban: Yüzeyinde başka bir maddeyi adsorbe eden genellikle katı bir madde
- ✓ Sorbent: Genellikle başka bir maddeyi emen katı bir madde
- ✓ Adsorbat: Adsorban yüzeylerde adsorbe olan moleküller (gazlar, çözünen maddeler veya sıvılar) (Deng 2006)

Adsorsiyon mekanizmasını; adsorbantın yüzey kimyası ve yüzey alanı, sistemin sıcaklığı ve basıncı etkileyen parametrelerdendir. Artan yüzey alanı ve gözenekli yapısı buna ek olarak yüzey morfolojisi aktif karbonları bir tercih meselesi haline getirmiştir. Aktif karbonlar çoğu alanda kullanılıyor olsa da genel olarak gaz ve sıvıların arıtımında kullanılmaktadır (Oğur 2007). Aktif karbonların organik kimyasallar ve toksik metal içeriği olan yeraltı sularının arıtılmasında yüksek verimle çalıştığı yer almaktadır. Tarımsal faaliyetler sonucunda su kaynaklarına bulaşmış herbisit ve böcek ilaçlarının uzaklaştırılmasında hindistan cevizi kabuğundan üretilmiş ve NaCl ile aktive edilmiş aktif karbonun verimli sonuçlar verdiği literatürde yer almaktadır (Cobb ve ark. 2012).

Aktif karbonların en önemli uygulamaları biri gaz fazı adsorbanı olarak kullanıldığı atık gazlardan tehlikeli bileşenlerin ayrılması uygulamalarıdır. Bu uygulamaların bir kısmı aşağıda olduğu gibi sıralanmaktadır (Oğur 2007).

- Kişisel koruma
- Sigara filtreleri
- Endüstriyel gaz maskeleri
- Savaş gemileri, denizaltılar, tanklar ve uçaklardaki maskeler
- Atık gaz arıtma

- Helyumun saflaştırılması
- Solvent buharların geri kazanılması
- Fenol, halojenli bileşikler, böcek ilaçları, kaprolaktam, klorin içerikli suyun arıtılması
- Endüstriyel gaz çıkışı, SO₂, H₂S, CS₂'nin giderilmesi
- Kanalizasyon ve jeotermal tesisler
- Vinil klorür monomer (VCM) bitkileri ve genel olarak çözücü geri kazanımı
- Gaz karışımlarının karbon moleküler elekler (CMS) kullanılarak ayrılması
- Hem destek maddesi hem de katalizör olarak organik ve inorganik proses katalizleri
- Radyonüklidlerin adsorpsiyonu
- Doğal gaz depolanması ve saflaştırılması
- Otomobil / benzin kurtarma
- Genel koku kontrolü

Aktif karbonların gaz fazındaki uygulamaları özele indirgenecek olursa VOC gideriminde yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Uçucu organik bileşiklerin aktif karbon adsorpsiyonunda önemli bazı parametreler;

- ✓ uçucu organik bileşiklerin kaynama noktası
- ✓ kritik sıcaklık
- ✓ uçucu organik bileşiklerin kesit alanı ve dipol momenti
- ✓ gazın hacmi
- ✓ gazın sıcaklığı, basıncı ve bağıl nemi
- ✓ uçucu organik bileşiklerin bileşimi ve konsantrasyonları
- ✓ aktif karbonun düzenek hacmi ve spesifik yüzey alanı

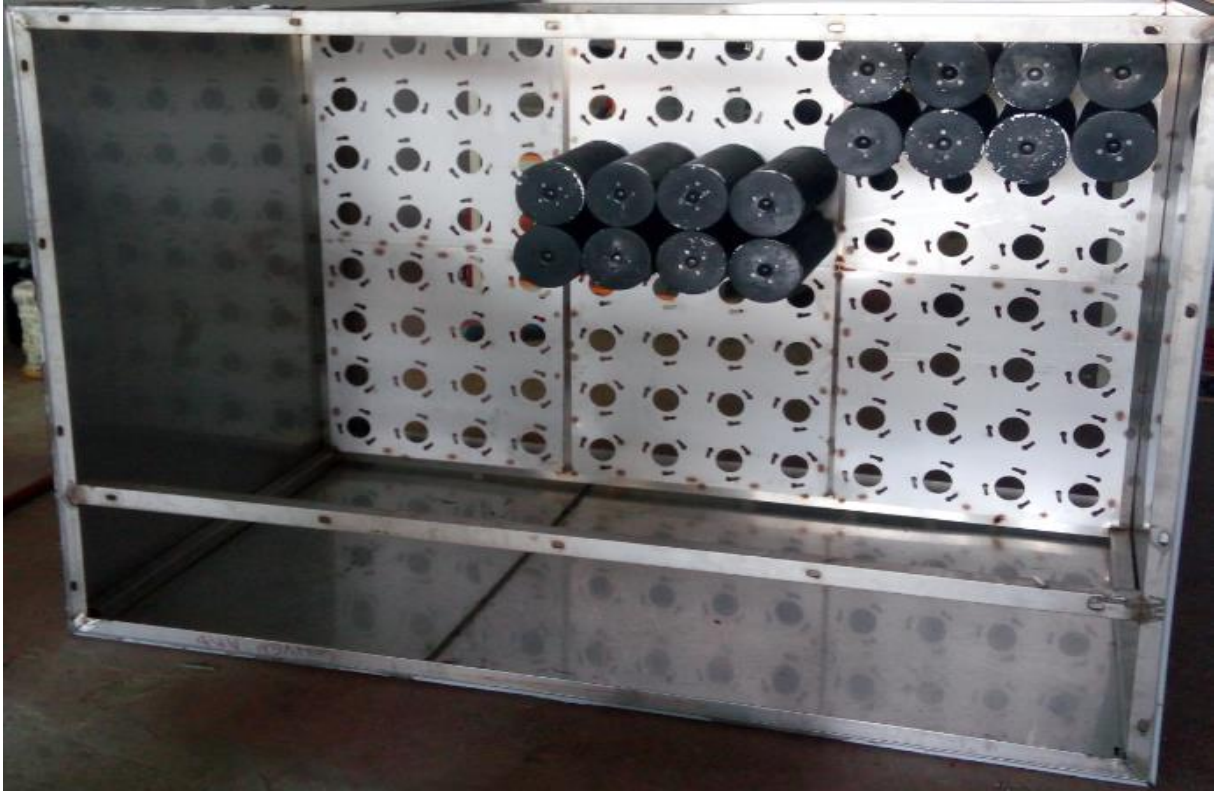
şeklinde sıralanmaktadır (Olgun ve ark. 2017).

Aktif karbon genel olarak yaygın kullanılan bir adsorbant olmasına rağmen başarısız olduğu çalışmalarda bulunmaktadır. Örneğin metil tersiyer bütül eter (MTBE) karışmış olan bir atık suyun arıtımında GAC kullanılmış fakat verimli bir sonuç elde edilememiştir. Bunun sebebinin MTBE'nin çözünürlüğünün yüksek olmasından kaynaklı olduğu belirtilmiştir.

