



T.C.

**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**AKTİF KARBONLU FİLTRE İLE EN 779 STANDARDINA AİT F8
SINIFI MALZEMENİN TOZ TUTMA KAPASİTESİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

MELTEM ALTIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya/HATAY

TEMMUZ-2010

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKTİF KARBONLU FİLTRE İLE EN 779 STANDARDINA AİT F8
SINIFI MALZEMENİN TOZ TUTMA KAPASİTESİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

MELTEM ALTIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Selçuk MISTIKOĞLU danışmanlığında hazırlanan bu tez
08/07/2010 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr.Selçuk MISTIKOĞLU Doç.Dr.Hakan YAVUZ Yrd.Doç.Dr. Ersin ÖZDEMİR
Başkan Üye Üye

Bu tez Enstitümüz Makine Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Doç.Dr. Erdal YILMAZ
Enstitü Müdür V.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, sekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Hava Temizleyici Cihazların Performansları Üzerine Yapılmış Bazı Test ve Sonuçları.....	7
2.1.1. Robens Sağlık ve Güvenlik Enstitüsü (İngiltere).....	7
2.1.2. Çalışma Ortamında Yapılan Test	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1. Materyal.....	11
3.1.1. Karbon	11
3.1.1.1. Karbonun Doğada Bulunuşu	12
3.1.1.2. Karbon Kaynakları	13
3.1.1.3. Karbon Allotropları	13
3.1.1.4. Karbonun Kullanım Alanları.....	14
3.1.2. Aktif Karbon	16
3.1.2.1. Aktif Karbonun Genel Özellikleri	17
3.1.2.2. Aktif Karbonun Yüzey Alanı	17
3.1.2.3. Aktif Karbonun Gözenek Büyüklüğü	18
3.1.3. Aktif Karbon Türleri.....	21
3.1.3.1. Toz Aktif Karbon [Powdered Activated Carbons (PAC)].....	21
3.1.3.2. Granül Aktif Karbon [Granular Activated Carbon (GAC)].....	22
3.1.3.3. Küresel Aktif Karbon.....	22
3.1.4. Aktivasyon Teknikleri	23
3.1.4.1. Kimyasal Aktivasyon.....	23
3.1.4.2. Gaz Aktivasyonu	23
3.1.5. Adsorpsiyon	24
3.1.5.1. Adsorpsiyon Çeşitleri	25

3.1.5.1.1. Fiziksel Adsorpsiyon	25
3.1.5.1.2. Kimyasal Adsorpsiyon.....	25
3.1.5.1.3. Elektrostatik Adsorpsiyon.....	26
3.1.6. Adsorbanın Geri Kazanılması.....	26
3.1.7. Katı Faz Üzerinde Adsorpsiyon Desorpsiyon İşlemleri.....	26
3.1.8. Aktif Karbon Filtreler	27
3.1.8.1. Aktif Karbon Filtrelerin Gaz ve Partikül Tutma Kabiliyetleri.....	33
3.1.8.2. Aktif Karbon Filtrelerin Kullanım Alanları	38
3.1.9. Denejde Kullanılacak Aktif Karbonun Seçimi ve Özelliği.....	42
3.1.10. Denejde Kullanılacak F8 Malzemenin Özelliği	43
3.2. Yöntem	45
3.2.1. Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) (Air Quality Index - AQI)	45
3.2.1.1. HKİ Değerlerinin Anlamı	45
3.2.1.2. Hava Kalitesi İndeksi HKİ: OZON - O ₃	47
3.2.1.2.1. Faydalı Ozon:	47
3.2.1.2.2. Zararlı Ozon:	48
3.2.1.2.3. Sağlık Etkileri ve En Riskli Gruplar:	48
3.2.1.3. Hava Kalitesi İndeksi HKİ: Partiküler Madde Kirliliği.....	49
3.2.1.3.1. Partiküler kirlilik:	50
3.2.1.3.2. Sağlık Etkileri ve En Riskli Gruplar:.....	50
3.2.1.4. Hava Kalitesi İndeksi HKİ: Karbon Monoksit (CO).....	51
3.2.1.4.1. Sağlık Etkileri ve En Riskli Gruplar:.....	52
3.2.2. TS 932.....	52
3.2.2.1. Konu	52
3.2.2.2. Kapsam	52
3.2.2.3. Sınıflar.....	52
3.2.2.4. Tipler.....	53
3.2.2.5. Özellikler.....	53
3.2.2.5.1. Performans	53
3.2.2.5.2. Yapılış	53
3.2.2.6. Denejler	53
3.2.3. TS ISO 5011.....	54

3.2.3.1. Kapsam	54
3.2.3.2. Terimler, Tarifler, Semboller ve Birimler.....	54
3.2.3.2.1. Hava filtresi (hava temizleyici)	54
3.2.3.2.2. Filtre elemanı.....	54
3.2.3.2.3. İkinci eleman	54
3.2.3.2.4. Denenen ünite.....	54
3.2.3.2.5. Tek kademeli hava filtresi.....	54
3.2.3.2.6. Çok kademeli hava filtresi	55
3.2.3.2.7. Toz tutucu (ön filtre).....	55
3.2.3.2.8. Deney hava debisi.....	55
3.2.3.2.9. Beyan hava debisi.....	55
3.2.3.2.10. Süpürme hava debisi	55
3.2.3.2.11. Statik basınç	55
3.2.3.2.12. Kısılma	55
3.2.3.2.13. Fark basıncı	55
3.2.3.2.14. Basınç kaybı	55
3.2.3.2.15. Mutlak filtre.....	56
3.2.3.2.16. Etkinlik.....	56
3.2.3.2.17. Kapasite.....	56
3.2.3.2.18. Yağ kaybı	56
3.2.3.2.19. Deney bitiş şartları.....	56
3.2.3.2.20. Otomotiv uygulaması.....	56
3.2.3.2.21. Endüstriyel uygulama	56
3.2.3.3. Semboller ve Birimler.....	56
3.2.3.4. Ölçme doğruluğu.....	57
3.2.3.5. Standart şartlar.....	57
3.2.3.6. Deney malzemeleri ve deney şartları.....	58
3.2.3.6.1. Deney tozu.....	58
3.2.3.6.2. Filtre.....	58
3.2.3.6.3. Mutlak filtrenin etkinliğinin geçerliliği (Ea).....	58
3.2.3.6.4. Mutlak filtre kütlesi	59
3.2.3.6.5. Sıcaklık ve nem	59

3.2.3.7. Otomotiv uygulamaları için kuru tip hava filtresi deney işlemi.....	59
3.2.3.7.1. Deney Teçhizatı.....	59
3.2.3.7.2. Etkinlik deneyi.....	62
3.2.3.7.2.1. Amaç	62
3.2.3.7.2.2. Tipler	62
3.2.3.7.2.3. Deney işlemi – Mutlak filtre metodu	62
3.2.3.7.3. Kapasite deneyi	64
3.2.3.7.4. Değişken hava debi deneyi.....	65
3.2.4. Deneyi Yapılacak Filtrenin Teknik Resmi	66
3.2.5. Deney Koşullarının Belirlenmesi	67
3.2.6. Kısılma ve Fark Basıncı Deneyi.....	67
3.2.7. Etkinlik ve Kapasite Deneyi	69
3.2.7.1. Kapasite Deneyi Formülü	69
3.2.8. Filtre Elemanı Basınç Çökmesi Deneyi.....	71
3.2.9. Aktif Karbon Filtrede Uygulanan Etkinlik Deneyi	71
3.2.9.1. % 50’ de Etkinlik Deneyi.....	71
3.2.9.2. % 75’ te Etkinlik Deneyi.....	72
3.2.9.3. % 100’ de Etkinlik Deneyi.....	73
3.2.9.4. % 125’ te Etkinlik Deneyi.....	74
3.2.9.5. % 150’ de Etkinlik Deneyi.....	76
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	77
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	88
KAYNAKLAR.....	94
TEŞEKKÜR	95
ÖZGEÇMİŞ.....	96
EKLER.....	97
EK 1:	97
Ek 2:	98
Ek 3:	99
Ek 4:	100
Ek 5:	101
Ek 6:	102

Ek 7:	103
Ek 8:	104
Ek 9:	105
Ek 10:	106
Ek 11:	107
Ek 12:	108
Ek 13:	110
Ek 14:	112
Ek 15:	113
Ek 16:	114
Ek 17:	115
Ek 18:	116
Ek 19:	117
Ek 20:	118

ÖZET

1900' lü yılların başında, aktif karbon üretiminin temelini oluşturan patentler yayınlanmıştır. Bu patentler, bugün bile hala geçerli olan aktif karbon üretiminin iki temel prensibini açıklamaktadır. Bunlar kimyasal ve gaz aktivasyonu metotlarıdır.

1920'li yıllarda, aktif kömür su arıtılmasında kullanılmaya başlanmıştır. 1927 yılında Almanya'da içme suyundaki klorofenol kokusu büyük problem oluşturmuş, şehir suyunun filtrelenmesinde aktif karbon kullanımı büyük önem kazanmıştır. 1932 yılına gelindiğinde Amerika'da 400 fabrika, 1943 yılında ise yaklaşık 1200 fabrika istenmeyen kokuların kontrolünde aktif karbonu kullanmıştır.

Aktif karbon, geniş iç gözenek yapısı ve iç yüzey alanına sahip olması özellikleriyle, gaz ve sıvıların içindeki birçok organik molekölü, kimyasalı ve kokuyu kendi iç yüzeyinde adsorbe etmektedir. Bu nedenle; hava kirliliğini kontrol etmede, hava ve su arıtımında, solunum aygıtlarında, gaz maskelerinde, dezenfektan amaçlı steril cihazlarda, kan temizleme cihazlarında ve yoğun bakım ünitelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada; aktif karbon filtrenin toz tutma kapasitesi incelenerek ölçülmüştür. Deneyde lamine edilmiş aktif karbon filtre kullanılmıştır. Aktif karbon malzeme ile EN 779 standardına ait olan F8 sınıfı malzemenin toz tutma kapasiteleri mukayese edilmiştir.

Bu çalışmada yapılan ölçümler TS 932 Standardı'na uygun deney setinde gerçekleştirilmiştir. Aktif karbon filtreye, belli aralıklarla, standartlarda belirlenen miktarda deney tozu verilerek filtrenin verimi ölçülmüştür. Elde edilen veriler, aktif karbon filtrenin toz tutma kapasitesinin %90'ın üzerinde verim sağlayacak kadar yüksek olduğunu ve F8'den daha iyi olduğunu göstermiştir.

ABSTRACT

In the early 1900s', the basis of the current production of activated carbon patents were published. These patents explain the two main principles still in use today. These principles are named as chemical and gas activation methods.

The first use of activated carbon was at the treatment of water in the 1920s'. During the year 1927, in Germany, residents come to realize that the drinking water contained considerable amount of chlorophenol odor and it was successfully eliminated via the use of activated carbon in the filtration process. In this occasion activated carbon gained significant importance. After that time during the 1932 the activated carbon filtration was successfully used by 400 factories in the USA. Following that during the year 1943 the efficiency of the application of activated carbon filtration has been sought by another 1200 factories which had successfully implemented the similar filtration techniques.

Due to its porous structure and therefore its extensive filtration characteristics activated carbon eliminates via adsorbing various organic molecules in gases and liquids. For this reason activated carbon is widely used in the filtration process of such applications as air pollution control, water treatment and air filtration, in the filters of respiratory devices, gas masks, as a disinfectant in sterilisation devices, blood cleaning purposes, the filtration of air in intensive care rooms.

In this study, we have analyzed activated carbon filters effect on dust filtration. The filtration performance of the filter has been tested using a laminated non-woven activated carbon filter. Also a comparative study of dust filtration capacities of an F8 class filter (according to EN 779) and an activated carbon filter is made.

This study is performed at a test stand that conforms to the TS 932 standard. During the tests, the test dust is fed to the test stand on regular intervals and related dust filtration capacities are examined. The results of the test indicate that the dust filtration capacity of the activated carbon filter is over %90 and its performance is better than F8.

2010, 118 pages

Key Words: Dust filtration, activated carbon, activated carbon filters, air quality.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C	Karbon
AC	Aktif Karbon (Activated Carbon)
PAC	Toz Aktif Karbon (Powdered Activated Carbons)
GAC	Granül Aktif Karbon (Granular Activated Carbons)
BET	BET (Braunauer, Emmett ve Teller) - Yüzey karakterizasyon cihazı
N ₂	Azot
O ₃	Ozon
CO	Karbon Monoksit
PE	Polietilen
SI	Uluslararası Ölçüm Sistemi (Fransızca: Système international d'unités)
PNEUROP	Avrupa Kompresör, Vakum Pompası ve Pnömatik Ekipman İmalatçıları Komitesi
AQI	Hava Kalitesi İndeksi (Air Quality Index)
SS	Su Sütunu
μ	Mikron
μm	Mikrometre (1 μm. = 0.001 milimetre)
q _v	Hacim Debisi (hava)
v	Hız
ρ	Yoğunluk
q _m	Kütle debisi (toz)
p	Basınç
Δp _r	Kısılma
Δp _d	Fark basıncı
Δp _l	Basınç kaybı
m	Kütle
t	Zaman
Pa	Pascal
g	Gram
s	Saniye
B	Deney tozunun malzeme dengesi
Ea	Mutlak filtre etkinliği

Δm_A	Giriş tarafındaki mutlak filtrenin kütle artışı
Δm_B	Çıkış tarafındaki mutlak filtrenin kütle artışı
Δm_F	Mutlak filtre kütledeki artış
Δm_U	Denenen ünitenin kütledeki artış
m_D	Beslenen tozun toplam kütlesi
Δm_t	Her bir zaman aralığı sonunda kütledeki artış
t_i	Aralığın sonundaki toplam zaman
t_T	Deneyin sonundaki toplam zaman
Δm_{UT}	Deneyin sonunda, denenen ünitenin kütledeki toplam artış

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Aktif karbonun gözenek ve yüzey alanı (Uyanık, 2009).....	18
Çizelge 3.2. Tipik bir aktif karbondaki gözenek boyutları (Henning vd., 1990).....	20
Çizelge 3.3. Aktif karbon tipi, bazı kullanım yerleri ve faydaları.....	28
Çizelge 3.4. Aktif Karbon Filtre Verimlilik Çizelgesi	29
Çizelge 3.5. Pneurop Talimatları 6611	30
Çizelge 3.6. Filtre seçiminde dikkat edilecek hususlar.....	31
Çizelge 3.7. Aktif Karbon Filtre Verimlilik Ç izelgesi	33
Çizelge 3.8. HKİ (AQI) değerleri.....	46
Çizelge 3.9. Ozon için HKİ (AQI) değerleri.....	47
Çizelge 3.10. Partiküller için HKİ (AQI) değerleri.....	49
Çizelge 3.11. Karbon Monoksit için HKİ (AQI) değerleri.....	51
Çizelge 3.12. Sembol ve Birimler	57
Çizelge 3.13. Tavsiye Edilen ISO Toz Püskürtücüleri (Şekil B.2 ve Şekil B.3)	60
Çizelge 3.14. Kısılma ve Fark Basıncı Deneyi Verileri	67
Çizelge 3.15. Etkinlik ve kapasite deneyi verileri.....	69
Çizelge 5.1. Aktif Karbon ile F8 Malzemenin Karşılaştırılması.....	90
Çizelge 5.2 Aktif karbon malzemeli filtre ile F8 malzemeli filtrenin zamana bağlı basınç değişim değerleri.....	91
Çizelge 5.3. Aktif karbon malzemeli filtre ile F8 malzemeli filtrenin zamana bağlı verim değerleri.....	93

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Partikül Konsantrasyon Değişimi	8
Şekil 2.2. Örnek Ofis Yerleşim Planı	9
Şekil 2.3. Zamana bağlı olarak partikül miktarındaki azalma miktarı	10
Şekil 3.1. Karbon Kimlik Kartı ve Atomu	11
Şekil 3.2. Elmas	12
Şekil 3.3. Grafit	12
Şekil 3.4. Grafit'te Atomların Bağlanması	13
Şekil 3.5. Elmas'ta Atomların Bağlanması	14
Şekil 3.6. Fulleren'de Atomların Bağlanması	14
Şekil 3.7. Küresel Karbon Döngüsü	16
Şekil 3.8. Aktif Karbon	16
Şekil 3.9. Aktif karbonun gözenek yapısı. Fotoğraf TEM ile alınmıştır.	18
Şekil 3.10. Aktif karbon yapısının boyutlarına göre sınıflandırılması	19
Şekil 3.11. Şematik Olarak Aktif Karbon Modeli	19
Şekil 3.12. Aktif karbon gözenek yapısı ve partikül tutma özellikleri	20
Şekil 3.13. Toz Aktif Karbon	21
Şekil 3.14. Granül Aktif Karbon	22
Şekil 3.15. Adsorbentin içerik sınıflandırılması	24
Şekil 3.16. Katı faz üzerinde adsorpsiyon desorpsiyon işlemleri	27
Şekil 3.17. Aktif Karbon	28
Şekil 3.18. Debinin bir fonksiyonu olarak filtredeki basınç kaybı	32
Şekil 3.19. Aktif Granül Karbon Filtre	33
Şekil 3.20. Lamine Aktif Karbon Filtre Yapısı	43
Şekil 3.21. F8 Malzemenin Yapısı	43
Şekil 3.22. EN 779 standardına ait hassas filtre sınıflarının teknik özellikleri	43
Şekil 3.23. Filtre Sınıfları	44
Şekil 3.24. Deneyi yapılacak filtrenin teknik resmi	66
Şekil 3.25. Lamine edilmiş aktif karbon filtre malzemesi	67
Şekil 3.26. Basınç farkı – debi değerleri	68
Şekil 3.27. Basınç farkı – zaman değerleri	70
Şekil 3.28. % 50' de Yapılan Etkinlik Deneyinde Toz Tutma Verimi	72

Şekil 3.29. % 75' te Yapılan Etkinlik Deneyinde Toz Tutma Verimi.....	73
Şekil 3.30. % 100' de Yapılan Etkinlik Deneyinde Toz Tutma Verimi.....	74
Şekil 3.31. % 125' te Yapılan Etkinlik Deneyinde Toz Tutma Verimi.....	75
Şekil 3.32. % 150' de Yapılan Etkinlik Deneyinde Toz Tutma Verimi.....	76
Şekil 4.1. Havada bulunan kirleticiler ve boyutları.....	78
Şekil 4.2. Partikül Tablo	80
Şekil 4.3. Aktif Karbon Filtrenin Bazı Kimyasalları Filtreleme Etkisi.....	82
Şekil 4.4. Aktif Karbon Filtrenin Koku ve Egsoz Atıkları İle Duman Filtreleme Etkisi.....	86

1. GİRİŞ

Çevremize baktığımızda her şeyin dünya üzerinde yaşamın oluşması için özel olarak tasarlanmış olduğunu fark ederiz. Molekül seviyesine indiğimizde ise bu özel tasarım kendisini daha açık ve benzersiz şekilde gösterir. Gözle görülmeyen atomların bir araya geldikleri dünyada, her şey kusursuzdur. Bu kusursuz sistemdeki özel tasarıma verilebilecek örneklerden biri karbon elementidir. Karbonu yaşam için bir şart haline getiren, bu molekülün yeryüzündeki hemen hemen her şeyin, arabamızın lastiklerinden bilgisayarımıza, kullandığımız doğal gazdan selüloza, yediğimiz etten hücrelerimizin içindeki DNA'ya kadar her şeyin temelini teşkil eden bir element olmasıdır. [Anonim, 2009a]

Hücre zarından ağaç kabuğuna, göz merceğinden bir geyiğin boynuzlarına, yumurta beyazından yılan zehrine kadar son derece farklı organik yapıların hepsi, karbon temelli bileşiklerden oluşur. Karbon, hidrojen, oksijen ve azot atomlarıyla çok farklı geometrik şekil ve sıralamalarda birleşerek, son derece farklı maddeler meydana getirir [Anonim, 2009b]. Karbon, yaklaşık olarak 1,7 milyon kadar bileşik yapabilmektedir.

Karbonun en önemli özelliklerinden birisi, birbiri ardınca dizilerek çok kolay zincir oluşturabilmesidir. En kısa karbon zinciri 2 karbon atomundan oluşur. En uzun zincirin kaç karbon atomundan oluştuğu konusunda ise kesin bir rakam verilememekle birlikte, yaklaşık olarak 70 halkalı bir zincirden bahsedilebilir. Karbon atomundan sonra en uzun zincir oluşturabilen atom, 6 halka ile silisyum atomudur. Bu da karbon atomunun olağanüstü durumunu ortaya koymaktadır [Anonim, 2009b].