Ayrıca bu uygulamada doygunluk seviyesine kısa sürede ulaşan GAC ünitesi ucuz maliyet özelliği yerine masraflı bir yöntem olarak karşımıza çıkmıştır (Solmaz ve ark. 2009)

Bu çalışmada kullanılan sistemin üçüncü ana bölümü aktif karbon filtrelerden oluşmaktadır (Şekil 3.29). Sistemin son aşaması olan bu üniteye 12*8=96 adet aktif karbon filtre düzenli bir şekilde yerleştirilmiştir. Hindistan cevizi kabuğu kullanılarak üretilmiş olan karbonlar yüksek yüzey alanı ve gelişmiş gözenek yapısı ile kirleticinin adsorbe edilmesini sağlamaktadır. Aktif karbon içerisinde yer alan mikropor ve makropor gözenekler kirli havanın tutulmasında etkin rol oynamaktadır.

Sistem içerisine silindir şeklinde portatif olarak monte edilen aktif karbon filtreler ömrü bittiğinde kolaylıkla çıkarılıp değiştirilebilmektedir.



Şekil 3.29. Aktif Karbon Filtre Ünitesi

3.2.4 Aktif Karbon İle Kombine Edilmiş Scrubber Sistemin Çalışma Prensibi

Koku sınır değerinin oldukça üzerinde olan bir fabrika alanında pilot olarak kurulmuş bu sistem 720 000 m³/gün hava temizleme kapasitesi ile çalıştırılmıştır. İşletme alanı içerisinde her alana uzanan kanal boru sistemi ile toplanan hava, ilk olarak hava akımı balans ünitesine giriş yapmaktadır. Ardından ilk filtreleme ünitesi olan scrubber sisteminde kirletici yüklü havanın yıkanarak temizlenmesi sağlanmaktadır. Bu bölümde kirletici, su damlacıklarına temas ederek gaz absorpsiyonu gerçekleşmektedir. Bu işlem ile gaz fazındaki kirletici bileşiklerin bir kısmı sıvı faza geçmektedir. Scrubber ünitesi kısmında yer alan geri devir mekanizması, ünite içerisindeki suyun tekrar kullanımını sağlamaktadır. Bu ünitenin çevresinde bulunan damla tutucular sayesinde suyun diğer ünitelere geçişi engellenerek sistemin zarar görmesinin önüne geçilmektedir.

Scrubber ünitesindeki işlemin sonucunda kirlilik yükünün bir kısmından kurtulan atık gaz ikinci kısım olan filtreleme ünitesine geçmektedir. Bu sistemde yer alan metal filtre ve ardından gelen elyaf filtre ünitesinden kirli havanın geçmesi sağlanmaktadır. Bu üniteye kirli havanın neminin alınması ve bir kısmının temizlenmesi sağlanmaktadır.

Nem alma ünitesinin ardından üçüncü filtreleme ünitesi olan aktif karbon ünitesi ile son filtreleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Aktif karbonun geniş yüzey alanı ve gözenek yapısı sayesinde kirlilik yükünün birçoğunun giderilmesi sonucu temiz hava çıkışı sağlanmaktadır.

3.3 Olfaktometri Analitik Ölçüm Yöntemi

Kokunun insanlar üzerinde yarattığı etki fiziksel sensörlerle ölçülmesi mümkün değildir. Bir kokunun koku alma duyusu üzerinde yaratacağı etki, kokuya neden olan kimyasalların hangilerinin ve hangi oranlarda bir arada bulunduğuna bağlı olarak çok fazla değişim gösterebilir. Bu kimyasalların neler olduğunu, analiz yaparak bulmak oldukça zordur. Analiz edilen kokunun hoş veya nahos olarak değerlendirilmesi fiziksel sensörler aracılığıyla olanaksızdır. Bu ayrımı ancak insan burnunun yapabilmesi sebebi ile koku ölçümü yapmak için bilinen en iyi sensör insan burnu olarak kabul edilmektedir (Topal ve Arslan 2013).

Olfaktometri; kokulu gaz numunesinin nötral hava ile seyreltilerek panelistlere koklatılması sonucu koku konsantrasyonunun ölçülmesini sağlayan yöntemdir. Olfaktometri

yöntemini kullanarak koku konsantrasyonunu ölçen cihazlara “Olfaktometre” denilmektedir (Şekil 3.30). Bu yöntem ile sonuçlar istatistiksel olarak kayda alınabilmektedir. Kalibre edilebilmesi, sonuçların kimyasal bileşenden bağımsız olması ve güvenilir bir belirleyici olması bu yöntemin avantajlarıdır. Dezavantajlar ise; kişiye özgü olması ve panelistlere ihtiyaç duyulmasıdır.



Şekil 3.30. Olfaktometre cihazı

Olfaktometrik ölçüm yöntemi kokunun kontrollü bir şekilde panelistlere sunulması ve sonuçların kaydedilmesidir. Bu yöntemin iki temel amacı vardır. Bunlar;

- 1) Koku konsantrasyonu belli örneğin değişik oranlarda ve artarak sunulması suretiyle insan burnunun koku alma hissini geliştirilmesi
- 2) Koku alma hissini kullanarak konsantrasyonu bilinmeyen kokuların konsantrasyonlarının belirlenmesidir.

Bir gaz örneğinin kokulu madde konsantrasyonu o gazın koku eşiğine kadar olan nötral hava ile seyreltilmesi sonucu belirlenir. Koku konsantrasyonunun sayısal değeri koku eşiğine ulaşıldığı andaki örnek ve nötral hava hacimlerinin sonucudur (eşik seviyesindeki seyrelme sayısı ya da koku sayısı). Koku konsantrasyonunun birimi; kokulu madde miktarı/hacim yani ‘koku birimi/m³ (KB/m³)’ olarak gösterilmektedir. Eşik seviyesine kadar yapılan seyrelmenin büyük olması koku konsantrasyonunun büyüklüğünü ifade etmektedir (KOEKHY 2013).

4. ARAŞTIRMA ve BULGULAR






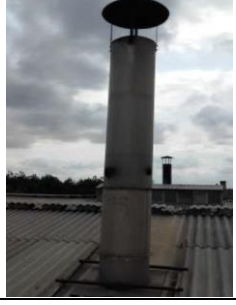

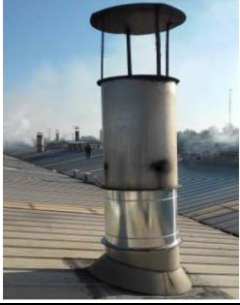




4.1 Ram Bacası VOC Ölçüm Sonuçları

Terbiye işlemleri sırasında kumaşa uygulanan işlemler sonucu atmosfere VOC salınımı gerçekleşmektedir. Bu çalışmada seçilen Ergene Havzasında yer alan tekstil terbiye işlemlerinin yapıldığı bir tekstil firmasında 31 adet emisyon kaynağı bulunmaktadır. Bunlar; ram makine bacaları, buhar kazanı bacaları, kurutma makine bacaları, baskı makine bacaları, açık en sanfor makine bacaları, buharlama makine bacaları emisyon kaynağı olarak yer almaktadır. Bunlardan 12 tanesi ram bacalarına aittir. Ram makinelerine bağlı VOC salınım noktaları Çizelge 4.1' de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2'de seçilen firmaya ait ram bacaları VOC ölçüm sonuçları verilmektedir. Bu çizelgede ram bacası VOC salınımının kg/saat cinsinden ortalama değerleri ve yönetmelikte belirtilen sınır değerleri yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde I. Sınıf ve III. Sınıf VOC'lerin salınımı görülmemiştir. Sadece II. Sınıf VOC'ler salınım göstermektedir. Örnek alınan tekstil firmasında 6 adet ram makinesi ve ram makinelerine ait 12 adet emisyon kaynağı bulunmaktadır. Çizelgede görüldüğü gibi ölçümün yapıldığı tarihte sınır değerlerin üzerinde herhangi bir salınım bulunmamaktadır. Ölçüm sonuçlarından elde edilen bu değerler belli bir zaman dilimini kapsamaktadır. VOC değerleri, üretim aşamasında kullanılan kimyasallar, gün içerisinde ve mevsimsel dönemlerdeki üretim farklılığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Terbiye işleminin uygulandığı bir tekstil firmasında yapılan ölçümün analizi çizelge 4.3'de verilmektedir. Analiz sonucunda II. sınıfta yer alan yalnızca toluen ve ksilen bileşiğinin salındığı görülmektedir.

Çizelge 4.1. Ram Bacası VOC Salınım Noktaları

Dilmenler Ram 1-1 Makine Bacası	Dilmenler Ram 1-2 Makine Bacası	Dilmenler Ram Makine Davlumbaz Bacası
		
Bruckner Ram 2 Makine Bacası	Bruckner Ram 3 Makine Bacası	Dilmenler Ram 4-1 Makine Bacası
		
Dilmenler Ram 4-2 Makine Bacası	Dilmenler Ram 5-1 Makine Bacası	Dilmenler Ram 5-2 Makine Bacası
		
Dilmenler Ram 5 Makine Davlumbaz Bacası	Dilmenler Ram 6-1 Makine Bacası	Dilmenler Ram 6-2 Makine Bacası
		

Ram makinelerinde temel olarak silikon yardımcı kimyasal ve kenar kolla kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra isteğe bağlı olarak özel apreler kullanılmaktadır. Uçucu

organik bileşiklerin oluşumunda, uygulanan bu işlemler ve fikse işlemleri ram makinelerinde kullanılan kimyasalların ve bu aşamaya kadar uygulanan işlemlerin etkisi bulunmaktadır.

Çalışma bölgesinde işletmenin bir önceki VOC ölçüm sonuçları Çizelge 4.4'de gösterilmektedir. Çizelgede 10 adet ram bacasının var olduğu görülmektedir. Bu çizelgede ram bacası VOC salınımının mg/Nm^3 ve kg/saat cinsinden ortalama değerleri ve yönetmelikte belirtilen sınır değerleri yer almaktadır. Salınan VOC sınıfına göre sınır değerleride farklılık göstermektedir. Ram makinesine bağlı 2 bacada farklı sınıfta VOC'ler görülebilmektedir. Bu sebepten dolayı aynı makine üzerinde farklı sınır değerlerce hesaplamalar yapılabilmektedir. Örneğin 10 Kamara Ram 2-1 bacası sınır değeri $100 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ iken 10 Kamara Ram 2-2 bacası sınır değeri $150 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ olarak belirtilmiştir. Diğer bir yandan bacada ölçülen sınır değer $30 \text{ kg}/\text{saat}$ iken baca dışı $3 \text{ kg}/\text{saat}$ olarak yönetmelik gereğince uygulanmaktadır.

Yapılmış olan bu ölçümle birlikte VOC analizi Çizelge 4.5'de gösterilmektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde toluen, n-Hekzan, n-Heptan, izopropil alkol uçucu organik bileşiklerin salınım gösterdiği görülmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda II. sınıf ve III. Sınıf VOC'lerin salındığı ancak I. Sınıf VOC'lerin çıkışı gözlenmediği sonucuna varılmaktadır.

İki yıl aralıklı yapılan ölçümler karşılaştırıldığında salınan VOC sınıf ve çeşidinin farklılık gösterdiği görülmüştür. 2014 yılında yapılan analizde toluen, n-Hekzan, n-Heptan ve bir noktada izopropil alkol çıkışı rastlanırken 2016 yılında yapılan ölçümde yalnızca toluen ve ksilen bileşiklerinin salındığı görülmüştür. Bu gözlemlenen farklılık sıcaklık, kimyasal, ölçüm anındaki üretim yoğunluğu gibi faktörlerin etkisinden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple ram bacası uçucu organik bileşikleri için genelleme yapabilmek mümkün değildir.

Yüksek ısıl işlem sonucu ortaya çıkan uçucu organik bileşikler bulunduğu ortamda koku yoluyla kendilerini hissettirmektedirler. Bu durum hem işletme içerisinde hem de yakın çevrede şikayete sebebiyet vermektedir. Kanserojen içerikli, çevre ve insan sağlığını tehdit eden bu bileşikler koku etkisiyle konfor şartlarını da olumsuz yönde etkilemektedir.

Çizelge 4.2. Tekstil Firması VOC Ölçüm Sonuçları (Tekstil Firması Ölçüm Sonuçları 2016)

Emisyon Kaynağı	Organik Buhar ve Gazlar(kg/saat)					
	I. sınıf		II. Sınıf		III. Sınıf	
Adı	Ort.	SD	Ort.	SD	Ort.	SD
Dilmenler Ram 1-1 Makinası Bacası	-	-	0,0512	8,12	-	-
Dilmenler Ram 1-2 Makinası Bacası	-	-	0,0617	9,15	-	-
Dilmenler Ram Makinası Davlumbaz Bacası	-	-	0,1800	13,25	-	-
Bruckner Ram 2 Makinası Bacası	-	-	0,1321	14,41	-	-
Bruckner Ram 3 Makinası Bacası	-	-	0,0874	10,91	-	-
Dilmenler Ram 4-1 Makinası Bacası	-	-	0,0587	12,4	-	-
Dilmenler Ram 4-2 Makinası Bacası	-	-	0,0513	13,33	-	-
Dilmenler Ram 5-1 Makinası Bacası	-	-	0,0704	8,95	-	-
Dilmenler Ram 5-2 Makinası Bacası	-	-	0,0688	9,22	-	-
Dilmenler Ram 5 Makinası Davlumbaz Bacası	-	-	0,0560	10,97	-	-
Dilmenler Ram 6-1 Makinası Bacası	-	-	0,0532	11,62	-	-
Dilmenler Ram 6-2 Makinası Bacası	-	-	0,0570	11,05	-	-