Yeryüzünde çeşitli şekillerde bir araya gelmiş yaklaşık 2 milyon farklı yapıda bileşik bulunduğu hesaplanmaktadır. Bu bileşikler sadece iki atomun bir araya gelmesi ile oluşabildiği gibi, milyonlarca atomun bir araya gelmesi ile de oluşabilir. İlginç olan, elementlerin her birinin "kendine has" bileşik meydana getirme özelliklerinin olmasıdır. Kimi elementler, bir başka elementle hiçbir şekilde birleşmezler. Kimileri de sadece bir veya iki bileşik meydana getirirler. Ancak karbon elementi bütün bunlardan farklıdır. Tek başına 1.700.000 farklı tipte bileşik meydana getirebilmektedir. Yeryüzündeki farklı bileşiklerin toplam sayısının iki milyon olduğunu dikkate aldığımızda karbon dışındaki diğer elementlerin sadece toplam 300.000 bileşik meydana getirdiklerini

görürüz. Karbon, doğadaki hemen her şeyle birleşebilir ve bu birliktelikten yaşam için son derece büyük öneme sahip güzellikler çıkar. Bunun anlamı şudur: Karbon büyük bir tasarım harikasıdır. [Anonim, 2009a]

Karbonun bileşikler oluşturabilmesi için gerekli olan sıcaklık aralığı -20 ile 120°C 'dir. Karbon bileşikleri -20°C 'de donmaya, 120°C 'de parçalanmaya başlarlar. Olağanüstü sıcaklıklar ve dondurucu soğuklar barındıran dev uzayda, karbonun bileşikler oluşturmasını sağlayacak tek sıcaklık aralığı dünyada mevcuttur. Bu son derece hassas bir sıcaklık aralığıdır. Bir kıyas yapmak gerekirse, Güneş Sistemi'nde Dünya'dan bir önceki gezegen olan Venüs'te sıcaklık yaklaşık 450°C , Dünya'dan bir sonraki gezegen olan Mars'ta ise -53°C 'dir. Bu kavurucu sıcaklık ve dondurucu soğuklukta karbon elementinin canlı bileşikler meydana getirmesi imkânsızdır. Uzayda milyarlarca derece sıcaklıktaki yıldızların, aynı zamanda da mutlak sıfır kabul edilen -273.15°C 'lik uzay boşluklarının olduğu da unutulmamalıdır. Dolayısıyla Dünya, karbonun oluşması ve bileşikler meydana getirmesi için gerekli olan şartlara sahip, bilinen tek gezegendir. [Anonim, 2009a]

Karbon tüm organik bileşiklerde temel yapı taşlarının oluşumunu sağlar. Aktif karbon üretiminde birçok organik hammadde kullanılır. Aktif karbon imalatında tercih edilen hammaddeler ve üretim yöntemi ilgili kullanım alanı, prosesin yapısı, ortamdan uzaklaştırılacak istenmeyen maddelerin özellikleri, maliyet unsurları faktörlerine göre tercih edilir. Üretim yöntemi temel olarak buharla aktifleştirilmiş veya kimyasal olarak aktifleştirme olarak ikiye ayrılabilir. Hammadde seçiminde ise orman yangını ve selüloz artıklarından, odundan, meyve çekirdeklerine, kömür veya hayvansal kökenli kan veya serumlarından elde edilir. Burada seçim tamamen kullanım yeri ile ilgilidir. Fiyatlar arasındaki büyük farklara rağmen kömürden elde edilen aktif karbonun kandan elde edilen aktif karbona herhangi bir üstünlüğü yoktur. Burada seçim tamamen kullanım yeri ile belirlenir [Anonim, 2009c].

Yaygın olarak kullanılan endüstriyel adsorbanlar¹ arasında çevre kirliliğini kontrol amacıyla kullanılan adsorbanların en önemlisi, yüksek gözenekliliğe sahip aktif karbonlardır. Aktif karbonlar, yüksek gözenekliliğe ve iyi bir adsorban olması özellikleri ile endüstride ve günlük hayatımızda, çevre kirliliğini kontrol, ağartma, koku giderme gibi çeşitli amaçlarla sıklıkla kullanılırlar. Ticari olarak aktif karbonlar, odun,

¹ Adsorban, bir yüzeye tutunan maddedir. Sıvı ya da gaz olabilir.

turba, linyit, kömür, mangal kömürü, kemik, Hindistan cevizi kabuğu, pirinç kabuğu, fındikkabuğu ve yağ ürünlerinden elde edilen karbonların çeşitli işlemlerden geçirilerek aktive edilmesiyle elde edilirler.

Eski çağlarda karbon sadece yakıt olarak değil, farklı amaçlar için de kullanılmıştır. Mısır papirüslerinde karbonun tıbbi amaçlarla kullanıldığına rastlanmıştır (MÖ 1500). Eski Hintliler, içme sularını kok kömüründen geçirip filtre etmişlerdir [McDouGall, 1991].

Japonya'da MS 13. yüzyılda Kashiwara Jingu, Nara'da inşaa edilmiş eski bir türbenin içerisinde kok kömürü filtresi kullanılan bir kuyu bulunmuştur [Stavitskaya, 2000].

1773'te, Scheele tarafından aktif karbonun gaz adsorpsiyon özelliği keşfedilmiştir. 1785'te Lowitz, odun kömürünün birçok sıvıları renk giderme özelliği olduğunu gözlemlemiştir. 1808'de, şeker pancarı ve şeker kamışı endüstrilerinde hammaddesi kemik olan aktif karbon kullanılarak ağartma işlemi gerçekleştirilmiştir. İlk uygulamalarda, toz halindeki kemik charları², bir kullanımdan sonra atılmaktaydı, fakat daha sonra bu kullanılan karbonların rejenere edilerek tekrar kullanılabilceği saptanmıştır. 1828 yılında granül halindeki kemik charları geliştirilmiş ve o zamana kadar kullanılan proseslere adapte edilmiştir. Sonraki yıllarda bu prosesler geliştirilmiştir. Günümüzde şeker kamışı endüstrisinde renk giderme işleminde halen aktif karbon kullanılmaktadır [Anonim, 2010a].

1915'te 1. Dünya Savaşı sırasında Almanlar klor gazını silah olarak kullanmışlardır. Bu gaz insanların nefes almalarını engelleyip, boğulmalarına sebep olmaktaydı. Rüzgârla dağılan bu gaza karşı her iki taraf da korunma yolunu bilmiyordu. Bu durum, zaman zaman Alman askerlerinin de ölmesine neden olmaktaydı. Alınanların bu gaza karşı korunmak için aktif karbon içeren gaz maskeleri kullanmaya başlaması, aktif karbonun ilk olarak savunma amaçlı kullanımını gündeme getirmiştir [Anonim, 2010a].

Aktif karbonun en önemli uygulama alanı sudan tat, koku, renk verici ve istenmeyen organik kirliliklerin uzaklaştırılması işlemidir. Birçok ecza ve kimya ürünlerinin saflaştırılmasında gaz faz uygulaması olarak karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda aktif karbonun hidrometalurji alanında altın, gümüş ve molibdenin geri

² char = kömür

kazanımındaki uygulamaları giderek artmaktadır. Günümüzde aktif karbonlar doğrudan veya dolaylı yollarla da olsa gündelik hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir [Hassler, 1967].

Aktif karbonun, dünyadaki çevresel uygulama ve su temizleme alanlarındaki kullanımı, yıllık 300.000 ton olup, bu değer her yıl %7 oranında artış göstermektedir [Lussier vd., 1994].

Hava kirliliğine neden olan partiküller atmosferde daha çok gezer halde bulunurlar. Boyutları açısından büyük farklılıklar gösterirler. Bunlardan en küçüğü 1 mikronun altında iken iri olanlarının çapları 200 mikronu geçer. Örneğin herhangi bir dumanlı ortamda 500 mikronluk kaba bir partikülün içerisinde 2 milyon civarında 0,3 mikronluk ufak partikül vardır. İşte, gerek çevre kirliliğini arttıran ve gerekse insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen bu ufak çaptaki partiküllerin atmosferde ve kişilerin bulunduğu ortamlarda kontrol altına alınması gereklidir. Hava filtrasyon tekniği adı verilen bu kontrol işi; dış atmosfer kontrolü söz konusu olduğu durumlarda toz toplama ve çevre kirliliği kontrol sistemleri ile iç atmosfer yani çalışma ortamı söz konusu olduğu hallerde ise uygulamanın türüne ve istenilen hassasiyete göre çeşitli tiplerde filtreler kullanılarak yapılır [Anonim, 2010b].

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Aktif karbonun bilinen en eski kullanımı M.Ö. 3750 yıllarına dayanmaktadır. Mısırlılar ve Sümerliler bronz üretiminde bakır, kalay ve çinkonun redüksiyonunda ağaç kömürünü kullanmışlardır [Patrick, 1995]. Odun kömürünün tıp alanında kullanımına ilişkin bilgilere M.Ö. 1550 yıllarına ait Mısır papirüslerinde, daha sonra da Hipokrates ve Pliny kayıtlarında rastlanmıştır. Hipokrates ve Pliny'nin kayıtlarına göre odun kömürü, epilepsiden şarbona kadar geniş bir alanda tedavi amaçlı olarak kullanılmıştır [Patrick, 1995].

Aktif karbon, endüstriyel alanda ilk defa 1811 yılında İngiltere'de, çok az miktarda karbon içeren kemik külü ile şeker çözeltilsinin renksizleştirilmesi işleminde kullanılmıştır. Kemik külünün yapısı kalsiyum fosfat ve çok az miktarda karbondan oluşmaktadır. Bu nedenle gerçek anlamda karbon değildir [Kirk Othmer, 1992]. Bitkisel maddelerden renk giderici olarak kullanılan odun kömürü eldesi 1856-1863 yılları arasında İngiliz patenti olarak yayınlanmıştır [Ullman's, 1986].

1900'lü yıllarda, aktif karbonun üretimi ve geliştirilmesinde iki önemli prosesin patenti alınmıştır. İlk ticari ürünler Eponit patenti altında 1909 yılında ağaç esaslı başlangıç malzemesi, 1911 yılında da turba esaslı başlangıç malzemesi kullanılarak Avrupa'da üretilmiştir.

Aktif karbonun Amerika'daki ilk üretimi 1913 yılında Westvaco Corp. tarafından Filteher adı altında, başlangıç malzemesi olarak kağıt üretim prosesinin bir yan ürünü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. I. Dünya Savaşı sırasında ortaya çıkan ihtiyaçlar, aktif karbonun gelişiminde büyük rol oynamıştır. 1918 yılında, koruyucu gaz maskelerinde kullanılmak üzere Hindistan cevizi kabuğundan sert granül aktif karbon üretilmiştir. Savaşın ardından aktif karbon şeker pancarının rafine edilmesi ve içme suyunun saflaştırılmasında ticari anlamda geniş uygulama alanı bulmuştur. 2. Dünya Savaşı'yla birlikte Filipinler ve Hindistan kaynaklı Hindistan cevizi ticaretinin sekteye uğraması, yerel hammadde kullanımını zorunlu kılmıştır. Buna bağlı olarak 1940 yılında kömürden aktif karbon üretimine geçilmiştir. Takip eden yıllarda aktif karbon üretimi ve kullanımına yönelik gelişme ve yenilikler geri dönüşüm yapabilir ürün ihtiyacına ve çevre kirliliğini engelleme amacına uygun olarak ilerlemiştir [Kirk Othmer, 1992].

Bugüne kadar yapılan çalışmalar göz önüne alındığında; kayısı çekirdeği, ceviz, fındık ve badem kabukları için en çok uygulanan aktivasyon yönteminin kimyasal

aktivasyon olduğu görülmektedir. 1970'lerden beri bu amaçla kullanılan en yaygın metot $ZnCl_2$ (çinko klorür) ile yapılan yöntemdir [Patrick, 1995].

Kinbakaran ve arkadaşları (1991), Hindistan cevizi kabuklarını kimyasal aktivasyonla aktive edip, akışkan yatakta aktif karbon üretimini etkileyen parametreleri incelemişlerdir. Çalışmada kimyasal olarak $ZnCl_2$ ve H_2PO_4 seçilmiş ve her ikisinin akışkan yatak ve sabit yatak kullanılması durumundaki etkileri araştırılmıştır. Bunun için üretilen aktif karbonların fenol adsorpsiyonu ve iyot sayısı testleri yapılmıştır. Sonuç olarak en verimli üretim koşullarının, $ZnCl_2$ ile aktive edildikten sonra akışkan yatakta iki saat karbonize edilen ürünlerde olduğu tespit edilmiştir.

Balcı ve arkadaşları tarafından (1994) yapılan çalışmada başlangıç malzemesi olarak badem ve fındikkabuğu seçilmiştir. Kabuklar 12–16 mesh³ arası boyutlandırılmıştır. Aktivasyon kimyasalı olarak NH_4Cl (amonyum klorür) kullanılmış ve kabuklar 543–1123 °K arasında karbonize edilmiştir. Elde edilen ürünün elementel analizi, gözenek hacmi, yüzey alanı ve iyot sayısı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre NH_4Cl kullanılarak sıcaklığın en az 523 °K olması koşuluyla badem ve fındikkabuğundan büyük yüzey alanlı aktif karbon üretiminin mümkün olduğu saptanmıştır.

Gonzalez ve arkadaşları (1994) zeytin çekirdeği kabuğundan aktif karbon üretimi için çalışmalar yapmıştır. Bu amaçla zeytin çekirdeği kabukları 1–3,5 mm tane boyutuna getirilmiş ve aktivasyon yöntemi fiziksel aktivasyon olarak seçilmiştir. Kızgın buhar ile yapılan aktivasyon, geniş por hacimli aktif karbon üretimine olanak sağlamıştır.

Gergova ve arkadaşları tarafından (1996) yapılan çalışmada kayısı çekirdeği kullanılmıştır. Kayısı çekirdeği kabukları öncelikle 1-3 mm tanecik boyutuna getirilmiş ve termal aktivasyon yöntemiyle aktif karbon üretimi gerçekleştirilmiştir. İyi bir gözenek yapısına ve yüksek yüzey alanına ulaşabilmek için tek adımlı aktivasyonda düşük sıcaklıkta uzun reaksiyon süresi, iki adımlı aktivasyonda ise daha yüksek sıcaklık ve daha kısa aktivasyon süresinin gerekli olduğu görülmüştür.

Toles ve arkadaşları tarafından (2000) yapılan çalışmada 10x20 mesh (2mmx0.84mm) boyutuna sınıflandırılan badem kabuklarına 6 farklı aktivasyon/oksidasyon koşullarında fosforik asit aktivasyonu uygulanmıştır. Bu

³ Mesh sayısı 1 inch'teki (2,54 cm) delik sayısıdır.

yöntemlerin her biri badem kabuklarının ağırlıkça 1/1 oranında %50'lik fosforik asitle oda sıcaklığında karışmasını içermektedir. Bunu takiben numune aktivasyon tipine bağlı olarak azot veya sıkıştırılmış havanın kullanıldığı kontrollü atmosfer fırınına yerleştirilmiş ve öncelikle 443 °K gibi düşük bir sıcaklıkta 0,5–1 saat tutulmuştur. Daha sonra 723 °K gibi daha yüksek bir sıcaklıkta ısıtma işlemi ve bu sıcaklıkta 1 saat bekleme süresi uygulanmıştır. Elde edilen ürünler kendi aralarında ve iki ticari aktif karbonla yüzey alanları, verim, yüzey fonksiyonel grupları ve yaklaşık maliyet açısından karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda en yüksek performansı gösteren ve en düşük maliyetli granül aktif karbon hava aktivasyonu yöntemiyle elde edilmiştir.

Alvim Ferraz ve arkadaşları tarafından (2000) yapılan bir çalışmada hammadde olarak badem kabuğu ve aktivasyon kimyasalı olarak da %10'luk H₂SO₄ seçilmiştir. Bu çalışmada karbonizasyon öncesi ve sonrası CoO, Co₃O₄, CrO₃ bileşiklerini emdirilen ürünlerin karakteristikleri incelenmiştir. Buna göre; emdirme işleminin kimyasal aktivasyondan sonra yapılması durumunda; emdirme işleminin, mikro ve mezo porların oluşumunu önemli oranda etkilediği, emdirme işleminin, heterojen mikropor oluşumuna etkisinin olmadığı, katalist görevi gören tuzlar, mikro ve mezo porların ilk yapısını bozmamak için iç yüzeyde yer alması gerektiği belirlenmiştir. Emdirme işleminin karbonizasyon sonrası yapılması durumunda ise; emdirilmiş aktif karbonların, mikro ve mezo porların oluşumunda, emdirilmemiş aktif karbonlara göre daha etkin olduğu, bu emdirilen maddeler sayesinde mikropor olmayan yüzey ve yüzey alanının arttığı, ilave miktarının yüksek olduğu durumlarda yüksek miktarda mikro ve mezo por gelişiminin daha iyi olduğu, Co₃O₄ katalist olarak kullanıldığı çalışmalarda, daha yüksek miktarda mikro ve mezo por gelişiminin sağlandığı belirtilmiştir.

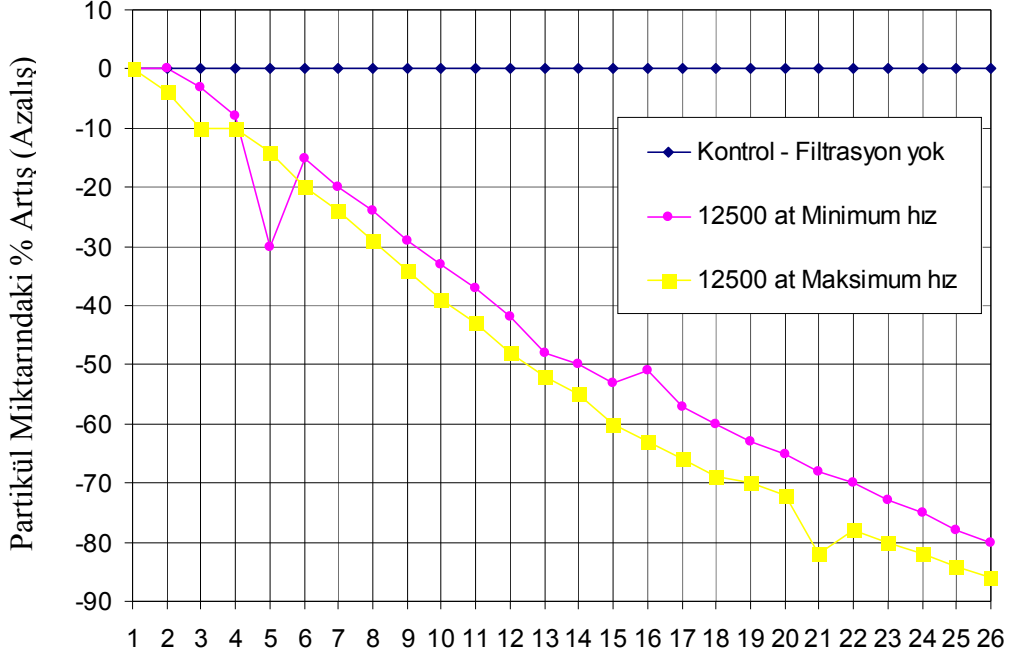
Ayrıca Co₃O₄ 'ün katalizör olarak kullanılmasıyla yüzey alanı ve toplam por hacminin daha yüksek değerlere ulaştığı gözlemlenmiştir [Anonim, 2009d].

2.1. Hava Temizleyici Cihazların Performansları Üzerine Yapılmış Bazı Test ve Sonuçları

2.1.1. Robens Sağlık ve Güvenlik Enstitüsü (İngiltere)

Bu amaçla seçilmiş bir hava temizleyici Robens Institute of Health and Safety (İngiltere) tarafından test edilmiştir. Cihaz sigara içilmesinin yarattığı etkilerin denendiği 20 metreküp'lük kapalı bir odada gerçekleştirilmiştir. Üç ayrı test düzenlenmiştir. Bunlardan biri filtrasyon yapılmaksızın süren 30 dakika boyunca

partikül konsantrasyonunun değişimi ve diğer söz konusu cihazı maksimum ve minimum çalıştırarak partikül konsantrasyonu izlenmesidir. Sonuçlar Şekil 2.1'deki gibidir [Anonim, 2009e].

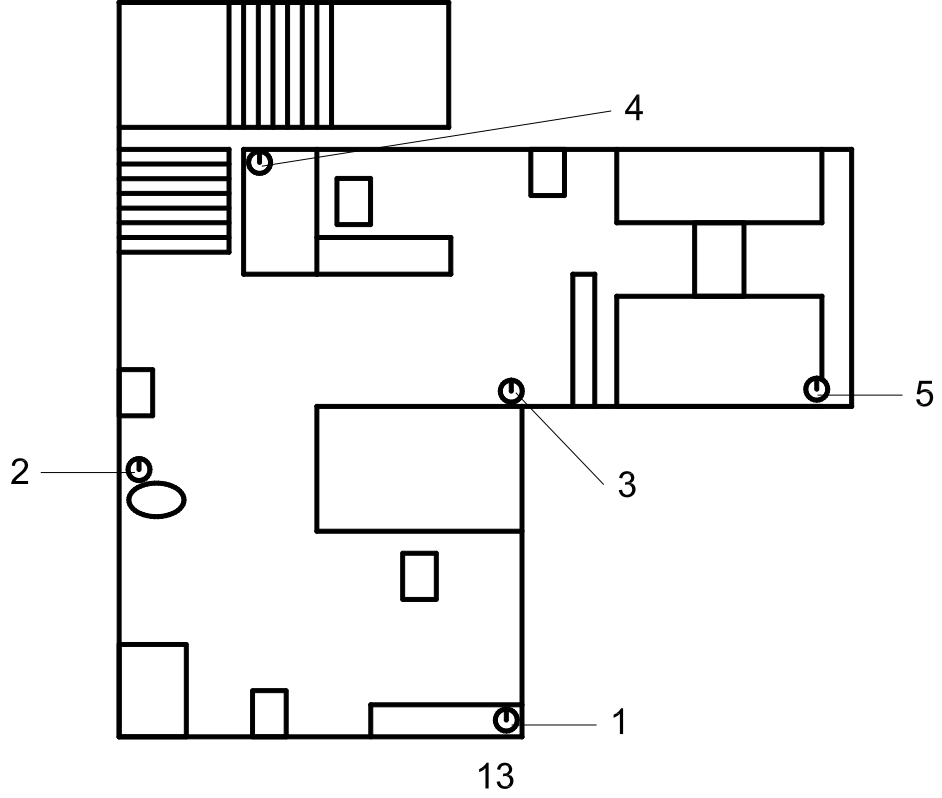


Şekil 2.1. Partikül Konsantrasyon Değişimi

Cihaz maksimum hız kapasitesinde çalıştırılarak toplam partikül miktarı %85.7 oranında ve minimum hız kapasitesinde %80.8 oranında partikül eliminasyonu kaydedilmiştir. Öte yandan filtrasyonun yapılmadığı ya da cihaz dışındaki hava sirkülasyonunun olduğu kontrol denemesinde havadaki toplam partikül miktarındaki düşüşün en fazla %4.7'ye ulaştığı saplanmıştır. Bu ölçümler ortamda sigara içildikten sonra ve cihaz çalıştırılmadan önceki toplam partikül miktarı esas alınarak düzenlenmiştir [Anonim, 2009e].