Çizelge 4.3. Tekstil Firması VOC Analizi (Tekstil Firması Ölçüm Sonuçları 2016)

Emisyon Kaynağı	Konsantrasyonlar (mg/Nm³)	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	Ortalama	SKHKKY Sınır Değerleri
Dilmenler Ram 1-1 Makinası Bacası	Toluen(II. Sınıf)	3,30	2,79	2,79	3,04	100
	Ksilen(II. Sınıf)	5,82	5,05	4,38	5,08	100
Dilmenler Ram 1-2 Makinası Bacası	Toluen(II. Sınıf)	3,53	3,54	3,67	3,58	100
	Ksilen(II. Sınıf)	6,03	5,74	4,94	5,57	100
Dilmenler Ram Makinası Davlumbaz Bacası	Toluen(II. Sınıf)	4,49	6,35	5,63	5,49	100
	Ksilen(II. Sınıf)	6,23	8,82	8,22	7,76	100
Bruckner Ram 2 Makinası Bacası	Toluen(II. Sınıf)	6,17	6,74	6,36	6,43	100
	Ksilen(II. Sınıf)	7,98	8,67	7,30	7,98	100
Bruckner Ram 3 Makinası Bacası	Toluen(II. Sınıf)	5,61	4,44	5,08	5,04	100
	Ksilen(II. Sınıf)	6,43	5,81	5,37	5,87	100
Dilmenler Ram 4-1 Makinası Bacası	Toluen(II. Sınıf)	4,61	6,19	6,49	5,76	100
	Ksilen(II. Sınıf)	5,32	7,02	7,57	6,64	100
Dilmenler Ram 4-2 Makinası Bacası	Toluen(II. Sınıf)	5,89	6,32	4,81	5,67	100
	Ksilen(II. Sınıf)	8,37	7,90	6,70	7,66	100
Dilmenler Ram 5-1 Makinası Bacası	Toluen(II. Sınıf)	4,82	4,8	4,09	4,57	100
	Ksilen(II. Sınıf)	4,86	4,09	4,19	4,38	100
Dilmenler Ram 5-2 Makinası Bacası	Toluen(II. Sınıf)	4,33	4,24	5,52	4,7	100
	Ksilen(II. Sınıf)	4,3	4,25	5,02	4,52	100
Dilmenler Ram 5 Makinası Davlumbaz Bacası	Toluen(II. Sınıf)	5,57	7,38	6,48	6,48	100
	Ksilen(II. Sınıf)	3,85	5,40	4,22	4,49	100
Dilmenler Ram 6-1 Makinası Bacası	Toluen(II. Sınıf)	5,82	4,82	4,48	5,04	100
	Ksilen(II. Sınıf)	7,48	6,12	6,14	6,58	100
Dilmenler Ram 6-2 Makinası Bacası	Toluen(II. Sınıf)	4,18	6,06	5,2	5,14	100
	Ksilen(II. Sınıf)	4,99	6,41	6,32	5,91	100

Çizelge 4.4. Tekstil Firması VOC Ölçüm Sonuçları (Tekstil Firması Ölçüm Sonuçları 2014)

Parametre	VOC (mg/Nm ³)		VOC (Kg/saat)	
	O.D.	S.D.	O.D	S.D.
10 Kamara Ram 2-1 Bacası	0,01467	100	0,00010	Baca 30 Baca dışı 3
10 Kamara Ram 2-2 Bacası	0,13867	150	0,00097	
8 Kamara Bruckner Ram 1 Bacası	0,01567	100	0,00004	
8 Kamara Bruckner Ram 1 Bacası	-	-	-	
Ram 1 Davlumbaz Bacası	0,09867	150	0,00029	
10 Kamara Ram 1 Bacası 1	0,02000	100	0,00005	
10 Kamara Ram 1 Bacası 2	0,04600	150	0,00013	
8 Kamara Ram Giriş Bacası	2,88833	150	0,00958	
8 Kamara Ram Çıkış Bacası	2,06700	150	0,01315	
Ram 5 Davlumbaz Bacası	6,00433	150	0,04379	

O.D. : Ortalama Değer, S.D. : Sınır Değer

Çizelge 4.5. Tekstil Firması VOC Analizi (Tekstil Firması Ölçüm Sonuçları 2014)

Emisyon Kaynağı	Konsantrasyonlar (mg/Nm ³)	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	Ortalama	SKHKKY Sınır Değerleri
10 Kamara Ram 2-1 Bacası	Toluen(II. Sınıf)	0,4400	<AL	<AL	0,01467	100
10 Kamara Ram 2-2 Bacası	n-Hekzan(III. Sınıf)	<AL	0,05900	0,35700	0,13867	150
8 Kamara Bruckner Ram 1 Bacası	Toluen(II. Sınıf)	0,04700	<AL	<AL	0,01567	100
8 Kamara Bruckner Ram 1 Bacası	Toplam VOC (mg/ Nm ³) Metot Tayin limitlerinin (<0,5 mg/ Nm ³) altındadır.					
Ram 1 Davlumbaz Bacası	Toluen(II. Sınıf)	0,07300	<AL	0,08200	0,05167	100
	n-Hekzan(III. Sınıf)	<AL	0,09800	0,04300	0,04700	150
10 Kamara Ram 1 Bacası 1	Toluen(II. Sınıf)	<AL	<AL	0,0600	0,02	100
10 Kamara Ram 1 Bacası 2	n-Hekzan(III. Sınıf)	0,06800	<AL	<AL	0,02267	150
	Toluen(II. Sınıf)	<AL	0,0700	<AL	0,02333	100
8 Kamara Ram Giriş Bacası	n-Heptan(III. Sınıf)	<AL	3,3280	4,7100	2,67933	150
	n-Hekzan(III. Sınıf)	<AL	0,26800	0,35900	0,20900	150
8 Kamara Ram Çıkış Bacası	n-Hekzan(III. Sınıf)	0,034	0,05	0,473	0,18567	150
	n-Heptan(III. Sınıf)	<AL	0,32	5,25	1,85667	150
	Toluen(II. Sınıf)	<AL	0,074	<AL	0,02467	100
Ram 5 Davlumbaz Bacası	Izopropil Alkol(III. Sınıf)	0,997	1,498	1,364	1,28633	150
	n-Hekzan(III. Sınıf)	0,753	1,098	0,704	0,85167	150
	n-Heptan(III. Sınıf)	3,328	5,093	3,178	3,86633	150

<AL: Alt limit sınır değerinin altında

4.2 Koku Ölçüm Sonuçları

İşletme alanında 1 noktada koku örnekleme çalışmaları yapılmış ve alınan örneklerin koku konsantrasyonları olfaktrometrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Ölçüm ve örnekleme çalışmasında EN 13725 standart yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde her bir ölçüm noktasından 3 adet olmak üzere Nalophan torbalara bir vakum pompa yardımıyla kokulu hava doldurularak 30 saat içinde analizleri yapılmaktadır. Koku kontrol sistemi çalıştırılmadan önce baca girişinde kokunun 17 000 KB/m³ olduğu tespit edilmiştir. Koku kontrol sisteminin çalıştırılması sonrasında yapılan koku ölçüm sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Koku ölçüm sonuçları

Kaynak No	Örnekleme Noktasının Adı	Koku Konsantrasyonu (KB/m ³)			
		1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek	Ortalama*
1	Distilasyon Bacası	215	256	181	215

*Ortalama değer geometrik ortalamadır.