2.1.2. Çalışma Ortamında Yapılan Test

Bu test temizleme etkilerinin anlaşılması açısından söz konusu ofiste ve tipik bir çalışma ortamında yapılmıştır. Test mekânı tamamen düzensiz bir yerleşim planına sahip ve tamamıyla mobilyalıdır. Ortamın toplam hacmi 57,5 metreküp (2.014 kübikfeet) halı kaplı alan 27 metrekare (291 feetkare)'dir, ofisin yerleşim planı Şekil 2.2'de görülmektedir [Anonim, 2009e].

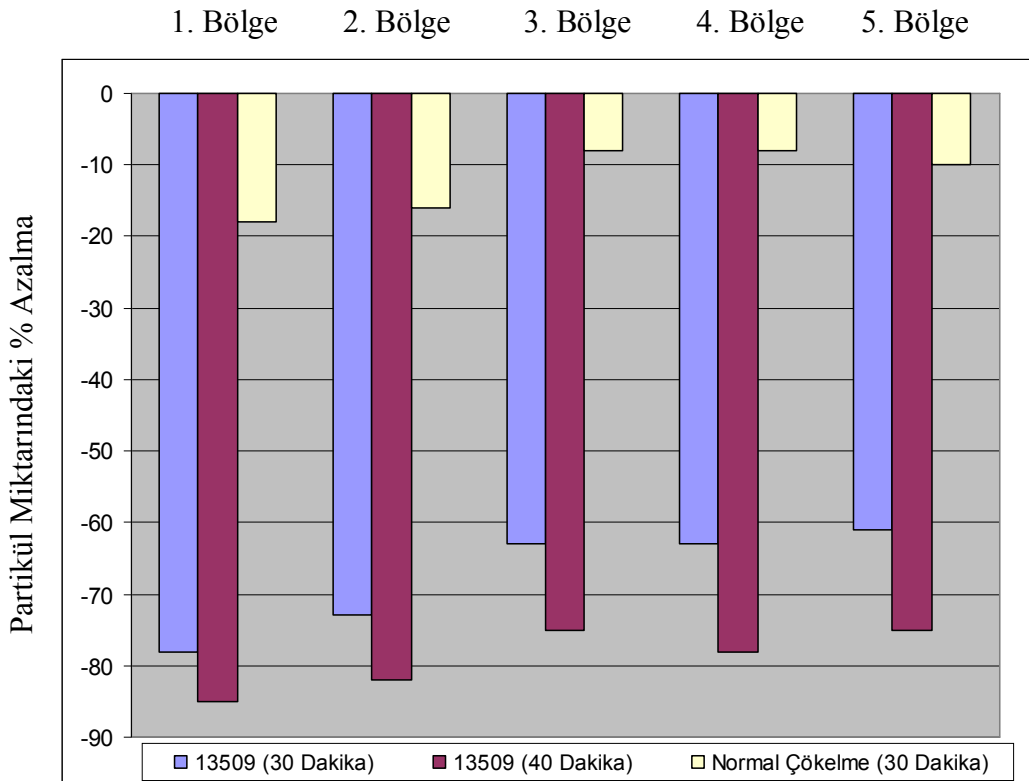


Şekil 2.2. Örnek Ofis Yerleşim Planı

Test için bir adet portatif lazer partikül sayıcı cihaz 0.3 mikron ve daha büyük partikülleri saymak üzere bulundurulmuştur. Beş örnek bölge seçilmiştir. Bölgelerde üç tip yükseklik seçilerek cihazlar yerleştirilmiştir. Tabana (3), orta yükseklikte (2) ve tavana (1,4 ve 5) hava temizleyicilerin iki tanesi açık görülebilir tarzda (1 ve 2) iki tanesi duvarlar tarafından kapanmış halde (4 ve 5) ve bir tanesi de eşyalar tarafından engellenmiş (13) şekilde yerleştirilmiştir. Partikül sayısı ilk seferinde her bir bölgede 30 dakika için sigara içilmeye başlanmasıyla birlikte normal partikül çökmesinin sayılması olarak gerçekleştirilmiştir. Bu doğal çökmeden sonra ilave sigara dumanı ortama eklenerek kontrol testi başlangıcı için partikül konsantrasyonunun aynı seviyede kalması sağlanarak partikül miktarı ölçümü 30 dakika boyunca her dakika ve hava temizleme cihazı maksimum hızda çalışırken kaydedilmiştir. Ayrıca ek bir ölçüm hava temizleme cihazının çalışmasından 40 dakika sonra yapılmıştır. Testler boyunca ofisin kapıları kapalı tutulmuş ve ortamdaki tüm havalandırmalar kapalı tutulmuştur. Hava temizleyicilerin ortamdaki yerleştirilmesi de cihazın maksimum performansı

amaçlanarak değil rast gele yerleştirilerek yapılmıştır. Cihazlar elektrik prizlerinin yakınlıklarına yerleştirilerek bu sonuçlar alınmıştır. Beş bölgedeki partikül miktarı filtrasyonun yapılmadığı 30 dakika süresince (normal çökme) ortalama %12 oranında azalmıştır (maksimum azalma %18 ve minimum azalma %8'dir). Hava temizleyici cihazın 30 dakikalık işletimi sonrasında partikül miktarındaki azalma ortalama %69 olmuştur (maksimum %79 ve minimum %62). Cihazın 40 dakika çalıştırılmasından sonra partikül miktarındaki azalma ortalama %80'dir (maksimum %86 ve minimum %76). Bu sonuçlar Şekil 2.3'de görülmektedir.

Dizaynın ve yapılan deney sonuçlarının net bir şekilde ifadesi hava temizleyici çalışması sırasında ortam kirleticilerin elimine edilme miktarının normal çökme durumundan çok yüksek bir oranda oluşudur. Diğer bir sonuç 5–7 dakikalık bir gecikme zarfında kısıtlanmamış ve açık yerleştirilmiş cihazlara göre daha kısıtlanmış bölgelerdeki temizlenmişlik seviyesinin aynı seviyeye ulaşmasıdır. Buradan partikül miktarındaki azalma oranının tüm bölgelerde yaklaşık olarak benzer olduğu sonucuna varılır [Anonim, 2009e].



Şekil 2.3. Zamana bağlı olarak partikül miktarındaki azalma miktarı

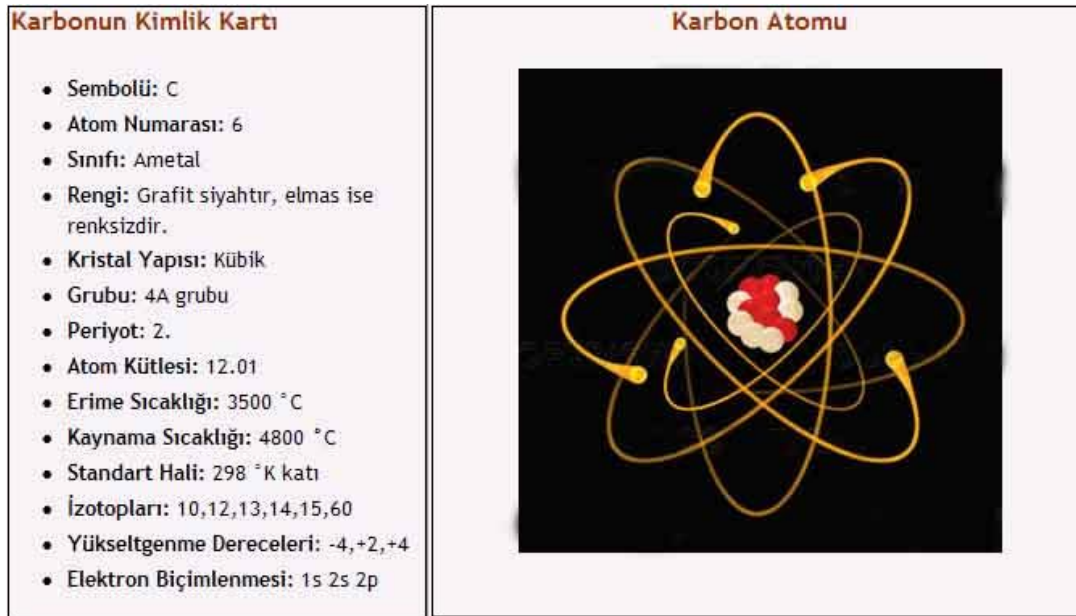
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Karbon

Karbon(C), periyodik tablonun 4A grubunda yer alan, ametal bir elementtir. Doğada çok yaygın olarak bulunmakla birlikte, yerkabuğunun yaklaşık % 0,2'sini oluşturur. Buna karşılık, bileşik oluşturan diğer elementlerden daha fazla bileşik oluşturur. Karbon, kömür ve organik bileşiklerin ana elementidir [Anonim, 2009f].

Karbon, çeşitli allotropik⁴ biçimler gösteren bir katıdır. Karbonun 4 tane allotropu vardır. Bunlar, amorf, grafit, elmas ve fulleren'dir. Kristalleşmiş türleri arasında, ancak elmas ve grafit çok iyi tanımlanmıştır. Bunlar oldukça saf Karbondan oluşur. Biçimsiz (amorf) Karbon, doğal ya da yapay kömürlerde, çeşitli maddelerle karışmış ya da bileşik olarak bulunur [Anonim, 2009f]. Karbonun kimlik kartı ve atomu Şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.1. Karbon Kimlik Kartı ve Atomu

İngiliz kimyager Nevil Sidgwick'de, Chemical Elements and Their Compounds (Kimyasal Elementler ve Bunların Bileşikleri) adlı eserinde karbonun canlılar için ne denli önemli olduğunu vurgulamıştır. Sidgwick'e göre karbon, yapabildiği bileşiklerin sayısı ve çeşitliliği yönünden, diğer elementlerden tamamen farklı, özgün bir yapıdadır.

⁴ Aynı maddenin, değişik kristal biçimleridir.

Şimdiye dek karbonun yarım milyonun üzerinde farklı bileşigi ayrılmış ve tanımlanmıştır. Ama bu bile karbonun güçleri hakkında çok yetersiz bir bilgi verir, çünkü karbon tüm canlı maddelerin temelini oluşturur [Anonim, 2009f].

Çok değerli bir taş parçası olan elmas, doğada genelde grafit halinde bulunan karbonun bir türevidir. Şekil 3.2.'de elmas, şekil 3.3.'te de grafit görülmektedir. [Anonim, 2009f].



Şekil 3.2. Elmas



Şekil 3.3. Grafit

3.1.1.1. Karbonun Doğada Bulunuşu

Doğada yaygın bir biçimde bulunur. Güneş'te, yıldızlarda, kuyruklu yıldızlarda ve birçok gezegenin atmosferinde bolca bulunur. Mars'ın atmosferi %96 oranında CO₂ içerir. Karbon, doğada allotropik olarak 3 serbest halde bulunur: Şekilsiz, Grafit ve

Elmas. Grafit doğada bilinen en yumuşak materyaldir. Buna karşılık elmas, çok serttir. Karbon, bazı meteorlarda, mikroskobik elmaslar halinde bulunmuştur. Yakın zamanlarda, karbonun yeni bir formu olan C 60 keşfedilmiştir.

Karbondioksit halindeki karbon, yer atmosferinin yaklaşık % 0,03 ünü oluşturur ve tüm doğal sularda çözülmüş halde bulunur. Yerkabuğunda ise mermer, kireç taşı ve tebeşir gibi kayalarda karbonatlar olarak; kömür, petrol ve doğal gaz gibi oluşumlarda ise hidrokarbonlar halinde bulunur [Anonim, 2009f].

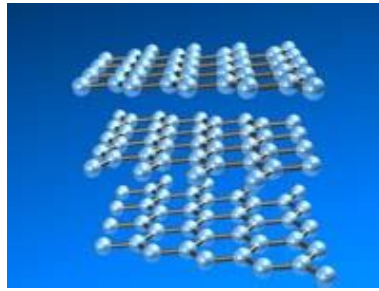
3.1.1.2. Karbon Kaynakları

Gaz halindeki karbon, karbondioksit olarak atmosferde ve sularda erimiş haldedir. Su içeriğinde bulunan karbon, mercan resifleri ve suda yaşayan canlıların iç veya midye gibi kabuklu canlıların dış iskeletlerinde depo edilir. Karadaki karbon ise, kireçtaşları, dolomitler⁵ gibi kayalar ve kalkerli kabuklar, turba toprakları(kutuplarda ve yakın çevresindeki donmuş topraklar), petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlarda bulunur. Canlı organizmaların kimyasal yapısının vazgeçilmez bir bileşeni olduğundan, canlılar, bir karbon deposu durumundadır.

3.1.1.3. Karbon Allotropları

Aynı maddenin, değişik kristal biçimlerine, allotrop denir. Anlamı değişik biçim(form) demektir [Anonim, 2009f].

Grafit'te, karbon atomları, hegzagonal halkalar şeklindedir (Şekil 3.4.'te görülmektedir). Tabakalı bir yapı oluşturur. Her karbon atomu, diğer 3 karbon atomuna, sp^2 hibritleşmesi yaparak, sigma bağları ile bağlanır [Anonim, 2009f].



Şekil 3.4. Grafit'te Atomların Bağlanması

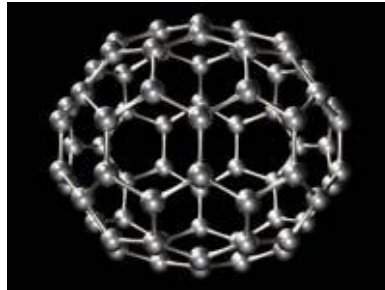
⁵ Kalsiyum ve magnezyumlu karbonat birleşiminde bir mineral.

Elmas'ta karbon atomları, sp^3 hibritleşmesi yaparak tetrahedral bir düzendedir (Şekil 3.5.'te görülmektedir). Elmasta, Karbon atomları arasındaki bağlar, çok kuvvetlidir. Bu nedenle de çok sert ve kararlı bir yapıya sahiptir. Mavi elmas (yarı iletken) hariç, elektriği iletmezler. Moleküller arasındaki kuvvetli bağlar sebebiyle, ısı iletkenliği çok iyidir [Anonim, 2009f].



Şekil 3.5. Elmas'ta Atomların Bağlanması

Fulleren, genellikle 6 karbon atomunun düzlemsel olarak birbiri ile bağlanarak oluşturduğu içi boş küresel, silindirik ve halkasal yapıdadır (Şekil 3.6.'da görülmektedir). 5'li veya 7'li halkalar şeklinde birleştiği zaman yapı düzlemsellikten uzaklaşır. En küçük boyutu, 60 Karbonludur ve yapısı futbol topuna benzemektedir [Anonim, 2009f].



Şekil 3.6. Fulleren'de Atomların Bağlanması

3.1.1.4. Karbonun Kullanım Alanları

Karbonun kullanım alanları, o kadar geniştir ki, hemen hemen her yerde, karbon ya da karbon bileşikleri olarak karşımıza çıkar. Saf karbon olan elmas, son derece değerli bir taştır ve mücevher yapımında kullanılır. Ayrıca çok sert ve dayanıklı olduğundan; kesme, öğütme ve delme işlemlerinde, aşındırıcı olarak uygulanır. Grafit ise yağlayıcılarda, boyalarda ve kille karıştırılarak; kalem kurşunlarında kullanılır. Ayrıca elektriksel iletkenliği ve erime sıcaklığı çok yüksek olduğundan, elektrikli fırın ve kuru pil elektrotları ile metal eritme potalarının yapımında kullanılır. Kömür ve

kok, son derece yaygın kullanılan bir yakıt türüdür. Odun kömürü ise soğurma ve süzme maddesi ve yakıt olarak kullanılır. Ayrıca barut üretiminde de hammadde olarak kullanılır [Anonim, 2009f].

Ayrıca petrol ve petrol ürünlerinin kullanım alanları da oldukça geniştir. Tekstil hammaddesinden uzay aracı yakıtına kadar. Ve yine karbondan, karma malzemelerin yapısına katılan ve mekanik dayanımı son derece yüksek olan karbon elyafının yapıldığı biliniyor [Anonim, 2009f].

Karbondioksit ise, soğutucularda, yangın söndürücülerde, can yelekleri ve salllarının şişirilmesinde, kömürün parçalanmasında, kauçuk ve lastiklerin köpüklendirilmesinde, seralardaki bitkilerin büyümelerinin hızlandırılmasında ve karbonatlı içeceklerde kullanılır [Anonim, 2009f].

Karbondioksit, magnezyum dışında, pek çok maddenin yanmasını engeller. Bu nedenle yangın söndürücüler olarak da kullanılır. Besin kaynağımız olarak kullandığımız yeşil bitkiler, karbondioksiti ve suyu, karbonhidratlara ve oksijene dönüştürürler. Böylece, ihtiyacımız olan oksijeni ve besinleri elde etmiş oluruz [Anonim, 2009f].

Organizma öldüğü zaman, çevreyle karbon alışverişi durur. Geriye kalan radyoaktif karbon-14 izotopu miktarı, biyolojik kökenli maddelerin yaşını belirlemekte kullanılabilir. Kalkınmış ülkelerin ekonomilerinin büyük bir bölümü, Karbon içeren yakıtların, plastiklerin, kimyasal maddelerin, dokumaların ve ilaçların işlenmesine ve üretimine dayanır. Karbon temelli sentetik bileşiklerin üretilmesi ve kullanılması, birçok ülkede yaşama düzeyini derinlemesine etkilemiştir [Anonim, 2009f].

Küresel karbon döngüsü şekil 3.7.'de görülmektedir.

Ayrıca, nanoteknoloji çağının başlamasında en önemli rolü oynayan karbon, nanoyapılarda; nanomakinelerin, nanorobotların vazgeçilmez elemanıdır. Karbon nanoyapılar, bu tür nanosistemlerin yapılmasında, rakipsiz bir yere sahiptir. [Anonim, 2009f].



Şekil 3.7. Küresel Karbon Döngüsü

3.1.2. Aktif Karbon

Aktif karbon, büyük kristal formu ve oldukça geniş iç gözenek yapısı ile karbonlu adsorbanlar ailesini tanımlamada kullanılan genel bir terimdir. Aktif karbonlar, insan sağlığına zararsız, kullanışlı ürünlerdir. Aktif karbonun hem endüstride hem de güncel hayatta pek çok uygulamada yer almasını sağlayan fiziksel ve kimyasal özellikler bulunmaktadır [Anonim, 2009a]. Şekil 3.8.'de aktif karbonun değişik formları görülmektedir.



Şekil 3.8. Aktif Karbon

Aktif karbon imalatında tercih edilen hammaddeler ve üretim yöntemi ilgili kullanım alanı, prosesin yapısı, ortamdan uzaklaştırılacak istenmeyen maddelerin özellikleri, maliyet unsurları faktörlerine göre tercih edilir. Hammadde seçiminde ise

orman yangını ve selüloz artıklarından, odundan, meyve çekirdeklerine, kömür veya hayvansal kökenli kan veya serumlarından elde edilir. Burada seçim tamamen kullanım yeri ile ilgilidir [Anonim, 2009c].

3.1.2.1. Aktif Karbonun Genel Özellikleri

Aktif karbon, büyük kristal formu ve oldukça geniş iç gözenek yapısı ile karbonlu adsorbanlar ailesini tanımlamada kullanılan genel bir terimdir. Aktif karbonlar, oldukça yüksek gözenekliliğe ve iç yüzey alanına sahiptirler. Aktif karbonlar, çözeltideki molekül ve iyonları gözenekleri vasıtasıyla iç yüzeylerine doğru çekebilirler ve bu yüzden adsorban olarak adlandırılırlar [Uyanık, 2009].

Farklı uygulamalardaki ihtiyaçlar doğrultusunda toz, granül, pelet ve lif şeklinde aktif karbonlar üretilmektedir. Granül aktif karbon, kırılmış ve boyutlandırılmış meyve çekirdekleri, Hindistan cevizi ve kömür gibi maddelerden doğrudan üretilbildiği gibi, bir bağlayıcı yardımıyla öğütülmüş tozların granülasyonu yoluyla da üretilmektedir. Toz aktif karbon ise granül aktif karbonun öğütülmesi ile elde edilmektedir [Kirk Othmer, 1992].

3.1.2.2. Aktif Karbonun Yüzey Alanı

Aktif karbonun iç yüzeyi (aktifleştirilmiş yüzey) çoğunlukla BET⁶ yüzeyi olarak (m²/g) ifade edilir. Yüzey alanı azot (N₂) gazı kullanılarak ölçülür. Su arıtımında kullanılan aktif karbon taneciklerinin iç yüzey alanının yaklaşık 1000 m²/g olması istenmektedir. Kirlilik oluşturan maddeler, aktif karbonun yüzeyinde tutulacağından, yüzey alanının büyüklüğü kirliliklerin giderilmesinde oldukça etkili bir faktördür. Prensip olarak, yüzey alanı ne kadar büyükse, adsorpsiyon merkezlerinin sayısının da o kadar büyük olduğu düşünülür. Literatürde bulunan aktif karbonun yüzey alanı ve gözenek sistemi ile ilgili sayısal değerler aşağıda verilmiştir;

Aktif karbonun yüzey alanı ve gözenek sistemi ile ilgili sayısal değerler çizelge 3.1.'de verilmiştir.

⁶ BET (Braunauer, Emmett ve Teller) - Yüzey karakterizasyon cihazı

Yüzey alanı	400–1600 m ² /g (BET N ₂)
Gözenek hacmi	>30 m ³ /100g
Gözenek genişliği	0,3 nm–1000 nm

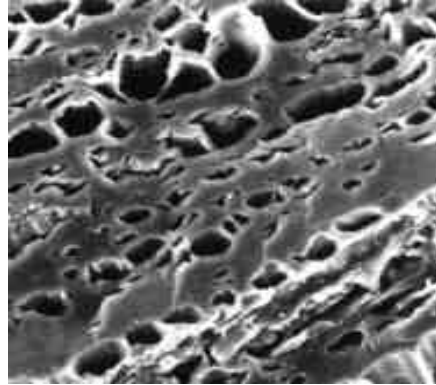
Çizelge 3.1. Aktif karbonun gözenek ve yüzey alanı (Uyanık, 2009)

Karbon taneciğinin yüzeyi gaz, sıvı ve katı maddeleri çeker ve yüzeyde ince bir film tabakası oluşturur, yani adsorbe eder. Aktif karbonun adsorban olarak tercih edilmesinin başlıca iki nedeni vardır. Bunlar;

- ❖ Belirli maddeleri çekebilmesi için çekici bir yüzeye,
- ❖ Fazla miktarda maddeyi tutabilmesi için geniş bir yüzeye sahip olmasıdır.

3.1.2.3. Aktif Karbonun Gözenek Büyüklüğü

Kirliliğin giderilmesinde etkili olan diğer bir parametre de gözenek büyüklüğüdür. Gözenek büyüklüğünün belirlenmesi, karbonun özelliklerinin anlaşılmasında oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Gözenekler silindirik veya konik şeklinde olabilir. Aktif karbonun gözenek yapısını gösteren ve Taramalı Elektron Mikroskobu (TEM) ile çekilen fotoğraf şekil 3.9.'da görülmektedir.



Şekil 3.9. Aktif karbonun gözenek yapısı. Fotoğraf TEM ile alınmıştır.

Adsorpsiyon için gözenek yapısı, toplam iç yüzeyden daha önemli bir parametredir. Gözeneklerin büyüklükleri, uzaklaştırılacak olan kirliliklerin tanecik çaplarına uygun olmalıdır. Çünkü, karbon ve adsorplanan moleküller arasındaki çekim

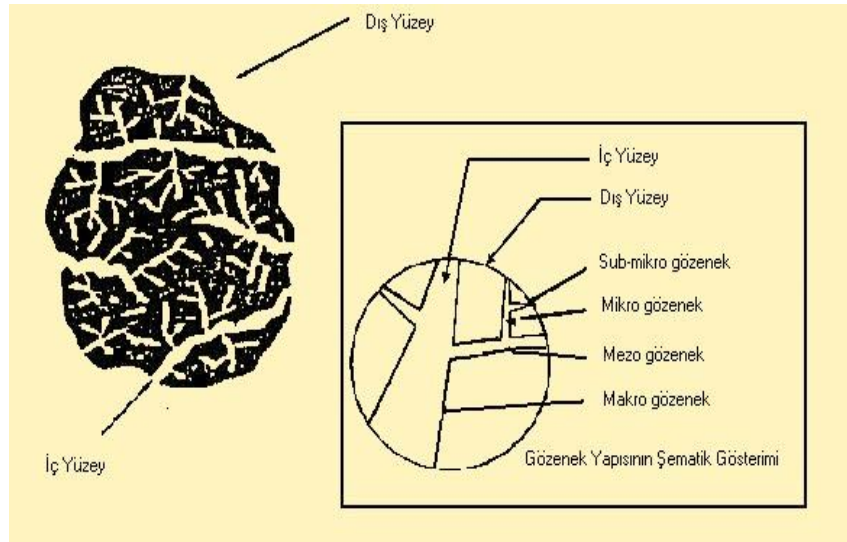
kuvveti, molekül büyüklüğü gözeneklere yakın olan moleküller arasında daha büyüktür. .Gözenek büyüklükleri şekil 3.10.'da görülmektedir.



Şekil 3.10. Aktif karbon yapısının boyutlarına göre sınıflandırılması

The International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) adsorbanlar için gözenek büyüklüğünü yarıçaplarına göre dörde ayırmıştır.

- Makro gözenekler ($r > 25$ nm)
- Mezo gözenekler ($1 < r < 25$ nm)
- Mikro gözenekler ($0,4 < r < 1$ nm)
- Submikro gözenekler ($r < 0,4$ nm)



Şekil 3.11. Şematik Olarak Aktif Karbon Modeli

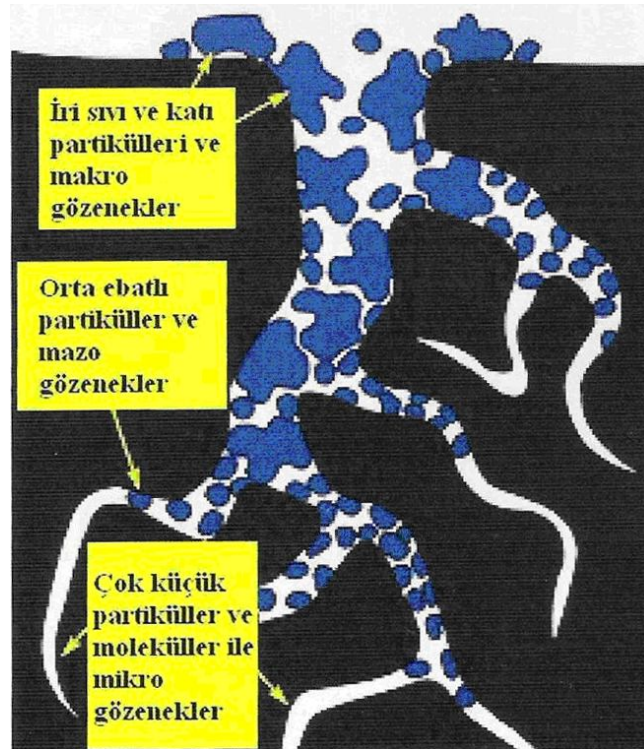
Adsorpsiyon ve desorpsiyon için önemli olan aktif karbon gözenek sistemi, şekil 3.11. de şematik olarak gösterilmiştir. Mikro gözenekler iç yüzeyin önemli bir kısmını teşkil ederler (~%95). Makro gözenekler ise adsorpsiyon için nispeten önemli

olmamakla birlikte, ancak mikro gözeneklere doğru difüzyonun hızlı olması için iletici olarak gereklidirler. Makro gözenekler molekülün aktif karbon içerisine girmesini, mezo gözenekler daha iç bölgelere doğru taşınmasını sağlarken, mikro gözenekler ise adsorpsiyon olayı için kullanılırlar. Gözenek boyutları ile ilgili veriler çizelge 3.2.'de verilmiştir.

	Mikro gözenek	Mezo gözenek	Makro gözenek
Çap (A)	< 20	20 -500	> 500
Gözenek hacmi (cm ³ /g)	0,15-0,5	0,02-0,1	0,2-0,5
Yüzey alanı (m ² /g)	100-1000	10-100	0,5-2

Çizelge 3.2. Tipik bir aktif karbondaki gözenek boyutları (Henning vd., 1990)

Aktif karbonun gözenek yapısı ve partikül tutma özellikleri şekil 3.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Aktif karbon gözenek yapısı ve partikül tutma özellikleri

3.1.3. Aktif Karbon Türleri

Atık su işlemleri için günümüzde kullanılan en iyi aktif karbonlar çeşitli kömürlerden ve doğal materyallerden elde edilir. Bunlar: taş kömürü, mangal kömürü, turba(torf), linyit, odun, kemik; Hindistan cevizi, fındık ve pirinç kabuğu; meyve çekirdekleri ve yağ ürünleridir. Bu materyallerden elde edilen aktif karbonlar genellikle sert ve yoğundur. Suda bozulmadan uzun süre kullanılabilirler. Aktif karbonlar değişik özelliklere sahip şekillerde üretilirler. Bunlar;

- Toz halindeki aktif karbonlar,
- Granül aktif karbonlar,
- Küresel aktif karbonlardır.

3.1.3.1. Toz Aktif Karbon [Powdered Activated Carbons (PAC)]

100 μm ' den daha küçük tane boyutuna sahip aktif karbonlardır. Ortalama yarı çap 15–25 μm aralığındadır. Bu tip aktif karbonun geniş yüzey alanı ve küçük difüzyon mesafesi vardır. Çözelti fazı adsorpsiyonu için kullanılmaktadır. Kullanımı oldukça kolaydır. Karbon, çözeltiliye eklenir, karıştırılır, kısa bir süre temas ettirilir (5–30 dak.) ve filtrasyonla ayrılır. Bu gruba giren aktif karbonlar, tıbbi amaçlar ve renk giderme için kullanılmaktadır. Toz aktif karbon Şekil 3.13.'te gösterilmiştir.

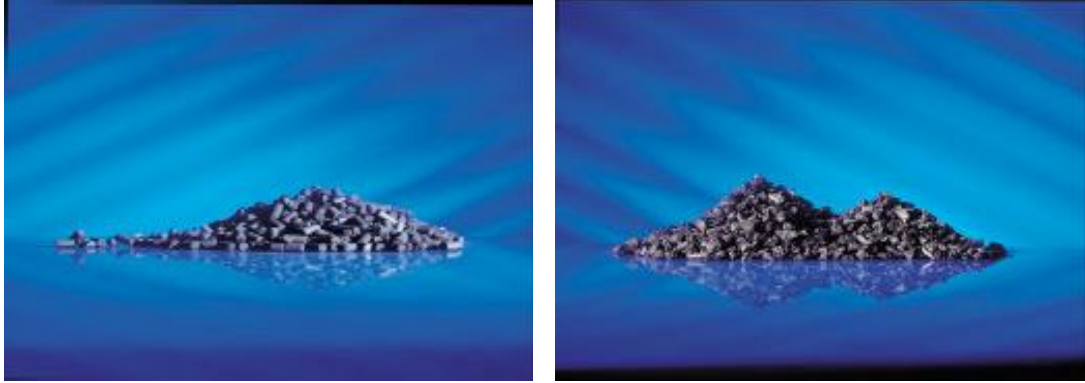


PAC 0-150 μm

Şekil 3.13. Toz Aktif Karbon

3.1.3.2. Granül Aktif Karbon [Granular Activated Carbon (GAC)]

Toz aktif karbona göre daha büyük tanecik boyutu ve daha küçük dış yüzey alanına sahiptir. Gaz ve sıvı adsorpsiyonu uygulamalarında tercih edilmektedir. Difüzyon hızı yüksektir. Karbon granüllerinin boyutu önemlidir. Adsorplanacak gaz aktif karbon yatağından geçirilir. Parçacık boyutu küçükse, yatak boyunca basınç düşüşü görülür ve gaz, karbon parçacıklarını sürükler. Parçacıkların boyutu, kullanılan yatağın yüksekliğine bağlı olarak seçilir. Yüksekliğin fazla olması, granüllerin de boyutunu artırır. Bu tip aktif karbonlar, suların saflaştırılmasında, renk giderme ve akış sistemlerinin bileşenlerinin ayırımında kullanılmaktadır. Granül aktif karbon şekil 3.14.'te gösterilmiştir.



GAC broken 0,2-5 cm

GAC extrudate ø0,8-5 cm

Şekil 3.14. Granül Aktif Karbon

3.1.3.3. Küresel Aktif Karbon

Katran, naftalin ve tetralin içerisinde eritilerek küreler elde edilmektedir. Bu küreler Hafta çözücüsü ile temas ettirilmekte ve naftalin ekstrakte edilmektedir. Bu şekilde gözenek yapısı oluşturulmaktadır. Bu gözenekli küreler ağırlıkça % 30 oksijen içeren oksidasyon gazlarının varlığında 373–673 °K arasındaki bir sıcaklığa ısıtılmaktadır. Katran küreler, oksijenin % 10' unu kimyasal olarak adsorblar. Okside küreler, amonyak ile 423–973 °K sıcaklıkları arasında ısıtılır. Daha sonra CO₂ veya buharla aktive edilir. Bu karbonların yüksek mekanik dayanıklılığı vardır ve SO₂, NO₂ adsorpsiyon kapasitesi çok yüksektir (Katori vd., 1977).

Karbonun kimyasal aktivasyonu sonucu, toz haldeki aktif karbonlar elde edilirler. Bu karbonlar, günümüzde atık suların temizlenmesi işlemlerinde en çok kullanılan aktif

karbonlardır. Gaz aktivasyonu ile yapılan granüle ürünler daha ziyade gazların saflaştırılmasında kullanılırlar. Ancak granüle haldeki aktif karbonların da atık su işleme sistemlerinde oldukça iyi sonuçlar verdiği belirtilmektedir. Granüle ve toz haldeki aktif karbonlar organik ve inorganik maddelerin uzaklaştırılmasında mükemmel sonuçlar vermektedir. Bu aktif karbonlar biyolojik olarak işlem görmüş atık suları ve organik kaynaklı endüstriyel atıklar içeren atık suları temizlemek için de yıllardır kullanılmaktadır [Anonim, 2009a].

3.1.4. Aktivasyon Teknikleri

Aktif karbon üretimi için, karbonca fakir olmayan tüm maddeler, çeşitli aktifleştirme yöntemleriyle aktifleştirilerek kullanılabilirler. Bu yöntemler; kimyasal aktivasyon ve gaz aktivasyonudur [Anonim, 2009a].

3.1.4.1. Kimyasal Aktivasyon

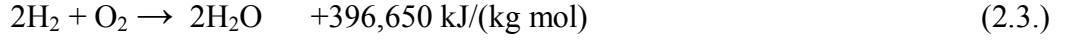
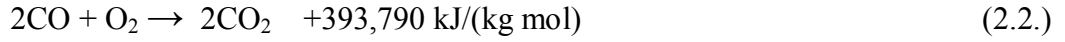
Bu teknik genellikle turba ve odun temel kaynaklı çığ materyallerin aktivasyonu için kullanılır. Çığ materyal çinko klorür, fosforik asit veya potasyum hidroksit ile doyurulur. Daha sonra karbonu aktive etmek için 500-800 °C sıcaklığa kadar ısıtılır. Aktive edilen karbon yıkanır, kurutulur ve öğütülerek toz haline getirilir. Kimyasal aktivasyon sonucu oluşturulan aktif karbonlar, genellikle büyük moleküllerin adsorpsiyonu için kullanılırlar ve oldukça geniş gözenek yapısı sergilerler [Anonim, 2009a].

3.1.4.2. Gaz Aktivasyonu

Bu aktivasyon tekniği genellikle kömür ve meyve kabuklarının aktivasyonunda kullanılır. Çığ materyal öncelikle karbonizasyon olarak adlandırılan ısı bir işleme tabi tutulur. Bu işlem gözenekleri küçük olan karbonlu bir ürün oluşmasına yardımcı olur. Daha sonra bir inert gaz atmosferinde ve 800–1100 °C sıcaklık aralığında aktivasyon işlemi gerçekleştirilir. Böylece, başlangıçta karbonizasyon ile oluşturulan ara materyal, aşağıda verilen su-gaz reaksiyonu ile gaz fazına dönüştürülerek mevcut gözenekler genişletilir ve sayıları artırılır [Anonim, 2009a].



Bu reaksiyon endotermiktir ve reaksiyon için gereken ısı, kısmen oluşan CO ve H₂'nin yanması ile korunur.

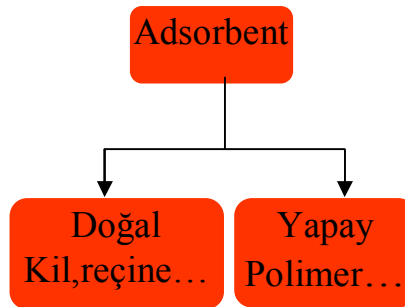


Elde edilen aktif karbon sınıflandırılır ve elenip tozu giderilerek kullanıma hazır hale getirilir. Gaz aktivasyonu ile elde edilen aktif karbonlar da kimyasal aktivasyondan elde edilenler gibi iyi bir gözenek yapısı sergilerler. Hem sıvı hem de gaz fazdan molekül ve iyonların adsorpsiyonu için etkin bir şekilde kullanılırlar [Anonim, 2009a].

3.1.5. Adsorpsiyon

Adsorpsiyon, bir yüzey veya ara kesit üzerinde bir maddenin birikmesi ve derişiminin artması olarak tanımlanmaktadır (Bandosz, 2006). Tanımda kullanılan ara yüzey bir sıvı ile bir gaz, katı veya bir başka sıvı arasındaki temas yüzeyi olabilir. Başka bir tanımlama ile adsorpsiyon, bir maddenin diğer bir madde yüzeyinde veya iki faz arasındaki ara yüzeyde konsantrasyonunun artması ya da temas ettikleri yüzeydeki çekme kuvvetlerine bağlı olarak o yüzeyle birleşmesidir [Anonim, 2009a].

Adsorban, yüzeye tutunan maddedir. Sıvı ya da gaz olabilir. Adsorbent ise, tutunulan madde veya adsorplayan madde diye tanımlanabilir. Katı veya sıvı olabildiği gibi doğal veya yapay olarak da sınıflandırılabilir. Adsorbentın içerik sınıflandırması şekil 3.15.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Adsorbentın içerik sınıflandırılması

Çözünmüş bir bileşimin aktif karbon tarafından adsorpsiyonunun üç adımda gerçekleştiği belirtilmektedir (Bandosz, 2006).

- Adsorbanın dış yüzeyine adsorplanan maddenin taşınması,
- Dış yüzeyde oluşan adsorpsiyonun küçük bir miktarı hariç, karbonun gözeneklerine adsorplanan maddenin difüzyonu,
- Adsorbanın iç yüzeylerinde çözeltinin adsorpsiyonu.

Yine başka bir kaynakta adsorbsiyon üç temel adımda oluştuğu belirtilmektedir (Loftis,2001). Bu adımlar;

- Film difüzyonu: Adsorplanacak olan çözünen moleküller karbon partiküllerinin içine girerek yüzey filmi oluştururlar.
- Gözenek difüzyonu: Karbon gözeneklerinden, adsorpsiyon merkezine çözünen moleküllerin göçünü içerir.
- Karbon Yüzeylerine Çözünen Moleküllerin Yapışması: Çözünen molekül, karbon gözenek yüzeyine bağlandığında tutunma meydana gelir.

3.1.5.1. Adsorpsiyon Çeşitleri

Adsorpsiyon çeşitlerine bakıldığında aktif karbon üzerinde meydana gelen adsorpsiyonun üç farklı süreçte (Bansal ve Goyal,2005) olabileceği belirtilmektedir.

3.1.5.1.1. Fiziksel Adsorpsiyon

Eğer adsorpsiyon bir yüzeydeki dengelenmemiş Van Der Waals kuvvetleri yardımıyla gerçekleşiyorsa, buna fiziksel adsorpsiyon denir. Bu tip adsorpsiyon termodinamik anlamda tersinirdir. Düşük adsorpsiyon ısı ile karakterize edilir ve adsorpsiyonun derecesi sıcaklık yükseldikçe azalır [Anonim, 2009a].

3.1.5.1.2. Kimyasal Adsorpsiyon

Yüzey moleküllerinin değerlik kuvvetleri nedeniyle yüzey üzerinde adsorplanan maddenin monomoleküler tabakası ile bir kimyasal bağın oluşmasından kaynaklanır. Adsorpsiyon yüksek sıcaklık gerektirir ve termodinamik anlamda tersinir değildir. Sıcaklık çok yükselirse fiziksel adsorpsiyon olayı kimyasal adsorpsiyona dönüşebilir [Anonim, 2009a].

3.1.5.1.3. Elektrostatik Adsorpsiyon

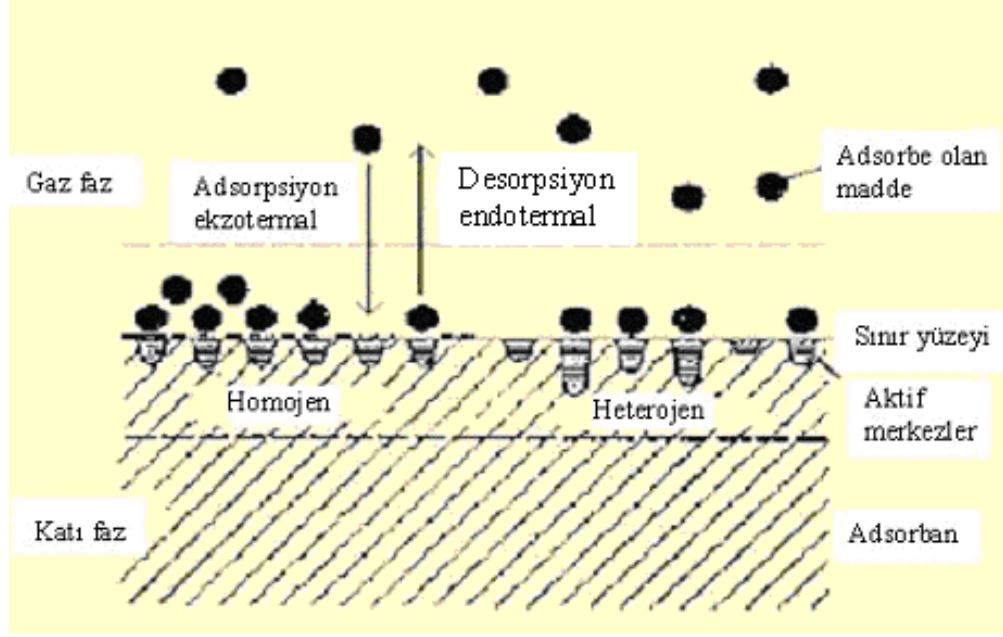
Aktif karbon üzerine çözeltilerin adsorplanmasından sorumlu elektriksel çekim kuvvetlerinin etkisi olarak tanımlanır. Ayrıca negatif yüklü karbon partikülleri ile pozitif yüklü adsorplanan moleküller veya iyonlar arasındaki elektriksel çekim difüzyon sırasında ortaya çıkan engelleri azaltır ve bu yüzden de adsorpsiyonun verimliliğini artırır [Anonim, 2009a].