Distilasyon baca çıkışından alınan 3 numunenin ölçümü sonucu sırasıyla 215, 256 ve 181 KB/m³ olarak ölçülmüştür. Bu ölçümlerin geometrik ortalaması alındığında 215 KB/m³ değeri bulunmuştur. İşletmede sisteme giriş koku konsantrasyonu 17 000 KB/m³ iken; ortalama 215 KB/m³ çıkış değeri ölçülmüştür. Sonuçlara göre yaklaşık %98 oranında koku gideriminin gerçekleştiği görülmüştür.

KOEKHY Madde 9'da;

Emisyon sınır değerleri ile ilgili olarak aşağıda verilen düzenlemeler bulunmaktadır:

MADDE 9 – (1) Şikâyete konu olan işletmenin faaliyet gösterdiği zamanlarda koku emisyonuna neden olan kaynak/kaynaklarından ulusal/uluslararası standartlara göre alınan ve işletme/tesisin koku emisyonunu temsil eden en az üç kokulu gaz örneğinin olfaktometrik olarak ölçülmüş koku konsantrasyonlarının geometrik ortalaması;

a) 1000 KB/m³ veya daha az ise, işletme/tesiste kaynakta koku giderimi konusunda herhangi bir işlem yapılmaz.

b) 1000-10.000 KB/m³ aralığında ise, yetkili merci tarafından, işletmede koku kontrol/ek koku kontrol tedbiri alınması, alınan tedbirlerin etkinliğinin belirlenmesi için kaynak/kaynaklarda ölçüm yapılarak bu çalışmalarla ilgili raporun yetkili mercie sunulması için süre verilir.

c) 10.000 KB/m³ ten büyük ise, yetkili merci tarafından 16'ncı madde kapsamında idari yaptırım uygulanır ve işletmede koku kontrol/ek koku kontrol tedbiri alınması, alınan tedbirlerin etkinliğinin belirlenmesi için kaynak/kaynaklarda ölçüm yapılarak bu çalışmalarla ilgili raporun yetkili mercie sunulması için süre verilir.

Gerçekleştirilen koku giderim çalışması ile distilasyon bacası ölçüm sonuçlarından KOEKHY Madde 9.1.a'da verilen sınır değerinin altında bir koku giderimi sağlandığı da anlaşılmaktadır.

5.SONUÇ ve ÖNERİLER

Gün geçtikçe gelişen teknoloji, sürekli artan ihtiyaçlar beraberinde sanayileşme ve kentsel alanlardaki nüfus artışını getirmektedir. Gelişen sanayiler arasında tekstil çok önemli bir alana sahiptir. Ülke sınırları içerisinde değerlendirildiğinde Ergene Havzası tekstil sektörünün en yoğun olduğu bölge olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim, çevre problemlerinin de yoğun olduğu alan olması kaçınılmaz olmaktadır. Tekstil sektöründen kaynaklı hava kirliliği önemli çevre sorunları arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada ilk olarak Ergene Havzası'nda yer alan tekstil firmalarının faaliyet konularına göre dağılımı araştırılarak tekstil terbiye işlemlerinde kullanılan ram makinelerine bağlı ram bacalarının alansal yoğunluğu araştırılmıştır. Ram makinelerinde uygulanan özellikle fikse işlemleri uçucu organik bileşiklerin temel kaynağını oluşturmaktadır. Bu çalışma ile uçucu organik bileşiklerin Ergene Havzası'nda yoğunluk gösterdiği bölgeler tespit edilerek, Ergene Havzası ram bacası uçucu organik bileşiklerinin kaynaklarına genel bir bakış oluşturulmasını sağlamıştır. Ergene Havzası bölgelere göre ayrıldığında Velimeşe OSB'de en fazla ram bacasının bulunduğu tespit edilmiştir.

Endüstriyel faaliyetler sonucu salınan kokulu bileşiklerin kaynağını uçucu organik bileşikler oluşturmaktadır. Buradan yola çıkıldığında ortamdaki koku giderimi ancak VOC giderimi ile sağlanabileceğini göstermektedir. Uygulanan yöntem ve yere göre değişiklik gösterse de yapılmış çalışmalar genel anlamda yüksek koku (>% 95) giderimi, VOC bileşiğine bağlı olarak % 40–83 aralığında bir verimle uçucu organik bileşiklerin giderildiğini göstermektedir.

Koku giderimi esas alınarak yapılan bu çalışmada pilot ölçekli aktif karbon ile kombine edilmiş scrubber filtre sistemi incelenmiştir. Ergene Havzası'nda koku emisyonunun yoğun olduğu bir tesiste denemesi yapılarak başarılı sonuçlar alınmıştır. Kurulduğu tesiste 720 000 m³/gün hava temizleme kapasitesi ile çalıştırılmıştır. Olfaktometre cihazı ile yapılan ölçümde giriş koku konsantrasyonu 17 000 KB/m³ iken çıkış koku konsantrasyonu ortalama 215 KB/m³ olarak ölçülmüştür. Yaklaşık %98 oranında koku giderim verimi ile çalışan filtre VOC gideriminde umut vadeci olmuştur.

VOC giderimi için uygulanan birçok yöntem bulunmaktadır. Literatür kısmında bu yöntemlerden detaylıca bahsedilmiştir. Giderim yöntemleri buldukları ortama, VOC kaynak ve çeşidine göre verimsel olarak değişiklik göstermektedir. VOC'lerin en etkili giderimi yakma yöntemi ile yapılmaktadır. Ancak maliyetinin çok yüksek olması sebebiyle her zaman tercih edilmemektedir. Aktif karbon ise maliyetinin düşük olması ve VOC gideriminde başarılı olması sebebiyle genellikle tercih edilen yöntemlerdendir. Bunun dışında çözünürlüğü düşük olan kirletici gazların gideriminde ıslak yıkama yöntemi kullanılarak iyi sonuçlar alınmaktadır.

Ram bacası uçucu organik bileşiklerin kompozisyonu incelendiğinde yoğun olarak toluen, ksilen olmakla birlikte n-hekzan, n-heptan görülmektedir. Bu sistem her ne kadar ram bacası uçucu organik bileşiklerinin giderimi için uygun olduğu görülsede, yapılan çalışmaların ilerletilerek koku kompozisyonunu belirleyici VOC analizi yapılması gereklidir.