3.1.6. Adsorbanın Geri Kazanılması

Adsorban yüzeyine moleküller adsorplandıkça yeni moleküllerin adsorpsiyonu için daha az yer kalır ve sonuçta adsorban etkin adsorpsiyon özelliğini kaybeder. Adsorbana etkin adsorpsiyon özelliğini yeniden kazandırma işlemine “geri kazanım” denir. Aktif karbonun fiziksel kuvveti geri kazanım süreci boyunca dayanabilecek büyüklükte olmalıdır. Ancak zamanla ısısal yayılma, büzülme ve nihayet yapının parçalanması nedeniyle az bir miktar aktif karbon kaybolur veya oksitlenir [Anonim, 2009a].

3.1.7. Katı Faz Üzerinde Adsorpsiyon Desorpsiyon İşlemleri

Adsorpsiyon, yapılan diğer tanımların yanı sıra, bir katı adsorbanın bağlı yüzeyinde adsorplanmak suretiyle çözünen maddelerin zenginleştirilmesidir. Aktif merkez olarak adlandırılan adsorbanın yüzeyi üzerinde yer alan atomlar arasındaki bağ kuvvetleri tamamen doyurulmamıştır. Bu aktif merkezlerde yabancı moleküllerin adsorpsiyonu yer alır. Adsorban üzerinde adsorplanmış bir madde, kendisine oranla daha şiddetle adsorplanan bir madde tarafından yer değiştirir. Yer değiştiren madde karbon tarafından desorplanır veya serbest bırakılır. Bu olay daha çok tercih edilen türlerin adsorpsiyonu boyunca devam eder. Kimyasal adsorpsiyon, adsorplanan maddenin fonksiyonel gruplarından dolayı oluşur ve adsorban kararlı bir bağ oluşturmak için etkileşir. Desorpsiyon olayı, kimyasal olarak adsorplanan maddelerden daha çok fiziksel olarak adsorplanan maddeler için daha uygundur. Katı faz üzerindeki adsorpsiyon ve desorpsiyon işlemleri Şekil 3.16.’da şematik olarak gösterilmiştir [Anonim, 2009a].



Şekil 3.16. Katı faz üzerinde adsorpsiyon desorpsiyon işlemleri

3.1.8. Aktif Karbon Filtreler

İlk hava filtreleri yüzyılı aşkın bir süre önce yapılmıştır ve filtreleme ortamı olarak dokuma kullanılmıştır. Filtreler o zamandan beri büyük değişikliğe uğramış ve gelişmişlerdir.

Doğru filtrenin seçimi basınçlı havanın kalitesinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek kalitede basınçlı hava birkaç filtreleme safhası gerektirir. Yalnızca hassas bir filtrenin kullanılması çözüm değildir.

Filtreler şu şekilde sınıflandırılabilir:

Filtreler, 40 μm 'den büyük (ya da filtre kartuşu seçimine göre 5 μm) parçacıkları tutar.

- Hassas Filtreler: 0. 1 μm 'den büyük parçacıkları tutar.
- Mikrofiltreler : 0. 01 μm 'den büyük parçacıkları tutar. Ancak hava daha önce 5 μm 'lik bir filtreden geçirilmiş olmalıdır.
- Aktif Karbon Mikrofiltreler : 0. 003 μm 'den büyük parçacıkları (aromatik veya koku yapan maddeler gibi) tutar. Bu tip filtreler "altmikrofiltre" olarak da adlandırılır.

Daha yüksek kalite elde edilmek isteniyorsa, hassas filtreleri ya da mikro filtreleri seri olarak kullanarak asılı kalan maddeler kademeli olarak filtre edilmelidir [Anonim, 2009h].

Aktif karbon, adsorbe özelliği sebebiyle en çok faydalanılan arıtma materyallerindedir. Her ne kadar rejenere edilerek kullanılsa da periyotlarla değiştirilmesi gerekir [Anonim, 2009g]. Şekil 3.17.'de aktif karbonun değişik formları görülmektedir.



Şekil 3.17. Aktif Karbon

Aktif karbonlar değişik özelliklere sahip şekillerde üretilebilirler (granül, silindirik ve toz halinde). Çizelge 3.3.'te aktif karbon tipi, bazı kullanım yerleri ve faydaları belirtilmiştir.

AKTİF KARBON TİPİ	KULLANIM YERİ	FAYDASI
Granül Aktif Karbon	Su Arıtma Sistemleri	Tad, Koku, Renk Arıtımı
Silindirik Aktif Karbon	Havalandırma Tesisleri	Koku Giderimi
Pudra/Toz Aktif Karbon	Deterjan Sanayi / Atıksu Arıtma Tesisleri	Bulanıklık ve Akm ⁷ Giderimi

Çizelge 3.3. Aktif karbon tipi, bazı kullanım yerleri ve faydaları

Aktif karbonun iç yüzeyi (aktifleştirilmiş yüzey) çoğunlukla BET yüzeyi olarak (m^2/g) ifade edilir. Yüzey alanı azot (N_2) gazı kullanılarak ölçülür. Su arıtımında kullanılan aktif karbon taneciklerinin iç yüzey alanının yaklaşık $1000 m^2/g$ olması

⁷ Askıda katı madde

istenmektedir. Kirlilik oluşturan maddeler, aktif karbonun yüzeyinde tutulacağından, yüzey alanının büyüklüğü kirliliklerin giderilmesinde oldukça etkili bir faktördür. Prensip olarak, yüzey alanı ne kadar büyükse, adsorpsiyon merkezlerinin sayısının da o kadar büyük olduğu düşünülür. [Anonim, 2009g]. Literatürde bulunan aktif karbonun yüzey alanı ve gözenek sistemi ile ilgili sayısal değerler çizelge 3.4.'te verilmiştir.

İodin numarası	min. 1000
Partikül boyu aralığı	8–30 mesh
Nem	max 5 mass-%
Yoğunluğu	485 kg/m ³
Sertlik	95
Efektif Size	0,9 mm.
Düzenlilik katsayısı	1,7
Yüzey alanı toplamı (BET)	1.150 m ² /g
PH	Alkaline
Kül Muhtevası	8 mass-%

Çizelge 3.4. Aktif Karbon Filtre Verimlilik Çizelgesi

Aktif karbon filtreler gözenekli halde amorf karbon içerirler. Aktif karbon; 500–1500 m²/g gibi sıra dışı bir iç yüzeye sahiptir. Bu da çok küçük parçalar için bile büyük bir adsorpsiyon kapasitesi demektir. Adsorpsiyon olayı; yüzeyin, nokta, kenar, köşe, kafes boşlukları gibi yerlerinde de gerçekleşir. Aktif karbon filtrelerin servis ömürleri basınç taraflarına yerleştirilen bir ön filtre ve mikro filtre sayesinde uzatılabilir. Bu filtreler 1000 saatlik kullanım sonunda ya da yağ kokusu oluşmaya başladığında değiştirilir. Bu işlem sonunda (yeterli ön filtreleme yapıldı ise) kalıntı yağ miktarı 1 milyonda 0, 003 parçacıktır. (0, 003 ppm) Bu bir SI⁸ birimi olmamasına rağmen hala geçerlidir. (SI 'da ifade "0, 003 mg/m³"tür). Bu tip filtrelerin yukarıda bahsedilen alanlarda kullanımı özellikle tavsiye edilmektedir [Anonim, 2009h].(Not: Aktif karbon tipi filtreler daima basınç düşürme valflerinin basınçlı tarafına yerleştirilirler çünkü içteki basınç kaybı hacimsel debiye bağlıdır.)

Eczacılık ve gıda sanayi gibi uygulamalar yağsız basınçlı hava gerektirir. Kalıntı yağ (kompresör yağı) mutlaka giderilmelidir. Kompresör yağsız çalışan tip olsa dahi içeri çekilen havada bulunan yağ partikülleri hassas araçlara ulaşır. Bu yağ hassas çalışan parçaları tıkayabilir ve bozulmalarına sebep olabilir ya da yağlanmalarını hasara

⁸ Uluslararası Ölçüm Sistemi (Fransızca: Système international d'unités)

uğratabilir. Pneurop⁹ sınıfları (Pneurop Talimatları 6611) aşağıdaki standart değerleri belirlemiştir. [Anonim, 2009h]. Bu değerler çizelge 3.5.'te görülmektedir.

Sınıf	Yağ içeriği (mg/m ³)
1	0.01
2	0.1
3	1.0
4	5.0
5	25.0

Çizelge 3.5. Pneurop Talimatları 6611

Basınçlı havanın içerdiği yağ miktarı şu şekilde de ifade edilebilir.

Düşük Yağlı Hava

Havanın 1 µm ila 20 µm arası bir filtreden geçirilmiş halidir. Bu şekilde, çevre koşullarının elverdiği derecede, "ölçme" ya da "solunum havası" kalitesine ulaşılır.

Teknik Olarak Yağsız Hava

Kalıntı yağ miktarı 0, 3 ila 0, 01 mg / m³ arasındadır ve teknik uygulamalarda soruna yol açmaz. Hassas filtreler ile elde edilir.

Mutlak Yağsız Hava

Basınçlı hava hazırlanması esnasında yağsız hava girişinde havanın yağ ile teması yoktur. Yağ içeriği 0, 003 mg / m³ 'den azdır. Bu seviyeye yalnızca aktif karbon filtreler ile ulaşılabilir.

Yağ miktarını azaltmak için üç yöntem kullanılabilir:

- Yağsız hava üretiminde kullanılan kompresörler.
- Aynı anda hem soğutma hem de %80 oranında yağ ayırımı yapan soğutuculu kurutma yöntemi.
- Yağ ayırıcı filtreler.

İkinci filtrenin aktif karbon filtre olduğu ve adsorpsiyonlu filtrelemenin yapıldığı iki mikro filtreyi seri olarak bağlayarak birden fazla yöntemi aynı zamanda uygulamak da mümkündür. Bu şekilde diğer kirleticiler giderilmiş ve yağ kokusu da önlenmiş olur ve bu sayede üretim aşamasında kalıcı olarak yağlanan ve hassas çalışan pnömatik araçlar ve kontrol elemanları da yağsız hava ile çalıştırılmış olurlar. Ama bir kere yağlı hava kullanıldı ise, devamlı olarak yağ kullanılmalıdır çünkü yağsız hale geri

⁹ PNEUROP - Avrupa Kompresör, Vakum Pompası ve Pnömatik Ekipman İmalatçıları Komitesi

dönülemez. Yağsız ve basınçlı havayı; yağsız tip kompresörle üretmek ya da sıkıştırma işleminden sonra yağı filtre etmek bir tercih meselesi olmakla beraber yağsız tip kompresörler daha ucuzdurlar. Basınçlı hava filtre edildiğinde su oluşur. Bu su yoğunlaşmış halde ve zaman zaman boşlatılmak üzere biriktirilir. Çok miktarda su kısa zamanda birikiyorsa bu takdirde otomatik drenaj kullanılarak filtrenin kontrolü daha kolay hale getirilebilir [Anonim, 2009h].

Filtre tipleri, uygulama alanları ve ana işlevleri gibi filtre seçiminde dikkat edilecek hususlar ile ilgili bilgiler çizelge 3.6.'da belirtilmiştir.

	Filtre tipi	Uygulama	Ana işlev
A	Küçük katı kirleticiler, nem ve yağ geçirir.	Makine kontrolü, bağlama tertibatı (mengene), pnömatik çekiçler, körük havası.	5 µm üzeri parçacıkların, %99 üzeri yağ ve %99 altı aşırı yoğunlaşmış nemin tutulması.
B	Asıl amaç yağ ve tozun giderilmesi olup az miktarda (sıcaklık farkından kaynaklanan) nem geçirebilir.	Endüstriyel donanım: pnömatik tahrik elemanları, takım tezgahları, motorlar, metal burçlar.	0,3 µm üzeri parçacıkların, %99,9 üzeri yağ sisi ve %99 üzeri aşırı doymuş nemin tutulması.
C	Asıl amaç nemin tutulması olup az miktarda toz ve yağ geçirir.	A'ya benzer şekilde; araçlarda ya da hatlardaki sıcaklık farkı nedeniyle zorlaştırılmış, sprey ve boya uygulamaları.	5 µm üzeri parçacıkların ve %99 üzeri sıvının tutulması, atmosferik çiy noktası -17 °C'den az
D	Nemin, tozun ve yağın tutulması asıl amaçtır.	Proses mühendisliği, ölçme araçları, yüksek kaliteli boyama sistemleri kalıpların soğutulması ve plastik enjeksiyonlu kalıp makineleri	5 µm üzeri parçacıkların ve %99 üzeri sıvının tutulması, atmosferik çiy noktası -17 °C'den az
E	Nem toz ve yağdan tamamen (yaklaşık) arındırılmış hava istenir.	Pnömatik ölçme araçları-. Akışkanlar bilimi, elektrostatik boyama, elektronik parçaların temizlenmesi ve kurulanması.	0,01 µm üzeri parçacıkların, %99,9999 üzeri yağ ve nemin tutulması, atmosferik çiy noktası -17 °C'den az.
F	Nem, toz, koku ve yağdan tamamen (yaklaşık) arındırılmış çok temiz hava istenir.	İlaç ve gıda sanayi (paketleme, kurutma, nakil, içecek)	0,01 µm üzeri parçacıkların, nemin, kokunun ve %99,9999 üzeri yağın tutulması, atmosferik çiy noktası -17 °C'nin altı.
G	Asıl amaç düşük çiy noktası, tozsuz ve yağsız hava eldesidir.	Kurutma (elektronik, kargo) ilaç depolama, deniz ölçümleri, nakil malzemeleri.	0,01 µm üzeri parçacıkların, koku, buhar %99,9999 üzeri yağın ve nemin tutulması, atmosferik çiy noktası -17°C'nin altı.

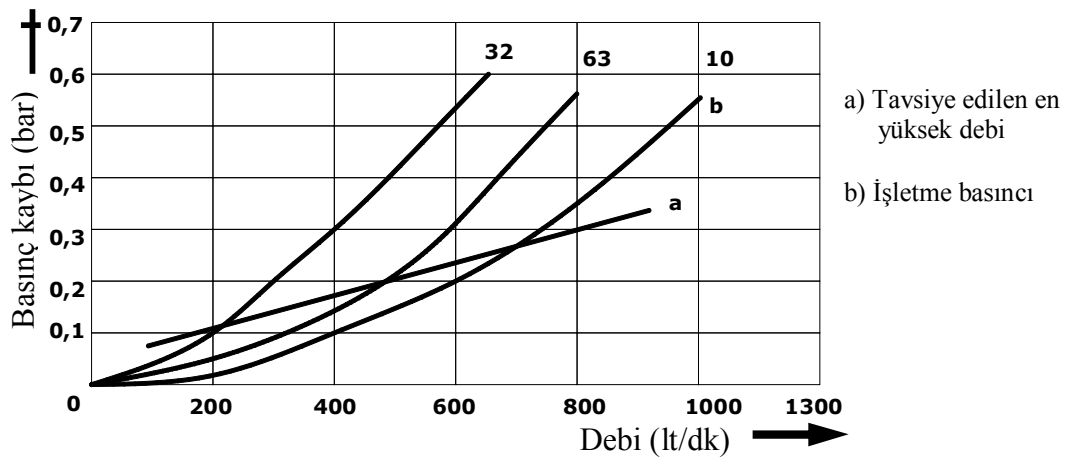
Çizelge 3.6. Filtre seçiminde dikkat edilecek hususlar

Filtre seçiminde şu noktalar dikkate alınmalıdır: [Anonim, 2009h]

- Hangi derecede temiz hava isteniyor?
- Bağlantı büyüklüğü nedir? (basınca ve hacimsel debiye bağlı olarak)
- Boşaltma tipi nedir? (manuel ya da otomatik)

Bağlantı (port) büyüklüğü mutlak giriş basıncından %3 den fazla düşüşe yol açmayacak şekilde seçilmelidir. 6 bar basınç için bu değer $\Delta p=0,2$ bar basınç kaybına eşittir. Grafik, şekil 3.18.'de verilmiştir. En kaliteli filtre dahi basınç düşüşüne sebep olur. Pratik uygulamalar; seçilen filtrenin gerçek debisinin işletme basıncında düz çizginin altında olması gerektiğini göstermiştir [Anonim, 2009h].

En yüksek ve en düşük debiler için limitleri gözlemek oldukça önemlidir. Eğer filtreler en düşük debiden daha da düşük bir debide çalıştırılırlarsa Van Der Waals kuvvetleri parçacıkları tutmak için yeterli olmaz ve parçacıklar daha sonra da tutulamazlar. Aksi bir durumda ise yani maksimum değer aşılsa (ki pratikte çok sık rastlanan bir durumdur) diferansiyel basınç hızla artar. Bu da ekonomikliği ve verimi azaltır. Daha da kötüsü tutulan parçacıkların gevşeyip filtre içine itilmesidir. Bu da filtrelemeye rağmen sistemde parçacıklar bulan operatör için şaşırtıcı bir durumdur [Anonim, 2009h].



Şekil 3.18. Debinin bir fonksiyonu olarak filtredeki basınç kaybı

Basıncılı havadan yoğunlaşan sıvı için önemli bir nokta da; bu sıvının katı parçacıklar, su ve yağın bir karışımı olduğudur. Genel özellikleri oldukça zararlı olduğu için bu sıvın boşaltımı ciddi bir durumdur. Termokimyasal yoğunlaştırma işlemcileri bu sıvıyı içme suyu ve solunum havası kalitesine getirebilirler. Bu gibi filtrelerin kullanımı boşaltım sorununu ortadan kaldırır. [Anonim, 2009h].

3.1.8.1. Aktif Karbon Filtrelerin Gaz ve Partikül Tutma Kabiliyetleri

Aktif granül karbon filtreler ağır kokuların olduğu mekânlarda koku tutucu filtre olarak kullanılırlar. Aktif granül karbon filtrelerde, filtre kirlendiğinde sadece granül karbonlar değiştirilir. Filtrenin hücrelerini değiştirmeye gerek yoktur. Aktif granül karbon filtre şekil 3.19.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Aktif Granül Karbon Filtre

Aktif karbon filtrenin gaz moleküllerini yakalama ve tutma özelliği vardır. Aktif karbon filtrenin yüzeyi milyonlarca ufak gözenekten oluşmaktadır. Bu gözenekler sayesinde birçok koku yayan zehirli gazlar yakalanır. Aktif karbon filtreler kullanıldığı ortam havası kirliliğine ve kullanım sıklığına bağlı olarak değiştirilmelidir. Örneğin, sigara içilen bir ortamda aktif karbon filtrelerin 3 ila 6 ayda bir değiştirilmesi gerekmektedir. Aktif karbon filtre her gazı aynı oranda filtre edemez. Aktif karbon filtrenin hangi gazları ve hangi oranda tutabildiğini gösteren tablo, çizelge 3.7.'de verilmiştir. Bu tabloda her gazın karşılığında 1'den 4'e kadar rakamlar görülmektedir. Bu rakamlar filtrenin bahsi edilen gazları hangi oranda yakalayabildiğini göstermektedir [Anonim, 2009j]. (* işareti olan gazların / kirleticilerin, özel olarak hazırlanmış aktif karbon çeşitleri ile, filtreleme performansları kategori 3- 4'e çıkartılabilir.)

4- Çok iyi 3-Tatmin Edici 2-Orta 1-Az

*	Acetic acid	4	Dichloroethylene	4
	Acetic anhydride	4	Dichloroethyl ether	4
	Acetone	3	Dichloromonofluomethane	3
*	Acetylene	1	Dichloromonofluomethane	3

Çizelge 3.7. Aktif Karbon Filtre Verimlilik Çizelgesi

*	Acrolein	3	Dichloropropane	4
	Acrylic acid	4	Dichlorotetrafluroethane	4
	Acrylonitrile	4	Diesel fumes fumeador	4
	Adhesives	4	Diethylamine	3
	Air-Wick	4	Doethyl ketone	4
	Alcoholic beverages	4	Dimethylaniline	4
*	Amines	2	Dimethylsulfate	4
*	Ammonia	2	Dioxane	4
	Amyl acetate	4	Dipropyl ketone	4
	Amyl alcohol	4	Disinfectants	4
	Amyl ether	4	Embalming odors	4
	Animal odors	3	Ethane	1
	Anesthetics	3	Ether	3
	Aniline	4	Ethyl acetate	4
	Antiseptics	4	Ethyl acrylic	4
	Asphalt fumes	4	Ethyl alcohol	4
	Automobile exhaust	3	Ethylamine	3
	Bathroom smells	4	Ethyl benzene	4
	Benzene	4	Ethyl bromide	4
*	Bleaching solutions	3	Ethyl chloride	3
	Body odors	4	Ethyl ether	3
	Borane	3	Ethyl formate	3
	Bromine	4	Ethyl mercaptan	3
	Burned flesh	4	Ethyl silicate	4
	Burned food	4	Ethylene	1
	Burning fat	4	Ethylene chlorhydrin	1
	Butadiene	3	Ethylene dichloride	4
	Butane	2	Ethylene oxide	4
	Butanone	4	Essential oils	3
	Butyl acetate	4	Eucalyptole	4
	Butyl cellosolve	4	Exhaust fumes	4
	Butyl chloride	4	Fertilizer	3
	Butyl ether	4	Film processing odors	4
*	Butylene	2	Fish odors	3
*	Butyne	2	Floral scents	4
*	Butyraldehyde	3	Flurotrichloromethane	4
	Butyric acid	4	Food aromas	3
	Cadaverine	3	Formaldehyde	4
	Camphor	4	Formic acid	2
*	Carbon dioxide	1	Gasoline	4
	Carbon monoxide	1	Heptane	4
	Carbon tetrachloride	4	Heptylene	4
	Cellosolve	4	Hexane	4
	Cellosolve acetate	4	Hexylene	3

Çizelge 3.7. (Devam)Aktif Karbon Filtre Verimlilik Çizelgesi

Charred materials	4	Hexyne	3
Cheese	4	Hospital odors	3
Chlorine	3	Household smells	4
Chlorobenzene	4	Hydrogen	4
Chlorbutadiene	4	Hydrogen bromide	1
Chloroform	4	Hydrogen chloride	2
Chloronitropropane	4	Hydrogen cyanide	2
Chloropicrin	4	Hydrogen sulfide	3
Cigarette smoke odor	4	Incense	4
Citrus and other fruits	4	Indole	4
Cleaning compounds	4	Industrial wastes	3
Combustion odors	3	Iodine	4
Corrosive gases	3	Iodoform	4
Cooking odors	4	Irritants	4
Creosote	4	Isophorone	4
Creosol	4	Isoprene	3
Crotonaldehyde	4	Isopropyl acetate	4
Isopropyl alcohol	4	Propyl chloride	4
Masking agents	4	Propyl ether	4
Medicinal odors	4	Propyl mercaptan	4
Melons	4	* Propyne	2
Menthol	4	Putrefying substances	3
Mercaptans	4	Putrescine	3
Methane	1	Radiation products	2
Methyl acetate	3	Rancid oil	4
Methyl acrylic	4	Resins	4
Methyl alcohol	3	Reodorants	4
Methyl bromide	3	Ripening fruits	4
Methyl butyl ketone	4	Rubber	4
Methyl cellosolve	4	Sauerkraut	4
Methyl cellosolve acetate	4	Sewer odors	4
Methyl chloride	3	Skatole	4
Methyl chloroform	4	Slaughtering odors	3
Methyl ether	3	Smog	4
Methyl ether ketone	4	Smoke	4
Methyl formate	3	Soaps	4
Methyl isobutyl ketone	4	Solvents	3
Methyl mercaptan	4	Sour milk	4
Methylcyclohexane	4	Spilled beverages	4
Methylcyclohexanol	4	Spoiled foodstuffs	4
Methylcyclohexanone	4	Stoddard solvent	4
Methyl oxide	4	Stuffiness	4

Çizelge 3.7. (Devam) Aktif Karbon Filtre Verimlilik Çizelgesi

Methylene chloride	1	Styrene monomer	4
Methylmethacrylate	4	* Sulfur dioxide	2
Mildew	3	* Sulfur trioxide	3
Mixed odors	4	Sulfuric acid	4
Mold	3	Tar	4
Monochlorobenzene	4	* Tarnishing gases	3
Monoflurotrichloromethane	4	Tetrachlorethylene	4
Mothballs	4	Tetrachloroethane	4
Naptha (coal tar)	4	Toilet odors	4
Naptha (petroleum)	4	Toulene	4
Napthalene	4	Toluidine	4
Nicotine	4	Trichlorethylene	4
* Nitric acid	3	Trichloroethane	4
Nitro benzenes	4	Urea	4
Nitroethane	4	Uric acid	4
* Nitrogen dioxide	2	Valeric acid	4
Nitroglycerine	4	Valericaldehyde	4
Nitromethane	4	Varnish fumes	4
Nitropropane	4	Vinegar	4
Nonane	4	Vinyl chloride	3
Octalene	4	Waste products	3
Octane	4	Wood Alcohol	3
Odorants	4	Xylene	4
Onions	4		
Organic chemicals	4		
Ozone	4		
Packing house odors	4		
Paint odor	4		
Paste and glue	4		
Pentane	3		
Pentanone	4		
* Pentylene	3		
* Pentyne	3		
Perchloroethylene	4		
Perfumes, cosmetics	4		
Perspirations	4		
Pet odors	4		
Phenol	4		
Phoagne	3		
Popcorn and candy	4		
Poultry odors	4		
Propane	2		
* Propionaldehyde	3		
Propionic acid	4		

Çizelge 3.7. (Devam) Aktif Karbon Filtre Verimlilik Çizelgesi

Aktif karbon sistemler ayrıca, suda bulunan koku, renk ve tat bozukluğunun giderimi için de kullanılır. Genellikle organik kirliliğin yol açtığı bu tür problemleri ortadan kaldırmanın en kolay yolu, aktif karbon kullanmaktır, mikroskop altında süngerimsi bir yapıya sahip olan karbon tanecikleri sudaki serbest klor, petrol ve petrol yan ürünleri, diğer organikleri adsorbe ederek tutar [Anonim, 2009k].

Otomatik filtre grubunun kullandığı valf ile ters yıkama yapılması ile aktif karbon yatağının su ile havalandırılıp minerallerinin her yönü ile kullanımı mümkün olmaktadır. Her tür debide kullanılan aktif karbon filtre grupları işletmeler ve evsel kullanımlarında su arıtımının en önemli ünitelerinden biridir. Aktif karbon filtre grubunun en büyük avantajlarından biri ise sarf malzeme giderinin yalnızca su olmasıdır. Çünkü bu filtre grubu ters yıkama işlemini yalnızca su ile yapıp başka bir malzemeye ihtiyaç duymamaktır. Aktif karbon üniteleri ters yıkama ve servis aşamalarını insan müdahalesi olmadan otomatik zaman kontrollü olarak yapar [Anonim, 2009k].

Aktif Karbon Filtrelerin avantajları:

- Tesis ilk yatırım maliyeti düşüktür.
- Konvansiyonel sistemlere göre çok daha küçük bir alan ihtiyacı bulunmaktadır.
- İnsan müdahalesine gerek olmadan tam otomatik olarak çalışır.
- İşletme masrafı ve enerji sarfiyatı düşüktür.
- Rejenerasyonlarda düşük su tüketimi ile filtre yataklarını temizler.
- Üniteleri her açıdan korozyona karşı dayanıklıdır.

Karbon filtrelerin dizaynında dikkat edilmesi gereken hususlar:

- Filtre işleminde kullanılan aktif karbon mineralinin fiziksel ve kimyasal özellikleri,
- Suyun aktif karbon ile olan temas süresi (mineral miktarı),
- Mineral tankının çapı (suyun geçiş hızı),
- Otomasyon valfi yapısı (tesisat çapı, geri yıkama debisi)

Sistemi oluştururken; kullanılması gereken otomasyon, mineral, mineral tanklarının boyutları gibi noktalara dikkat edilmeli ve sistem bu dizayn parametrelerine göre hesaplanmalıdır.

Aktif karbon filtrelerde de diğer sistemlerde olduğu gibi PE (polietilen) gövdeli tanklar ya da epoksi kaplı çelik tanklar kullanılmaktadır. Sistemlerde değişen tek nokta ise otomasyon sistemlerinin çalışma prensipleridir. Zaman kontrollü, hacim kontrollü, elektronik panel kontrollü (mikroprosesör), pnömatisik ya da manuel olabilen bu sistemler her iki tank modelinde de kullanılabilir. [Anonim, 2009].

3.1.8.2. Aktif Karbon Filtrelerin Kullanım Alanları

Aktif karbon filtreler, ağır kokuların olduğu mekânlarda koku tutucu filtre olarak, suda ise, içerisinde bulunan koku, renk ve tat bozukluğunun giderimi için kullanılır. Suda bulunan bu tür problemlerin birçok açıklaması olabilir. Genellikle organik kirliliğin yol açtığı bu tür problemleri ortadan kaldırmanın en kolay yolu, aktif karbon kullanmaktır. Aynı zamanda suyun içerisinde bulanabilecek serbest klor, petrol ve petrol yan ürünleri, diğer organikleri absorbe etmek için kullanılabilir [Anonim, 2009m].

Ayrıca aktif karbon filtrelerin kullanım amaçları;

Renk giderme:

Birçok kompleks işlem basamaklarında geniş kullanıma sahiptir; gıda ürünleri, son ürün aşamasında renk değişikliği gereken kimyasallar ve ilaç endüstrisi bunlar arasında gösterilebilir. Piyasa üreticilerinin karşılaştıkları talepler doğrultusunda temiz ürünler sağlama ya da doğru renk özelliklerine sahip ürünler hazırlama ihtiyacı doğar. Bu ihtiyaçlar için üretilen aktif karbon, sıvılarda renk, kalite ve özellik değişikliğine yol açabilen istenmeyen bileşikleri uzaklaştırmak için kullanılırlar.

Gıda maddeleri sektöründe aktif karbon, glikoz, nişasta, şeker şurupları ve yağların rengini açmak ya da rafinerizasyon amacıyla kullanılır.

İlaç sanayinde aktif karbon, ürün ilacın ve ara ürünlerin saf ve renkten bağımsız olarak ortaya çıkarılmasında güvenilirdir.

Atık Maddeler:

Atıkların yok edilmesi ve kontrol altına alınabilmesi için artan talep doğrultusunda yakma işlemi, zehirli, ev kökenli ya da klinik atıkların işlenmesi için benimsenmiştir. Maddelerin kompleks doğalarının sonucu olarak bu kez baca gazları kirlenmeye başlamış, atmosfere salıverilmeden önce işleminden geçirilmesi gereği doğmuştur.

Aktif karbonun bu türü, dioksinleri¹⁰, ağır metalleri ve diğer kalıntı elementleri baca gazından arıtmak için geliştirilmiştir. En yaygın işlem tekniği, toz aktif karbonla partikül filtrelerinin kaplanması ve çeşitli maddelerle karıştırılarak baca gazlarına püskürterek zararlı unsurları yakalamak şeklindedir. İstenmeyen unsurlar daha sonra baca gazı sistemden geçerken ilgili unsurlara uygun aktif karbonda adsorbe olurlar.

Su Arıtımı:

Aktif karbon, sularda; renk, tat, koku, serbest klor, organik madde giderici olduğu gibi çözülmemiş organik ve organik olmayan kirliliklerinde arıtılmasında kullanılmaktadır. Aktifleştirme işlemi ile yüzey alanı artırılan karbon mineralleri, organik maddeleri adsorbe ederek filtre ederler.

Kuyu ve şebeke sularının dezenfekte edilmesi için çoğu zaman ucuz ve etkili bir dezenfektan olan sodyum hipoklorit ile klorlanır. Bu koroziv kimyasal tesisatta çürümeye, boyanan kumaş ve yıkanan ürünlerde renk farklılıklarına sebep olduğu gibi kanserojen etkisi, kokusu ve tadı sebebiyle kesinlikle yıpratıcı zararlara sebep verir.

Aktif karbon filtreler ile sudaki erimiş organik maddelerin yol açtığı renk arıtılarak, berraklaşma sağlanır. Çalışma anında filtre içerisinde yer alan aktif karbon mineralinin gözenekli yapısından ileri gelen absorbe özelliği ile bileşik ve gazların emilerek gözeneklerde hapsolması sağlanır. Sudaki emilecek maddelerin yoğunluğuna bağlı olarak mineral uzun süre aktifliğini sürdürebilir.

Ayrıca geniş kapsamlı eğlence komplekslerinin, otel ve tatil köylerinin içme ve kullanma sularının filtrasyonunda, şişeleme ve dolum tesislerinin kaynak ve kuyu sularının temizlenmesinde her çapta sanayi ve endüstri tesisinin ihtiyaç duyduğu iyi kalitedeki proses suyunun temininde güvenle kullanılabilir [Anonim, 2009n].

Altın:

19. yy. boyunca altına hücum furçası yaşanmış, Amerikan altın arayıcıları madeni yamaçlardan kazma ve kürekle külçeler halinde çıkarmışlardır. Devam eden keşifler yer kabuğundaki altın konsantrasyonunu yavaş yavaş azaltmış ve külçe büyüklüğünde maden, çok ender görünür olmuştur. Buna rağmen bu teknikte son işleme tekniğinde cıva gibi oldukça tehlikeli maddelerden yararlanılmaktaydı. Gelişmiş kimyasal proses tekniklerinde, altının çok küçük kalıntıları bile ezilmiş maden cevherinin sodyum siyanürle muamelesi yoluyla kazanılır.

¹⁰ İki oksijen köprüsüyle birbirlerine bağlanmış iki klorlu benzen halkası içeren bileşen grubunun genel ismidir. Dioksin, çok toksiktir.

Bu amaca yönelik hazırlanmış aktif karbon, şekillenmiş kompleks altını adsorbe etmekte kullanılır. Doymuş aktif karbon asit yıkamadan geçirilip altın, çinko çöktürmesi veya elektrowinning (elektroliz)¹¹ teknikleri ile yeniden kazanılır. Ayrıca siyanürlü bileşiklerin aktif karbonla rahatlıkla yakalanmasından dolayı siyanür atıklarının doğaya salınması tamamı ile engellenerek eski tip cıva tekniğine göre çok daha çevreci bir üretim yapılmış olur.

Endüstriyel Uygulamalarda:

Basınçlı havanın içinde bulunması muhtemel kontaminasyonlardan¹² biri olan yağ buharı; gıda ve ilaç sektörü başta olmak üzere, havanın temas edeceği hassas yüzey uygulamalarında ve pnömatik ekipman havasında kesinlikle istenmemektedir. Çok hassas uygulamalarda Oil-Free olarak bilinen yağsız kompresörler seçilse dahi, emilen atmosfer havasında bulunan hidrokarbon konsantrasyonu nedeniyle yağ buharı şartlandırılmasının yapılması gerekmektedir. Bu amaçla aktif karbon granül filtreler kullanılmaktadır.

Gıda ve ilaç sektöründe belli noktalarda, kullanılan basınçlı havanın kesinlikle steril olması gerekmektedir. Bu da ancak steril hava filtreleri ile mümkün olmaktadır. Bu tip filtreler, hatlarda yapılan sterilizasyon işlemlerine uygun olmalıdır.

Ayrıca; bira ve gıda üretimi için, yüksek saflıkta su sağlanması gereken yarı-iletken teknolojisinde, araç yıkama su sirkülasyon sistemlerinin deterjan uzaklaştırmasında, ve yer remeditasyon projelerinde toksik bileşiklerin adsorbsiyonunda kullanılmaktadır [Anonim, 2009p].

Sürücüler İçin Kabinde Temiz Hava Sağlama Amaçlı:

Özellikle astım, saman nezlesi ya da alerji hastaları, araç içindeki kirli havanın filtrelenememesinden şikâyet etmektedirler. Polen, sporlar veya bakterilerin engellenememesi nedeniyle çeşitli sağlık sorunları yaşanmaktadır. Bu amaçla üretilen kabin (aktif karbon) filtresi, dışarıdaki kirli havanın kabine girmesini engeller; kurum, moloz tozları ve endüstriyel toz gibi tüm kir parçacıklarını emerek kabin hava filtresinde kalmasını sağlar [Anonim, 2009p].

Eko sistem ve Çevre Koruma Amaçlı:

Aktif karbon dioksitleri, ağır metalleri ve diğer kalıntı elementleri baca gazından arıtmak için geliştirilmiştir. En yaygın işlem tekniği, toz aktif karbonla partikül

¹¹ Bir elektrik akımı tarafından aşılacak bir elektrolitin uğradığı ayrışmadır.

¹² İstenmeyen zararlı maddeler ve mikroorganizmaların herhangi bir yolla gıdalara bulaşması.

filtrelerinin kaplanması ve çeşitli maddelerle karıştırarak baca gazlarına püskürterek zararlı unsurları yakalamak şeklindedir. İstenmeyen unsurlar daha sonra baca gazı sistemden geçerken ilgili unsurlara uygun aktif karbonla adsorbe olurlar. Nükleer enerji santrallerinde, serbest bırakılan radyoaktif metil iyodid kimyasal olarak impregne edilmiş (emdirilmiş) aktif karbonla kontrol altında tutulmaktadır [Anonim, 2009p].

Solunum Aygıtları ve Gaz maskeleri:

Solunum aygıtlarında (respiratör) ve gaz maskelerinde aktif karbon, endüstriyel çözenlerden, asit gazlarından, amonyaktan ve kimyasal mücadelede kullanılan maddelerden, kimyasal ve biyolojik savaşta kullanılan gazlardan maksimum kişisel korunmayı garanti altına alır. 1. Dünya savaşında neredeyse her askerin yanında klor gazından korunmak için kullanılan gaz maskelerinde kullanılan tek madde aktif karbondu ve bu madde milyonlarca sivil ve askerin hayatını kurtarmıştı [Anonim, 2009p].

NBC Koruyucu Elbiselerde:

Mekanik dayanımı yüksek küresel aktif karbon teknolojisi geliştirilmesi üzerine NBC (Nükleer, Biyolojik ve Kimyasal) koruyucu elbise filtre katmanının laminasyonu ve NBC gemi filtrelerinde kullanılmak üzere anti bakteriyel ve savaş gazlarını tutucu, emdirilmiş aktif karbon geliştirilmiştir.

Elbise, kullanılan küresel aktif karbonla NBC silahlarına karşı geçirmezlik özelliğine sahiptir. Kimyasal silahların oluşturduğu gazları tutan küresel aktif karbon adı verilen malzemenin teknolojik olarak üretilmesiyle yapılmıştır. Minik bilyeler halindeki aktif karbon iki tekstil malzemesinin arasına bitişik düzende konulmaktadır. Lamine kumaş halindeki elbise 2,5 kg ağırlığı ile çok hafiftir. Bu da askerin hareketlerini kısıtlamamaktadır. Alev karşı dayanıklı, yağ, suyu itici özelliği olan bu elbise terleme sonucu meydana gelecek olumsuzlukları da azaltma kabiliyetine sahiptir. Küresel aktif karbon malzemenin bir gramında 1000 metrekare yüzey alanı kimyasal gazları tutabilecek kapasitede bulunmaktadır. Bu da askerin oradan uzaklaşması için yeterli zamanı kazandırır [Anonim, 2009p].

Halen dünyanın pek çok kent suyu arıtım tesisleri, tat, koku, renk ve toksinlerden arındırılmasında aktif karbon kullanılmaktadır. Hava kirliliğine neden olan uçucu

organik maddelerin uzaklaştırılmasında kullanılabileceği gibi inorganik kirleticiler için de kullanılabilir. Aktif karbon ev kullanımında, istenmeyen kokulardan kurtulmak için, endüstriyel alanda ise, birçok üretim işleminden geri kazanılması gerekli çözücülerin arıtımında güvenle kullanılmaktadır [Anonim, 2009n].

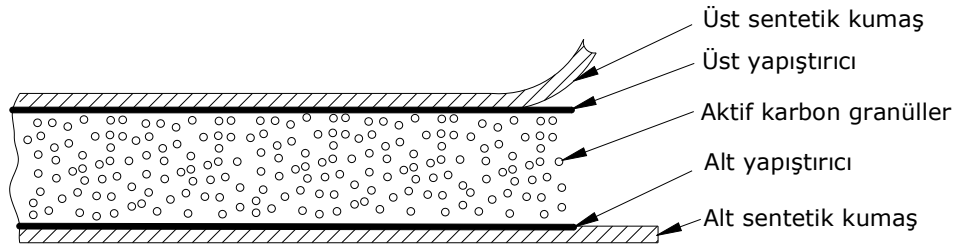
3.1.9. Deneyde Kullanılacak Aktif Karbonun Seçimi ve Özelliği

Aktif karbon ürünler ve bu ürünlerin üretiminde kullanılan yarı mamul formundaki aktif karbon malzemeler çeşitlilik göstermektedir. Bu ürünler dört ana başlık altında toplanabilir:

- Sadece aktif karbon granülleri ile dolu filtreler.
- Sıvı aktif karbon emdirilmiş sünger filtreler.
- Aktif karbon elyafı ile dokunmuş kumaşlar.
- Alt ve üst sentetik kumaş arasına lamine edilmiş (yapıştırılmış) granül halinde aktif karbon filtre malzemeleri.

Bu çalışmada kullanılacak olan ürün tipi en yaygın olarak kullanılanlardan birisi olan son tip olup, lamine aktif karbon filtredir. Bu malzeme otomotiv sektöründe, binalar ve hastanelerin havalandırma sistemlerinde kullanılan filtrelerin ana malzemesini oluşturmaktadır.