Bu sistemin en önemli noktalarından birisi filtre ömrüdür. Ucuz şekilde imal edilip işletilebilen bu sistemin ömrünün kısıtlı olması dezavantaj olarak sayılmaktadır. Ayda 1 defa yapılan filtre doluluk kontrolünde, aktif karbon kolonlarının değişime ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Malesef kirlilik yükü ile filtre ömrü arasında ters ilişki bulunmaktadır. Bu durum için kesin çözüm olmasa da aktif karbonun rejenerasyonu ile ömrünün uzatılması mümkündür.

Sistemin verimini arttırmak amacıyla yıkama bölümü içerisine dolgu malzemelerinin yerleştirilmesi temas yüzey alanını artırarak giderim verimini olumlu yönde etkileyecektir. Bunun yanı sıra kirletici yükünün bir kısmını alarak diğer bölümlerin ömrünü uzatılabilecektir.

Scrubber bölümüne kimyasal ilave yapılması yine verimin artmasına katkı sağlayacak uygulamalardandır. Wet Scrubber yöntemiyle, toluen gideriminde (NaOCl) çözültisinin kullanımı yüksek oksitleyici kabiliyeti sayesinde başarılı sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır. Bunun dışında VOC giderimi için ClO₂, O₃ gibi kimyasalların sisteme ilavesi verimli bir uygulamanın anahtarı olacaktır.

Elbette bütün kirletici kaynakları için kesin çözüm, kirleticiyi kaynaktan yok etmektir. Bu da ancak üretim aşamasında düzenleme yapılarak kirleticilerin oluşmamasını sağlamaktır. Tekstil terbiye işlemlerinde çevre sorunlarına hammaddeler için kalite kontrol, kimyasal ikame, proses modifikasyonu, suyun işlenmesi ve geri dönüştürülmesi gibi yöntemler kaynaktan çözüm önerisi olarak yer almaktadır. Terbiye işlemleri süresince kullanılan boya ve kimyasal malzemeler çevre açısından tehlike arz etmektedir. Bu sorunun çözülmesi adına ikame ürün

kullanımı önerilmektedir. Kanserojen etki gösteren formaldehitin yerine sitrik asit kullanımı örnek olarak verilebilir. Islah yoluyla yetiştirilen kahverengi ve yeşil tonlarında üretilen pamuklar ile boya kullanılmadan renkli kumaş ve desen elde etmek mümkün hale getirilmiştir. Yenilenebilir tekstil materyal kaynakları bulmaya yönelik diğer gayretler, selüloz, kitin ve protein hammaddelerinden özel elyafların geliştirilmesine yönelik araştırmaları içermektedir. Tekstillere işlenmesi sırasında, bitiş ve boyama/baskı işlemlerinden kirlilik oluşmaktadır. Bunun için pamuk elyaflarının muameleleri sırasında enzimatik aktiviteyi artırmak amacıyla çevre dostu bir araç olan ultrason kullanılmalıdır. Hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelen bu sektörde tekstil üreticileri, ürünlerini tasarlarlarken lif, kumaş üretim süreçlerini, faydalı ömrü boyunca ve sonrasında tekstil hammaddesinin maruz kalacağı işlemleri öngörerek çalışmalıdırlar.

Uçucu organik bileşiklerin birçok çevresel etkisi bulunmaktadır. Troposferik ozon oluşumu, partikül madde oluşumu, küresel ısınma bunlardan bazılarıdır. Bu sebeple yaşam kaynağı olan hava bileşenin korunması sağlıklı bir yaşam için toplumsal bir görevdir. VOC giderim yöntemlerinin araştırılarak uygun yöntem seçimi ile gerekli önlemler alınmalıdır. Gelecekte daha yaşanabilir bir çevre için VOC giderimi ivedi bir gerekliliktir.

6.KAYNAKLAR

- Alyüz B, Veli S (2006). İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler ve Sağlık Üzerine Etkileri. Trakya Univ J Sci, 7(2): 109–116.
- Andreau K, Leroux M, Bouharrou A (2012). Health and Cellular Impacts of Air Pollutants:From Cytoprotection to Cytotoxicity. Biochemistry Research International, 2012:1-18.

- Anıl OB, Arslan A, Boylu A, Evren E, Gacaner G, Gencer Ü, İşbilen İ, Kayacan A, Tunç T, Tursun C, Ulutepe L (2009). Hastane Hijyenik Alanlarının Klima ve Havalandırma Proje Hazırlama Esasları. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1205-1229, İzmir.
- Aslan S, Kaplan S (2017). Filtrasyon Tekstilleri: Kullanılan Hammaddeler, Üretim Yöntemleri ve Kullanım Alanları. *The Journal Of Textiles and Engineers*, 79: 24-37.
- Avi SB (2014). Study on Stentering Machine in Knit Dyeing Industry. Project (Thesis), Daffodil International University, Faculty of Engineering Department of Textile Engineering, Bangladeş.
- Bayram H , Dörtbudak Z, Fişekçi Evyapan F, Kargın M, Baytekin B (2006). ‘Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu’ Paneli Ardından. *Dicle Tıp Dergisi*,33: 105-112.
- Budak Ç (2014). Endüstrilerde Temiz Üretim ve Su Minimizasyonu Yaklaşımları AB ve Türkiye’de Temiz Üretim Uygulamaları: Tekstil Endüstrisi Örneği. Çevre ve Şehircilik Uzmanlık Tezi, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Bulgurcu H (2015). Havalandırma Filtreleri. *Havalandırma Tekniği*, Balıkesir, 54-93.
- Buzol Mülayim B (2012). Trakya Bölgesi Tekstil Sektörü: Durum Analizi ve Beklentiler. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Calvert S (1977), *Chemical Engineering*, 53.
- Chen HL, Burns LD (2006). Environmental Analysis of Textile Products. *Clothing Textiles Research Journal*, 24: 248-261
- Chien TW , Chu H (2000). Removal of SO₂ and NO From Flue Gas by Wet Scrubbing Using an Aqueous NaClO₂ Solution. *Journal of Hazardous Materials*, B80: 43–57.
- Chu YH, Kim HJ, Song KY, Shul YG, Jung KT, Lee K, Han MH (2002). Preparation of Mesoporous Silica Fiber Matrix for VOC Removal. *Catalysis Today* ,74 : 249–256.
- Chungsiriporn J, Bunyakan C, Nikom R (2006). Toluene Removal by Oxidation Reaction in Spray Wet Scrubber: Experimental, Modeling and Optimization. *Songklanakarın Journal of Science and Technology*, 28(6) : 1265-1274.
- Cobb A, Warms M, Maurer EP, Chiesa S (2012).Low-Tech Coconut Shell Activated Charcoal Production. *International Journal for Service Learning in Engineering*, 7: 93-104.
- Çelik C, Dumanoglu Y, Kara M, Altıok H, Bayram A, Odabaşı M (2017). Koku Oluşumuna Neden Olan Uçucu Organik Bileşiklerin Zeolit Adsorpsiyonu İle Giderimi. VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 265-277, Antalya.
- Çorlu Ticaret ve Sanayi Odası Veri tabanı. <http://rehber.corlutso.org.tr/>. (erişim tarihi, 22.12.2017).
- Deng S (2006). Sorbent Technology. *Encyclopedia of Chemical Processing*, 2825-2839.
- Dominici F, Sheppart H, Clyde M (2003). Health Effects of Air Pollution: A Statistical Review. *International Statistical Review*, 71(2) : 243-276.
- Dökmen B (2011). Yüksek Verimli Hava Filtrelerinin Testleri. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Easter C, Quigley C, Burrowes P, Witherspoon J, Apgar D (2005). Odor and Air Emissions Control Using Biotechnology For Both Collection and Wastewater Treatment Systems. *Chemical Engineering Journal*, 113: 93–104.
- Gallego E, Roca FJ, Perales JF, Guardino X (2013). Experimental Evaluation of VOC Removal Efficiency of a Coconut Shell Activated Carbon Filter For Indoor Air Quality Enhancement, *Building and Environment*, 67: 14-25.
- Garipağaoğlu N (2006). Türkiye’de Hava Kirliliği Sorununun Coğrafi Bölgelere Göre Dağılımı. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9: 55-77.
- Gaur V, Roberts V, Shankar PA (2010). Activated Carbon: The Next Generation. *Water Quality Products*. 16-17.
- Gemci T, İleri R (1997). Islak Ayırıcılarda Partikül Tutma Mekanizmaları 1: Atalet Kuvveti Etkisi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1: 9-12 .
- Gervasini A, Vezzoli GC, Ragaini (1996). VOC Removal by Synergic Effect of Combustion Catalyst and Ozone. *Catalysis Today*, 29 : 449-455.
- Gostelow P, Parsons SA, Stuetz RM (2001). Odour Measurements for Sewage Treatment Works. *Water Research*, 35, 579-597.
- Hasanbeği A (2010). Energy-Efficiency improvement Opportunities in The Textile Industry. *Energy-Efficiency Improvement Opportunities for the Textile Industry*. China.
- Ioannidou O, Zabaniotou A (2007). Agricultural Residues as Precursors for Activated Carbon Production—A Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11: 1966–2005.
- İdiz A, Koçak YC, Özdemir F, Akdemir Ö, Güngör A (2017). İklimlendirme Sistemlerinde Evaporatif Soğutma Uygulamaları.13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi-Soğutma Teknolojileri Sempozyumu, 1761-1776, İzmir.
- Kalafatoğlu E, Örs N, Özdemir SS (2000). Uçucu Organik Bileşiklerin (VOC) Teknolojik ve Ekonomik Açından Optimum Geri Kazanılması ve/veya Çevreye Zararsız Hale Getirilmesi. *Arıtım Dünyası*, 18: 37-50.
- Karaaslan MA (2006). Ramöz Atık Havasından Isı Geri Kazanımı. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kastner JR, Das KC (2002). Wet Scrubber Analysis of Volatile Organic Compound Removal in the Rendering Industry. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 52: 459-469.
- Kastner JR, Das KC (2005). Comparison of Chemical Wet Scrubbers and Biofiltration for Control of Volatile Organic Compounds Using GC/MS Techniques and Kinetic Analysis. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 80: 1170–1179
- Kesselmeier J, Staudt M (1999). Biogenic Volatile Organic Compounds (VOC): An Overview on Emission, Physiology and Ecology. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 33: 23-88
- Khan FI, Ghoshal AK (2000). Removal of Volatile Organic Compounds From Polluted Air. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 13 : 527–545.
- Kılıç A (2018). Kayısı Çekirdeği ve Badem Kabuğu Karışımından Aktif Karbon Üretimi ve Sulu Ortamlardan Boyar Madde Giderimi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Kısalar Gülen B (2011). Tekirdağ İlindeki Çevre Sorunlarının Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

- Kim JC (2002). Factors Affecting Aromatic VOC Removal by Electron Beam Treatment. *Radiation Physics and Chemistry* 65 : 429–435.
- Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik. (2013). *T.C. Resmi Gazete*, 28712, 19 Temmuz 2013.
- Kolle RS, Shankarappa HT (2016), Global research on air pollution between 2005 and 2014: a bibliometric study. *Collection Building*, 35: 84-92
- Küpçü S, Çelik D, Sarmusak E (2008). Ergene Havzası Çevre Yönetimi ve Master Planı Projesi. *Havza Kirliliği Konferansı*, 1: 105-112, İzmir.
- Lacasse K, Bauman (2004). Environmental Considerations For Textile Processes and Chemicals. *Textile Chemicals: Environmental Data and Facts*, Springer Science & Business Media, Berlin Heidelberg, 484-485.
- Leson G, Winer AM (1991). Biofiltration: An Innovative Air Pollution Control Technology For VOC Emissions. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 41:8, 1045-1054.
- Li L, Liu S, Liu J (2011). Surface Modification of Coconut Shell Based Activated Carbon For the Improvement of Hydrophobic VOC Removal. *Journal of Hazardous Materials*, 192:683– 690.
- Liang C, Chena YJ, Changb KJ (2009). Evaluation of Persulfate Oxidative Wet Scrubber For Removing BTEX Gases. *Journal of Hazardous Materials*, 164: 571–579.
- Lopes TJ, Bender DA (1998). Nonpoint Sources of Volatile Organic Compounds in Urban Areas-Relative Importance of Land Surfaces and Air. *Environmental Pollution*, 101 : 221-230.
- Marsh JT (1979). An Introduction to Textile Finishing. The Finishing of Woven Fabrics. Chapman & Hall, Cilt 1, 1-552, India.
- Mayer H (1999). Air Pollution In Cities. *Atmospheric Environment*, 33: 4029-4037.
- Mujumdar AS (2015). Dryer Emission Control Systems. *Handbook of Industrial Drying*, Fourth Edition, Jumah RY, Mujumdar AS. Taylor-Francis Group, London-New York, 1015-1075.
- Odabaşı M (2017). Organik Hava Kirleticiler. <http://kisi.deu.edu.tr//melik.kara/Organik%20Hava%20Kirleticiler.pdf>. (erişim tarihi 24.12.2017).
- Okan F, Kara M, Dumanoglu Y, Altioek H, Bayram A, Odabaşı M (2017). Çeşitli Endüstrilerin Kokulu Gazlarının Ozonlama ile Gideriminin İncelenmesi. VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 256-264, Antalya.
- Nastaj JF, Ambrozek B, Rudnicka J (2005). Simulation Studies of a Vacuum and Temperature Swing Adsorption Process For the Removal of VOC From Waste Air Streams. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 33 : 80–86.
- Oğulata RT, Doba Kadem F, Koç E (1999). Tekstilde Kurutma Yöntem ve Makinaları. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Cilt 2 (229), 803-810, İzmir.
- Oğur G (2007). An Experimental Study on CO₂ and Butane Adsorption on Activated Carbon. Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Olgun B, Erdem A, Asiltürk M, Doğan G (2017). VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu. Nanopartikül Tutturulmuş Aktif Karbon ile Ortam Havasında Uçucu Organik Bileşik Gideriminin Değerlendirilmesi, 830-841, Antalya.
- Özdemir H, Karahan Y, Demir G (2015). Developing Air Pollution Early Warning System for the Marmara Region in Turkey. International Conference on Environmental Science and Technology, volume (84), 13-18, IPCBEE.
- Özdemir T (2004). Çorlu Şehri ve Yakın Çevresinde Dokuma-Mensucat (tekstil) Sanayii'nin Gelişimi ve Yeni Yayılma Alanları. Doğu Coğrafya Dergisi, 11: 189-220.
- Pillai KC, Chung SJ, Raju T, Moon Il-S (2009). Experimental Aspects of Combined NO_x and SO₂ Removal From Flue-Gas Mixture in an Integrated Wet Scrubber-Electrochemical Cell System. Chemosphere, 76 : 657–664
- Ping F, Chao-ping C, Xin-ming W, Zi-jun T, Zhi-xiong T, Ding-sheng C (2013). Simultaneous Removal of SO₂, NO and Hg⁰ by Wet Scrubbing Using Urea+KMnO₄ Solution. Fuel Processing Technology, 106: 645–653.
- Prokop WH, Bohn HL (1985). Soil Bed System for Control of Rendering Plant Odors. Journal of the Air Pollution Control Association, 35(12) : 1332-1338.
- Poddar TK, Sirkar KK (1997). A Hybrid of Vapor Permeation and Membrane-Based Absorption-Stripping For VOC Removal and Recovery From Gaseous Emissions. Journal of Membrane Science 132:229-233.
- Rahman M, Taher MA, Sultana Z, Ashaduzzaman, Mia S, Rana MS (2016). Finishing Effects on Coloured Knit Fabrics through Implementation of Effective Parameters.
- Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. (2014). *T.C.Resmi Gazete*, 29211, 20 Aralık 2014.
- Santos RM, Llanos JWP, Quadri MB, Rocha ICC (2015). Study of Drying and Consumption of Natural Gas in a Textile Stenter of Direct Heating. Drying Technology, 33: 37–54.
- Santos S, Jones K, Abdul R, Boswell J, Paca J (2007). Treatment of Wet Process Hardboard Plant VOC Emissions by A Pilot Scale Biological System. Biochemical Engineering Journal, 37: 261–270.
- Saral A (2011). İstanbul Atmosferinde Uçucu Organik Bileşik (VOC) Kirliliğinin Kaynaklarının Belirlenmesi: Pilot Ölçekli Çalışma. Tubitak, İstanbul.
- Schönberger H, Schäfer T (2003). Techniques To Consider in The Determination of Bat. Best Available Techniques in Textile Industry. Dr. Horst Fischer, Cilt 3, 153-310, Berlin.
- Solmaz SKA, Üstün GE, Morsünbül T (2009). MTBE'nin Çevresel Etkileri ve Giderimine Yönelik Arıtma Teknikleri. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 14: 169-181.
- Subrenat AS, Le Cloirec PA (2006). Volatile Organic Compound (VOC) Removal by Adsorption onto Activated Carbon Fiber Cloth and Electrothermal Desorption: An Industrial Applica. Chemical Engineering Communications, 193:4, 478-486.
- Şahin E, Bayram A (2017). Farklı Sanayi Sektörlerindeki Koku Kaynaklarının Belirlenmesi, Uygun Giderim Yöntemlerinin Seçilmesi ve Değerlendirilmesi. VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 247-255, Antalya.