Şekil 3.20’de görüldüğü üzere, bu malzemenin çok basit bir yapısı olmasına rağmen kullanım alanı oldukça geniştir. Bu malzeme formunda, aktif karbon malzeme, alt ve üst sentetik kumaş tarafından korunmaktadır. Bu koruma görevinin yanı sıra, karbon granüllerin dağılmasına da müsaade edilmediğinden, filtrenin formu ve fonksiyonu da bu alt ve üst sentetik kumaşlar tarafından korunmaktadır. Ayrıca, bu alt ve üst sentetik kumaş tabakalar, iri boyutlarda olan toz, kir ve ayrıca rutubeti de tutma özelliğine sahiptir. Bu özellikleri ile filtre çok geniş kullanım alanlarına hitap etmektedir. Burada etkin özellik, filtrenin esas görevi olan standart filtrelerle elde edilecek filtreleme özelliğine ek olarak aktif karbon filtrenin avantajlarının sağlanmış olmasıdır.

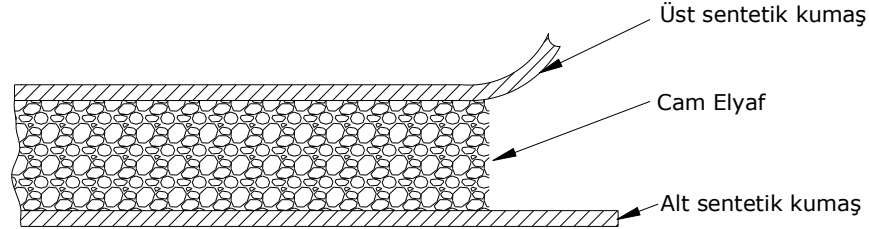


Şekil 3.20. Lamine Aktif Karbon Filtre Yapısı

3.1.10. Deneyde Kullanılacak F8 Malzemenin Özelliği

EN 779 standardına ait filtre sınıfları, ön filtreler (G1, G2, G3 ve G4) ve hassas filtreler (F5, F6, F7, F8 ve F9) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Şekil 3.23'te filtre sınıfları ve toz tutma kapasiteleri belirtilmiştir.

Bu çalışmada kullanılacak olan F8 sınıfı malzeme, EN 779 standardına ait olup laboratuvarlar ve klima santralleri başta olmak üzere birçok alanda kullanılır. Bu malzeme formunda, cam elyaf malzeme, alt ve üst sentetik kumaşa ısı verilerek yapıştırılmıştır. Bu malzemenin de lamine edilmiş aktif karbon malzeme gibi oldukça basit bir yapısı vardır ve bu yapı şekil 3.21.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.21. F8 Malzemenin Yapısı

EN 779 standardına ait hassas filtre sınıfları ile birlikte F8 malzemenin teknik özellikleri şekil 3.22.'de gösterilmiştir.

Filtre Tipi		F 6	F 7	F 8	F 9
Ayarlı yüzey geçiş hızı (metre/saniye)	m/s	3.37	3.37	3.37	3.37
EN 779 standardına göre filtre sınıfı (1)		F 6	F 7	F 8	F 9
Ayarlı hava akış miktarında atmosfer toz verimi, ortalama (2)	%	65 (60-65)	85 (80-90)	95 (90-95)	97 (95-98)
Tavsiye edilen son basınç düşmesi	Pa	600	600	600	600
Kırılma basıncı	Pa	> 2000	> 2000	> 2000	> 2000
Maksimum sürekli sıcaklık	°C	80	80	80	80
Maksimum bağıl nem	%	100	100	100	100
DIN 53438 standardına göre yanıcılık sınıfı		K1/F1	K1/F1	K1/F1	K1/F1

Şekil 3.22. EN 779 standardına ait hassas filtre sınıflarının teknik özellikleri

SEÇİM ÇİZELGESİ

		EN 779 Sınıfı	
		G1	Am < 65
Ön Filtreler	HV2000 (Dry), AmerGlas Standard, ChevroNet, Roll-O-Mat M85, AmerGlas M57, AmerTex R15 & R17, AmerGlas Blue, MetaNet	G2	65 ≤ Am < 80
	AmerGlas 5700, HV2000 (with viscotine), ChevroNet, AmerGlas M57, Roll-O-Mat M94, AmerTex R29, MetaNet with viscotine, NetPly	G3	80 ≤ Am < 90
	AmAir 100, AmAir 300, AmAir HT, DriPak 25, ChevroNet, NetPly, AmerTex R50	G4	90 ≤ Am
Hassas Filtreler	DriPak GF, DriPak 2000, AmAir 500, AmerTex F, ChevroNet, NetPly	F5	40 ≤ Em < 60
	DriPak GF, DriPak 2000, DriPak Composite, VariCel AM, VariCel V, VariCel II, VariCel II MH with Intersept	F6	60 ≤ Em < 80
	DriPak GF, DriPak 2000, DriPak Composite, VariCel, VAriCel V, FlexPak	F7	80 ≤ Em < 90
	DriPak GF, DriPak 2000, DriPak Composite, VariCel, VAriCelV, VariCel II, VariCel II MH with Intersept	F8	90 ≤ Em < 95
	VariCel V	F9	95 ≤ Em

		EN 1822 Sınıfı	
		E % @ 0.3 µm	E % @ MPPS
HEPA ve ULPA Filtreler	BioCel BF, BioCel V	≥ 95	H10 ≥ 85
	BioCel I, BioCel II, BioCel III, BioPak	≥ 98	H11 ≥ 95
	AstroCel III 3400, AstroCel III 4000, AstroCel III 5000	≥ 99.99	H12 ≥ 99.5
	AstroCel I, AstroCel I HC, AstroPak, AstroCel III NG	≥ 99.997	H13 ≥ 99.95
	AstroCel II & TM	≥ 99.999	H14 ≥ 99.995
		E % @ 0.12 µm	
	AstroCel II & TM	≥ 99.9995	U15 ≥ 99.9995
	AstroCel II & TM / MegaCel	≥ 99.99995	U16 ≥ 99.99995
	AstroCel II & TM	≥ 99.999995	U17 ≥ 99.999995

Not: Am %: G1 - G4 sınıfındaki ön filtreler için ortalama toz yakalama.
Em %: F5 - F9 sınıfındaki hassas filtreler için ortalama verim.
E %: H10 - U17 sınıfındaki Hepa ve Ulpa filtreler için ortalama verim.
MPPS: Filtrenin en çok geçirdiği tane boyu.

Şekil 3.23. Filtre Sınıfları

3.2. Yöntem

Deneyi yapılacak olan filtrenin toz tutma kapasitesi ölçülecek olduğundan dolayı kullanılacak materyalin özelliklerine geçmeden önce hava kalitesinden bahsetmek yararlı olacaktır.

Daha sonra da Türk Standartları Enstitüsü tarafından, giriş havasını temizlemek için kullanılan hava filtreleri elemanlarının deneylerinin yapılması ile ilgili yayınlamış olduğu TS 932 ve TS ISO 5011 standardından bahsedilecektir.

3.2.1. Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) (Air Quality Index - AQI)

Hava Kalitesi İndeksi (AQI), hava kalitesinin günlük olarak rapor edilmesi için kullanılan bir indekstir. Yaşadığımız bölgenin havasının ne kadar temiz veya kirli olduğu ve ne tür sağlık etkilerinin oluşabileceği konusunda bilgiler verir. HKİ (AQI), kirli havanın solunmasından bir kaç saat sonra veya bir kaç gün içinde oluşabilecek sağlık etkilerini belirtir [Anonim, 2009j].

HKİ, 0-500 aralığında düzenlenmiş bir skala olarak düşünülebilir. HKİ değeri yükseldikçe hava kirliliğinin yükseldiği ve sağlık riskinin de arttığı düşünülmelidir. Örneğin; HKİ değerinin 50 olması, hava kalitesinin iyi olduğunu ve toplum sağlığını etkileyebilecek riskin çok az olduğunu gösterir. Buna karşılık, 300'ün üzerindeki HKİ değeri ise, hava kalitesinin kötü ve dolayısıyla sağlık riskinin yüksek olduğunu gösterir.

HKİ değerinin 100 olması, genellikle ulusal hava kalitesi standardına karşılık gelir. 100'ün altındaki indeks değeri, genel olarak iyi bir durumun göstergesidir. HKİ değeri 100'ü aştığında, hava kalitesinin sağlıksız olduğu düşünülür.

3.2.1.1. HKİ Değerlerinin Anlamı

HKİ'nin amacı, yaşadığımız bölgedeki hava kalitesi ile sağlığımızı ilişkilendirmemiz için yardımcı olmaktır. Kolay anlaşılabilir diye HKİ skalası, çizelge 3.8.'de görüldüğü gibi, 6 kategoriye bölünmüştür:

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ / AQI)	Sağlık Seviyesi	Renkler
HKİ aşağıda belirtilen aralıkta olduğunda	Hava Kalitesi	Aşağıda belirtilen renkler ile sembolize edilir
0 - 50 arasında	İyi	Yeşil
51 - 100 arasında	Orta	Sarı

101 - 150 arasında	Hassas gruplar için sağlıksız	Turuncu
151 - 200 arasında	Sağlıksız	Kırmızı
201 - 300 arasında	Çok sağlıksız	Mor / Pembe
301 - 500 arasında	Tehlikeli	Kahverengi

Çizelge 3.8. HKİ (AQI) değerleri

Her bir kategori, farklı sağlık seviyesine karşılık gelir ve anlamları şöyledir:

- ❖ **İyi:** HKİ değeri 0–50 aralığındadır. Hava kalitesinin tatmin edici, hava kirliliğinin çok az olduğu veya sağlık riskinin bulunmadığı anlamına gelir.
- ❖ **Orta:** HKİ değeri 51–100 aralığındadır. Hava kalitesi kabul edilebilir, ancak bazı kirleticilerin, toplumun küçük bir kesiminde orta düzeyde sağlık etkisi olabilir. Örneğin, ozon kirleticisine çok hassas olan kişilerde bazı solunuma bağlı hastalık belirtilerine rastlanabilir.
- ❖ **Hassas gruplar için sağlıksız:** HKİ değeri 101–150 aralığındadır. Toplumun belli bir kesimi, özellikle belli kirleticilere karşı hassastır. Bu grubun, genel nüfusa göre daha düşük seviyelerde dahi etkilenmeleri muhtemeldir. Örneğin, solunum rahatsızlığı olan kişiler, ozon kirleticisine maruz kalmaları sonucu daha fazla risk taşıırken; kalp rahatsızlığı olan kişiler havadaki partikül kirleticilerine maruz kalmaları sonucu daha fazla risk taşırlar. Genel olarak, toplumun büyük kesimi, bu aralıkta etkilenmez.
- ❖ **Sağlıksız:** HKİ değeri 151–200 aralığındadır. Toplumun tüm kesimleri sağlık etkileri ile karşılaşmaya başlayabilir. Hassas gruplar, daha ciddi düzeyde etkilenebilir.
- ❖ **Çok sağlıksız:** HKİ değeri 201–300 aralığındadır. Sağlık alarmı için bir tetikleme noktasıdır. Toplumun tüm kesimleri, çok ciddi düzeyde etkilenebilir.
- ❖ **Tehlikeli:** HKİ değeri 300'ün üzerindedir. Acil durum alarmı için bir tetikleme noktasıdır. Toplumun tüm kesimleri, büyük bir ihtimalle etkilenecektir.

Hava kalitesi, belli kirletici konsantrasyonlarını kaydeden ölçüm cihazlarından oluşan bir ađ yardımı ile ölçülür. Bu ham ölçüm değerleri, geliştirilen standart formüller kullanılarak HKİ değerlerine dönüştürülmektedir. HKİ değeri, bölgedeki her bir kirletici için ayrı ayrı hesaplanır (yer seviyesindeki ozon, partiküller, karbon monoksit, kükürt

dioksit ve azot dioksit). Her bir kirletici için hesaplanan en yüksek HKİ, o güne ait HKİ değerini oluşturur. Örneğin, belli bir alandaki HKİ değerleri, ozon için 90, kükürt dioksit için 88 ise, o güne ait HKİ değeri ozon için hesaplanan 90 değeri olacaktır [Anonim, 2009j].

3.2.1.2. Hava Kalitesi İndeksi HKİ: OZON - O₃

Genel olarak, ozon için HKİ değerinin 100 olması, 0.08 ppm (parts per million) ozon seviyesine karşılık gelir. (8 saat üzerindeki ortalama) [Anonim, 2009j]. Ozon için HKİ değerleri çizelge 3.9.'da verilmiştir.

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ / AQI)	Sağlık Seviyesi	Uyarılar
0 - 50 arasında	İyi	Yok
51 - 100* arasında	Orta	Nadiren hassas olan kişiler, dış ortamda uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmayı dikkate almalıdır.
101 - 150 arasında	Hassas gruplar için sağlıksız	Aktif olan çocuk ve yetişkinler ile astım gibi solunum hastalığı olan kişiler; dış ortamda uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmalıdır.
151 - 200 arasında	Sağlıksız	Aktif olan çocuk ve yetişkinler ile astım gibi solunum hastalığı olan kişiler; dış ortamda uzun süre efor sarfetmemelidir. Bunun dışında herkes, özellikle çocuklar dış ortamda uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmalıdır.
201 - 300 arasında	Çok sağlıksız	Aktif olan çocuk ve yetişkinler ile astım gibi solunum hastalığı olan kişiler; dış ortamda uzun süre efor sarfetmemelidir. Bunun dışında herkes, özellikle çocuklar dış ortamda uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmalıdır.
301 - 500 arasında	Tehlikeli	Hiç kimse dışarıda her hangi bir şekilde efor sarfetmekten kaçınmalıdır.

Çizelge 3.9. Ozon için HKİ (AQI) değerleri

Ozon 3 oksijen atomundan oluşan bir gazdır. Ozon, hem yer seviyesinde ve hem de üst atmosferde oluşur. Ozon bulunduğu yere göre faydalı veya zararlı olabilir.

3.2.1.2.1. Faydalı Ozon:

Ozon doğal olarak, atmosferin üst tabakasında yer kürenin 6 – 30 mil üzerinde oluşur ve koruyucu bir tabaka olarak atmosferi güneşin zararlı ultraviyole ışınlarından

korur. Faydalı olan bu ozon, insanlar tarafından yapılan kimyasal maddeler ile kademli olarak tahrip edilmektedir. Yeryüzünün bazı bölgelerinde koruyucu ozon katmanı tükenmiştir (örneğin, yeryüzünün kuzey ve güney kutuplarında ozon delikleri oluşmuştur).

3.2.1.2.2. Zararlı Ozon:

Yer yüzeyine yakın seviyede; otomobiller, enerji santralleri, endüstriyel kazanlar, rafineriler, kimyasal fabrikalardan ve benzeri kaynaklardan atmosfere verilen kirleticiler, güneş ışınlarının mevcudiyetinde kimyasal olarak reaksiyona girerek ozonu oluşturur. Yer seviyesindeki ozon zararlı bir kirleticidir. Ozon kirliliği, özellikle yaz aylarında güneşli havalarda oluşur [Anonim, 2009j].

3.2.1.2.3. Sağlık Etkileri ve En Riskli Gruplar:

- Çocuklar, dış ortamda aktif olan yetişkinler, astım gibi solunum hastalığı olan ve ozona karşı çok hassas olan kişiler; ozon maruziyeti için en hassas grubu oluşturur.
- Ozon maruziyetine karşı en yüksek risk gruplarından birisi aktif çocuklardır, çünkü yaz aylarının büyük bir kısmını dışarıda oynayarak geçirirler.
- Ancak tüm yaş grupları ve dışarıda aktif olan kişiler de risk altındadır. Çünkü, fiziksel aktivite sırasında ozon, akciğerlerin derinliklerine kadar nüfuz ederek zararlı etkilerini gösterir ve kalıcı hasarlar yaratabilir.
- Solunum rahatsızlığı olan kişilerde, astımlılar dahil, ozona maruz kalma sonucu, akciğerlerin etkilenmesi daha kolaydır. Diğer insanlara göre daha düşük ozon seviyelerinde de ozonun zararlı etkilerini hissedebilirler.
- Bilim adamlarının henüz nedenini bilmemelerine rağmen, bazı sağlıklı insanlarda da ozona karşı duyarlı olabilir.
- Ozon, öksürük, boğaz tahrişi ve/veya göğüste rahatsızlık hissine sebebiyet vererek solunum yollarını tahriş edebilir.
- Ozon, akciğer fonksiyonunu azaltarak, derin ve kuvvetli nefes almayı güçleştirebilir. Solunum hızlanır ve normalden daha yüzeysel olur. Akciğer fonksiyonundaki bu azalma, kişinin dış ortamdaki aktivitelerini yerine getirmekten alıkoyabilir.

- Ozon, astımı kötüleştirebilir. Ozon seviyesi yüksek olduğunda, astımlı olan kişiler, bir doktora ve tedaviye ihtiyaç duyan, astım krizlerine girebilirler. Bunun nedenlerinden birisi de ozon, insanları; astım tetikleyicileri olan evcil hayvanlar, polenler ve ev tozu akarları gibi alerjenlere karşı daha hassas hale getirir.
- Ozon, akciğerlerin iç yüzeyini iltihaplandırabilir ve zarar verebilir [Anonim, 2009j].

3.2.1.3. Hava Kalitesi İndeksi HKİ: Partiküler Madde Kirliliği

HKİ değerinin 100 olması, partikül çapı 2,5µm. (mikrometre) 'ye kadar olan partiküller için 40 µg/m³ 'e (mikrogram/metre küp), partikül çapı 10µm. 'ye kadar olan partiküller için ise 150 µg/m³ 'e karşılık gelir. (Ortalama 24 saat) (1 µm. = 0,001 milimetre) [Anonim, 2009j]. Partiküller için HKİ değerleri çizelge 3.10.'da verilmiştir.

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ / AQI)	Sağlık Seviyesi	Uyarılar
0 - 50 arasında	İyi	Yok
51 - 100* arasında	Orta	Nadiren hassas olan kişiler, uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmayı dikkate almalıdır.
101 - 150 arasında	Hassas gruplar için sağlıksız	Kalp veya solunum hastalığı (astım gibi) olan kişiler, yaşlılar ve çocuklar uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmalıdır.
151 - 200 arasında	Sağlıksız	Kalp veya solunum hastalığı (astım gibi) olan kişiler, yaşlılar ve çocuklar uzun süreli ve yoğun efor sarfından kaçınmalıdır. Bunun dışında herkes, uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmalıdır.
201 - 300 arasında	Çok sağlıksız	Kalp veya solunum hastalığı (astım gibi) olan kişiler, yaşlılar ve çocuklar dış ortamda yapılan tüm fiziksel aktivitelerden kaçınmalıdır. Bunun dışında herkes, uzun süreli ve yoğun efor sarfından kaçınmalıdır.
301 - 500 arasında	Tehlikeli	Kalp veya solunum hastalığı (astım gibi) olan kişiler, yaşlılar ve çocuklar evlerinde kalmalıdır ve aktivite seviyelerini düşük tutmalıdır. Bunun dışında herkes, dış ortamda yapılan tüm fiziksel aktivitelerden kaçınmalıdır.

Çizelge 3.10. Partiküller için HKİ (AQI) değerleri

3.2.1.3.1. Partiküler kirlilik:

Havadaki partiküler kirlilik (aynı zamanda PM - partiküler madde olarak bilinir), havada bulunan katı partiküllerin ve sıvı damlacıkların bir karışımıdır. Partiküllerin boyutlarının geniş bir aralığa yayılır. Akciğerlerimize kadar girebilen çok küçük partiküller 10 µm. nin altındaki partiküllerdir ve solunum sisteminde birikerek ciddi sağlık problemlerine yol açabilirler. (1 µm. = 0,001 milimetre)

- İnce partiküller: 2,5 µm. den daha küçük partiküller “ince partiküller” olarak adlandırılır. Bu partiküller o kadar ufaktır ki sadece elektron mikroskopları ile görülebilir. İnce partikül kaynakları: motorlu taşıtlar, enerji santralleri, yakacak odun kullanımı, orman yangınları, tarımsal yangınlar ve endüstriyel prosesler.
- Kaba toz partikülleri: 2,5-10 µm. aralığındaki partiküller, “kaba” partiküller olarak adlandırılır. Kaba partikül kaynakları: kırma, öğütme işlemleri, yollardan kalkan tozlardır [Anonim, 2009j].

3.2.1.3.2. Sağlık Etkileri ve En Riskli Gruplar:

Çapı 10 µm. 'den küçük partiküller bazı sağlık problemlerine sebep olabilir veya mevcut sağlık problemlerini şiddetlendirebilir (astım gibi) ve bu partiküller kalp ve solunum hastalıklarından kaynaklı ölümler ile bağdaştırılmıştır.

- Partikül kirliliği için kalp veya solunum rahatsızlıkları olanlar, yaşlı yetişkinler (teşhisi konulmamış kalp veya solunum rahatsızlıkları olanlar) ve çocuklar hassas gruplardır.
- Kalp veya solunum rahatsızlıkları olanlar (kalp yetersizliği, kalp ile ilgili damar hastalıkları, astım veya Koah - Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı) ve yaşlı yetişkinler acil servislere başvurabilirler, hastaneye yatabilirler ve hatta bazı durumlarda ölebilirler. Bu grup hava kirliliğine maruz kalırsa göğüs ağrısı, kalp çarpıntısı, nefes darlığı ve yorgunluk hissedebilirler. Partikül kirliliği (hava kirliliği) kalp ritim bozukluğu ve kalp krizi ile de ilişkilendirilmiştir.
- Solunum rahatsızlıkları bulunanlar (astım gibi), bu partiküllere maruz kalırlarsa normalde nefes aldıkları gibi derin nefes alamayabilirler, öksürebilirler ve nefes darlığı çekebilirler. Sağlıklı insanlarda da bunun gibi sağlık etkileri gözlenebilir, fakat ağır sağlık problemleri yaşamayabilirler.