- Tecer LH (2013). Akso Akriolik Kimya Sanayi A.Ş. Tesisi, poli(akrilonitril) (pan) Elyafklarının Depolandığı Bölümde Meydana Gelen Yangın Sonucunda Açığa Çıkan Emisyon ve Atıkların Bölgedeki Hava Kirliliği ve Çevreye Etkilerinin Değerlendirilmesi Raporu. Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Tekirdağ Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü 2017 Yılı Ram Bacası Durum Raporu (2017).
- Tekstil Firması Emisyon Ölçüm Raporu (2016).
- Tekstil Firması Emisyon Ölçüm Raporu (2014).
- Tokumura M, Wadab Y, Usami Y, Yamaki T, Mizukoshi A, Noguchi M, Yanagisawa Y (2012). Method of Removal of Volatile Organic Compounds by Using Wet Scrubber Coupled With Photo-Fenton Reaction – Preventing Emission of By-Products. Chemosphere 89: 1238–1242.
- Topal M, Arslan Topal EI (2013). Koku Kontrol Yöntemleri ve Yasal Mevzuat. Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 3 (1): 30-36.
- Uçak F (2010). Tekstil Terbiye İşletmelerinde Ramöz makinasında Enerji Tasarrufu. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Wark K, Warner CF (1981). Air Pollution-Its Origin and Control, Harper & Row Publishers, New York.
- Wolfrum EJ, Peterson D, Kozubal E (2008). The Volatile Organic Compound (VOC) Removal Performance of Desiccant-Based Dehumidification Systems: Testing at Sub-ppm VOC Concentrations. Hvac&R Research,14(1): 129-140.
- Wu J (2004). Modeling Adsorption of Organic Compounds on Activated Carbon-A Multivariate Approach. Doctoral Thesis, The Institute of Chemistry of the University of Neuchâtel, Neuchâtel, SCHWEIZ.
- Varınca KB, Güneş G, Ertürk F(2008). Hava Kirlleticilerinin İnsan Sağlığı ve İklim Değişikliği Üzerine Etkileri. Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü İstanbul, <http://www.yildiz.edu.tr/~kvarınca/Dosyalar/Yayinlar/yayin020.pdf> (erişim tarihi, 27.03.2017).
- Xie R, Ji J, Guo K, Lei D, Fan Q, Leung DYC, Huang H (2019). Wet Scrubber Coupled With UV/PMS Process for Efficient Removal of Gaseous VOCs: Roles of Sulfate and Hydroxyl Radicals. Chemical Engineering Journal, 356: 632–640.
- Yeşil Ç (2019). Kireç Bazlı Islak Baca Gazı Desülfürizasyon Sistemleri (wet scrubber). www.barismuhendislik.com.tr/pdf/baca-gazi-desulfurizasyon-filtre-sistemleri.pdf (erişim tarihi, 08.02.2019).
- Yıldırım Y, Akyüz M (2007). Zonguldak Şehir Atmosferinde Uçucu Organik Bileşiklerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin İncelenmesi. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Tübitak, Zonguldak.
- Yılmaz M (2016). Gıda Fermantasyon Sektöründen Kaynaklanan Koku Emisyonlarının Biyofiltre Sistemi Kullanılarak Giderilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Yeliz TAHİROĞLU 1993 yılında Tekirdağ'da doğdu. İlköğretim ve liseyi Tekirdağ'da tamamladı. 2011-2015 yılları arasında Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimini tamamladı. 2016 yılında Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2017 yılı ocak ayı itibariyle C sınıfı iş sağlığı ve güvenliği uzmanlık belgesini alarak iki yıl süreyle tam zamanlı olarak bir tekstil firmasına hizmet verdi.