- Partikül kirliliği, solunum yolu enfeksiyonlarına hassasiyeti arttırabilir, astım, kronik bronşit gibi mevcut solunum hastalıklarını kötüleştirir, ilaç kullanımını ve doktor ziyaretlerini arttırabilir. [Anonim, 2009j].

3.2.1.4. Hava Kalitesi İndeksi HKİ: Karbon Monoksit (CO)

Genel olarak, ozon için HKİ değerinin 100 olması, 9 ppm (parts per million) CO seviyesine karşılık gelir. (8 saat üzerindeki ortalama) [Anonim, 2009j]. Karbon monoksit için HKİ değerleri çizelge 3.11.'de verilmiştir.

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ / AQI)	Sağlık Seviyesi	Uyarılar
0 - 50 arasında	İyi	Yok
51 - 100* arasında	Orta	Yok
101 - 150 arasında	Hassas gruplar için sağlıksız	Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, dış ortamda yoğun efor sarfını azaltmalı ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınmalıdır.
151 - 200 arasında	Sağlıksız	Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, dış ortamda orta seviyede efor sarfını azaltmalı ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınmalıdır.
201 - 300 arasında	Çok sağlıksız	Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, dış ortamda efor sarfetmekten ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınmalıdır.
301 - 500 arasında	Tehlikeli	Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, dış ortamda efor sarfetmekten ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınmalıdır. Bunun dışında herkes, yoğun efor sarfını azaltmalıdır.

Çizelge 3.11. Karbon Monoksit için HKİ (AQI) değerleri

Karbon monoksit, kokusuz ve renksiz bir gazdır. Yakıtların yapısındaki karbonun tam yanmaması sonucu oluşur. Şehirlerdeki CO 'in kaynağını büyük oranda araç egzozları oluşturmaktadır. Diğer kaynaklar ise endüstriyel proseslerdeki yakıtların yanması ve yangınlar olarak sıralanabilir [Anonim, 2009j].

3.2.1.4.1. Sağlık Etkileri ve En Riskli Gruplar:

CO, akciğerler yolu ile kan dolaşımına girer ve oksijeni hücrelere taşıyan hemoglobine bağlanır. Bu yolla, CO organ ve dokulara ulaşan oksijen miktarını azaltır.

- Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, CO'ye karşı en riskli gruptur. Bu kişiler, CO'ye maruz kaldıklarında, özellikle egzersiz yaparken göğüs ağrısı çekebilirler ve diğer kalp rahatsızlıklarını yaşayabilirler.
- Hafif ve daha ağır kalp ve solunum sistemi hastalığı olan kişiler (örneğin; kalp yetmezliği, beyin kan damarları ile ilgili hastalıkları, anemi, KOAH kronik tıkaçıcı akciğer hastalığı olan kişiler) ve yeni doğmuş ve henüz doğmamış bebekler, CO kirliliğine karşı en riskli grubu oluşturur.
- Sağlıklı kişilerde, daha yüksek seviyelerdeki CO'ye maruziyet, zihinsel algılama ve gözün görme gücünü etkileyebilir [Anonim, 2009].

3.2.2. TS 932¹³

3.2.2.1. Konu

Bu standart, içten yanmalı motorlar ve kompresörlerde giriş havasını temizlemek için kullanılan hava filtresi elemanlarının tarifine, sınıflandırma ve özelliklerine, numune alma, muayene ve deneyleri ile piyasaya arz şekline dairdir.

3.2.2.2. Kapsam

Bu standart, genellikle otomotiv sanayinde ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan içten yanmalı motorlar ve kompresörlerde, giriş havasını temizlemek için kullanılan hava filtre elemanlarını kapsar.

3.2.2.3. Sınıflar

- Hava filtreleri elemanları yapılış ve filtreleme metotlarına göre:
 - Kuru
 - Yağ emdirilmiş
 - Yağ banyolu
 - Çok kademeli (karma)
 - Susturuculu olmak üzere 5 sınıfa ayrılır.

¹³ Yararlanılan kaynak: DIN 73353 (1977)

3.2.2.4. Tipler

- Kuru hava filtresi elemanları, tasarım ve bağlantı şekline göre:
 - Tip A
 - Tip B
 - Tip C
 - Tip D
 - Tip P
 - Tip R olmak üzere 6 tipe ayrılır.
- Yağ banyolu hava filtreleri hava çıkış yerlerine göre:
 - Alttan hava çıkışlı (T1)
 - Üstten hava çıkışlı (T2)
 - Yandan hava çıkışlı (T3 ve T3A) olmak üzere 3 tipe ayrılır.

3.2.2.5. Özellikler

3.2.2.5.1. Performans

Bu standartta belirtilen hava filtre elemanlarının performansları, Madde 3.2.2.6.'ya göre deneye tabi tutulduğunda, imalâtçı ve alıcı arasında önceden mutabık kalınan kriterlere uygun olmalıdır.

3.2.2.5.2. Yapılış

Hava filtresi elemanının normal kullanım sınırları içinde, motor ve yakıt sistemleri ile uyumlu olarak çalıştığı, filtrenin motor gücünü kabul edilebilir sınırlar dışında azaltmadığı ve yakıt tüketimini kabul edilebilir sınırlar dışında artırmadığı, imalâtçı tarafından önceden belirtilmelidir.

Hava filtresi elemanlarının temizlenmesi, değiştirilmesi, yağ ilavesi veya yağının değiştirilmesi özel aletler gerektirmeden kolayca yapılabilir.

Filtreleme aygıtı (kâğıt vb.), normal kullanım sınırları içinde çökmeyecek ve patlamayacak biçimde, filtre eleman gövdesi tarafından uygun şekilde desteklenmelidir.

Yağ banyolu filtrelerde, yağ seviyesinin üst ve alt sınırları belirtilmelidir.

3.2.2.6. Deneyler

Hava filtre elemanlarının performansı, TS ISO 5011'e göre deneye tabi tutulur. Sonuçların madde 3.2.2.5.1.'e uygun olup olmadığına bakılır.

3.2.3. TS ISO 5011

Bu standart, ISO tarafından kabul edilen ISO 5011 (2000) standardı esas alınarak, TSE Makine Hazırlık Grubu'na bağlı Otomotiv ve İnşaat Makineleri Özel Daimi Komitesi'nce hazırlanmış ve TSE Teknik Kurulu'nun 18 Nisan 2002 tarihli toplantısında Türk Standardı olarak kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.

3.2.3.1. Kapsam

Bu standart, hava filtrelerinin (giriş havası temizleme teçhizatı) laboratuvar performanslarının doğrudan mukayesesine imkân sağlamak için, yeknesak deney işlemlerini, şartlarını, teçhizatını ve bir performans raporunu kapsar.

En önemli temel performans özellikleri, hava akışının kısılması veya fark basıncı, toz toplama etkinliği, toz kapasitesi ve yağ banyolu filtrelerde yağ kaybıdır. Bu deney standardı, belirtilen bu değişkenlerin ölçülmesi ile ilgilidir.

Bu standart, genellikle otomotiv sanayinde ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan içten yanmalı motorların ve kompresörlerin hava filtrelerine uygulanabilir.

3.2.3.2. Terimler, Tarifler, Semboller ve Birimler

3.2.3.2.1. Hava filtresi (hava temizleyici)

Motor içine emilen taze havanın içinde bulunan asılı parçacıkları tutan tertibat.

3.2.3.2.2. Filtre elemanı

Filtre malzemesinden ve taşıyıcı çerçeveden oluşan, hava filtresinin değişebilen parçası.

3.2.3.2.3. İkinci eleman

Aşağıdaki hallerde, motoru toza karşı korumak amacıyla, birinci elemanın çıkış tarafına takılan hava filtresi elemanı.

- Birinci elemanın belirli tip arızalarında veya
- Servis amacıyla birinci filtrenin sökülmesi halinde.

3.2.3.2.4. Denenen ünite

Deneye tâbi tutulan, tek bir hava filtre elemanı veya tam bir hava filtresi takımı.

3.2.3.2.5. Tek kademeli hava filtresi

Bir toz tutucunun bulunmadığı hava filtresi.

3.2.3.2.6. Çok kademeli hava filtresi

İlki genellikle bir toz tutucu olan, arkasında bir veya daha fazla filtre elemanı bulunan, iki veya daha fazla kademedan oluşan hava filtresi.

Not - İki eleman kullanılırsa ilki birinci eleman, diğeri ikinci eleman olarak isimlendirilir.

3.2.3.2.7. Toz tutucu (ön filtre)

Genellikle atalet veya merkezkaç (santrifüj) yöntemini kullanarak, deney tozunun bir kısmını filtre elemanına ulaşmadan önce tutan tertibat.

3.2.3.2.8. Deney hava debisi

Birim zamanda, hava filtresi çıkışından emilen hava miktarının ölçüsü.

Not - Debi, standart şartlara düzeltilerek m^3/min olarak ifade edilir.

3.2.3.2.9. Beyan hava debisi

Kullanıcı veya imalâtçı tarafından belirtilen hava akış debisi.

Not - Deney hava debisi ile aynı olarak kullanılabilir.

3.2.3.2.10. Süpürme hava debisi

Bir toz tutucuda toplanan tozu uzaklaştırmak için kullanılan hava miktarının ölçüsü.

Not - Deney hava debisinin bir yüzdesi olarak ifade edilir.

3.2.3.2.11. Statik basınç

Bir kanaldaki hava debisinde gözlemlenen, kanal cidarına delinmiş bir delik veya deliklere bağlı bir basınç göstergesi ile ölçülen basınç.

Not - Bu standartta belirtilen deneylerde bir statik basınç, atmosfer basıncına karşı bir negatif basınç farkı olarak, bir manometre (genellikle sıvı manometre-U tüpü) ile ölçülür ve formüllerde pozitif bir değer olarak işlem görür.

3.2.3.2.12. Kısılma

Denenen ünitenin hemen çıkışında ölçülen statik basınç.

3.2.3.2.13. Fark basıncı

Denenen ünitenin hemen giriş ve çıkışında ölçülen statik basınçların farkı.

3.2.3.2.14. Basınç kaybı

Gözlemlenen hava akış debisinde, bir hava filtresinin sebep olduğu, enerji kaybının ölçüsü.

Not 1 - Ölçüm noktalarında dinamik yükseklikteki herhangi bir farklılık için düzeltilmiş fark basıncı olarak ifade edilir.

Not 2 - Daha fazla bilgi için Ek 1'e bakınız.

3.2.3.2.15. Mutlak filtre

Denenen üniteden geçen kirleticileri tutmak için, denenen filtrenin çıkışındaki filtre.

3.2.3.2.16. Etkinlik

Belirli deney şartları altında, hava filtresinin veya ünitenin kirleticileri tutma kabiliyeti.

3.2.3.2.17. Kapasite

Belirli bitiş şartları oluştuğunda, denenen ünite tarafından tutulan kirletici miktarı.

3.2.3.2.18. Yağ kaybı

Yağ banyolu filtrelerde, filtre çıkışında yağ görülmesi.

3.2.3.2.19. Deney bitiş şartları

Hava filtresi ile ilgili olarak, deneyin bitişini belirten şartların oluştuğu durum.

Not - Bir deney bitiş şartı, örnek olarak aşağıdakilerden birisi olabilir;

- Kısılma veya fark basıncı, belirtilen veya üzerinde anlaşılan bir değere ulaştığında,
- Toz tutma etkinliği veya diğer bazı parametreler, belirli veya üzerinde anlaşılan bir değere düştüğünde,
- Yağ kaybı oluştuğunda,
- Bir toz kabı dolduğunda.

3.2.3.2.20. Otomotiv uygulaması

Genellikle yolcu taşıtlarındaki içten yanmalı motorlar için kullanılan hava filtresi.

3.2.3.2.21. Endüstriyel uygulama

Genellikle ağır hizmet kamyonlarında, iş makinelerinde ve tarım traktörlerindeki içten yanmalı motorlar için kullanılan hava filtresi.

3.2.3.3. Semboller ve Birimler

ISO 1000'e uygun olarak çizelge 3.12.'de verilen birimler kullanılır.

Değişken	Sembol	Birim
Hacim debisi (hava)	q_v	m^3/min
Hız	v	m/s
Yoğunluk	ρ	kg/m^3
Kütle debisi (toz)	q_m	kg/min
Basınç	p	Pa
Kısılma	Δp_r	Pa
Fark basıncı	Δp_d	Pa
Basınç kaybı	Δp_i	Pa
Kütle	m	g
Zaman	t	s

Çizelge 3.12. Sembol ve Birimler

3.2.3.4. Ölçme doğruluğu

Hava debisi, değişken hava debi deneyi haricinde, gerçek değer $\% \pm 2$ 'si dahilinde ölçülmelidir. Değişken hava debi deneyinde doğruluk, filtreden geçen çevrim hava debisinin azamî değerinin $\% \pm 2$ 'si dahilinde olabilir.

Fark basıncı ve kısılma, gerçek değerden azamî sapma 25 Pa'ı geçmeyecek şekilde ölçülmelidir.

Sıcaklık, gerçek değerden azamî sapma 0,5 °C'ı geçmeyecek şekilde ölçülmelidir.

Kütle, belirtilen yerler haricinde, gerçek değer $\% 1$ 'i dahilinde ölçülmelidir.

Nisbî nem, gerçek değer $\% \pm 2$ 'si dahilinde ölçülmelidir.

Baro metrik basınç gerçek değerden azamî sapma 3 hPa'ı geçmeyecek şekilde ölçülmelidir.

Ölçüm cihazları, gerekli doğruluğu temin etmek için düzenli aralıklarla kalibre edilmelidir.

3.2.3.5. Standart şartlar

Bütün debi ölçümleri, 1 013 hPa (1 013 mbar)'da 20 °C.deki standart şartlara düzeltilmelidir.

Not 2 - Daha fazla bilgi için Ek 11'e bakınız.

3.2.3.6. Deney malzemeleri ve deney şartları

3.2.3.6.1. Deney tozu

Kullanılacak deney tozu, filtre imalâtçısı ve müşteri arasındaki anlaşmaya göre, ISO 12103 . A2 (ISO ince) veya ISO 12103 . A4 (ISO kalın) olmalıdır. Kimyasal analiz ve tane büyüklüğü dağılımı, ISO 12103-1'e uygun olmalıdır.

Deney tozu konusunda bir anlaşma bulunmaması halinde;

- Tek kademeli filtreler için ISO ince deney tozu kullanılır.
- Çok kademeli filtreler için ISO kalın deney tozu kullanılır.

3.2.3.6.2. Filtre

Mutlak filtre, kalınlığı en az 12,7 mm ve yoğunluğu en az 9,5 kg/m³ olan fiberglas yastıktan oluşmalıdır.¹⁴ Fiber çapı 0,76 µm - 1,27 µm olmalı ve 96 saat boyunca % 95 nisbî nem ve 50 °C'a maruz bırakıldığında, nem emişten dolayı kütle artışı %1'den az olmalıdır. Filtre, tüylü kısmı hava girişine bakacak şekilde, yastığı uygun biçimde destekleyen hava sızdırmaz bir tutucuya takılmalıdır.

Yüzeydeki hava hızı, malzemenin bütünlüğünü muhafaza etmek için, yaklaşık 0,8 m/s' yi aşmamalıdır.

Fiberlerin veya malzeme kaybının sebep olacağı daha sonraki ölçüm hatalarını azaltmak için mutlak filtre, deney tartısından önce, 15 dakika süreyle ortam havası kullanılarak beyan debisinin en az % 110'u kadar bir akışa maruz bırakılmalıdır.

Not - Destekli bir mutlak filtrenin kullanılması, fiber kaybını asgarî seviyeye indirecektir.

3.2.3.6.3. Mutlak filtrenin etkinliğinin geçerliliği (Ea)

İki mutlak filtre arka arkaya yerleştirilir.

Madde 3.2.3.7.2.3.'de verilen deney işlemine uygun olarak filtre etkinlik deneyi yapılır ve her bir mutlak filtredeki kütle artışı belirlenir.

$$Ea = \frac{\Delta m_A}{\Delta m_A + \Delta m_B} \times 100 \quad (3.1.)$$

Burada;

Ea = Mutlak filtre etkinliği,

¹⁴ Uygun malzeme ticarî olarak mevcuttur. Ayrıntılar ISO/TC 22.den veya ISO merkezinden alınabilir.

Δm_A = Giriş tarafındaki mutlak filtrenin kütle artışı,

Δm_B = Çıkış tarafındaki mutlak filtrenin kütle artışıdır.

Uygulanan kirletici için mutlak filtre etkinliği en az % 99 olmalıdır.

3.2.3.6.4. Mutlak filtre kütlesi

Mutlak filtre, kütle kararlı hale getirildikten sonra, 0,01 g hassasiyetle tartılmalıdır. Kararlı hale getirme, 105 °C ± 5 °C sabit sıcaklıkta, havalandırılmalı bir fırın içinde bekletilerek yapılabilir. Mutlak filtre fırın içinde tartılmalıdır. Alternatif olarak, madde 3.2.3.6.5.'e göre şartlandırılmış hava 15 dakika süreyle mutlak filtre içinden emilebilir, sonra filtre tartılır. Bu işlem, kütle kararlı hale gelene kadar tekrarlanır.

3.2.3.6.5. Sıcaklık ve nem

Bütün deneyler, hava filtresine giren hava 23°C ± 5°C sıcaklıkta olacak şekilde yapılmalıdır. Deneyler % 55 ± % 15 nisbi nemde yapılmalı, her bir deney boyunca her bir tartı safhasındaki müsaade edilebilir değişim % ± 2 olmalıdır.

Bir hava filtresinin deney sonuçları, geçen havanın nisbi neminden etkilenebilir, aksi halde müsaade edilen nisbi nem aralığının alt ve üst sınırlarına yakın değerlerde aynı şekilde yapılan deneylerin sonuçları doğrudan mukayese edilemeyebilir. Deneyler mümkün olan en dar sıcaklık ve nem aralığında yapılmalıdır.

3.2.3.7. Otomotiv uygulamaları için kuru tip hava filtresi deney işlemi

3.2.3.7.1. Deney Teçhizatı

Hava akışına karşı direnci, toz kapasitesini, toz tutma özelliklerini ve patlama çöküş özelliklerini belirlemek için tipik düzenekler Ek 2 (Şekil B.1.) de ve Ek 6'dan Ek 8'e kadar (Şekil B.6'dan Şekil B.11'e kadar) gösterilmiştir.

Ek 3 (Şekil B.2 ve Şekil B.3)'teki toz püskürtücüsü (enjektör) ile kullanıldığında, gerekli besleme debisi aralığının üzerindeki tozu, ölçülü olarak besleme kabiliyetine sahip bir toz besleyici kullanılmalıdır. Bu toz besleme sistemi, kirletici olarak kullanılan tozun esas tane büyüklüğü dağılımını değiştirmemelidir. Hava besleme basıncı en az 100 kPa olmalıdır. ISO ağır hizmet tipi toz püskürtücü basıncı en az 280 kPa olmalıdır. Toz besleme sisteminin geçerliliği aşağıdaki gibi onaylanmalıdır;

- Toz besleyiciye önceden tartılmış miktarda toz konulur,
- Eş zamanlı olarak toz besleme sistemi ve zamanlayıcı çalıştırılır,

- 5 dakika aralıklarla, verilen tozun kütlesi belirlenir. Toz kütlesinin artışı belirlene işlemine 30 dakika süreyle devam edilir.
- Toz besleyici, ortalama besleme debisi istenilen debinin % 5'i içinde olacak ve besleme debisinin ortalamadan sapması % 5'ten fazla olmayacak şekilde ayarlanır.

Tozların hava içinde asılı kalmasını sağlamak için, toz besleyici ve püskürtücü arasında uygun ölçüde bir toz aktarma borusu kullanılmalıdır.

Çizelge 3.6.da belirtilen ve Ek 3 (Şekil B.2 ve Şekil B.3.) te gösterilen toz püskürtücüsü kullanılmalıdır. Çizelge 3.13.'te de tavsiye edilen ISO toz püskürtücüleri görülmektedir.

Toz besleme debisi g/min	0 - 26	26 - 45	> 45
Püskürtücü tipi	ISO püskürtücüsü	ISO püskürtücüsü veya ISO ağır hizmet püskürtücüsü	ISO ağır hizmet püskürtücüsü

Çizelge 3.13. Tavsiye Edilen ISO Toz Püskürtücüleri (Şekil B.2 ve Şekil B.3)

Belirtilen ISO toz püskürtücüsü, 45 g/min debiye kadar yeterli şekilde deney tozu besleyecek kapasitededir. Daha yüksek debide toz beslemesi gerektiğinde, birden fazla püskürtücü kullanılmalıdır. Püskürtücüye deney tozu besleyen sistemin tasarımının, azamî toz besleme debisini etkileyebileceği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, toz besleme/püskürtücü sistemi deney için kullanılmadan önce, elde edilebilecek azamî toz besleme debisi belirlenmelidir.

Püskürtücü memeleri tabî aşınmaya maruz kalırlar. Aşınma, deney kirleticisinin dağılımını ve beslemesini etkileyebilir. Bu nedenle parçaları değişebilen bir tasarım tavsiye edilir.

Ek 4 (Şekil B.4.) e uygun bir giriş borusu kullanılmalıdır. Toz püskürtücüsü ve giriş borusu, toz kaybı olmayacak şekilde konumlandırılmalıdır.

Belirtilen doğruluğa sahip bir manometre veya fark basıncı ölçen başka bir cihaz kullanılmalıdır.

Hava filtre takımının deneyi için, imalâtçının ve kullanıcının üzerinde anlaştığı, Ek 8 (Şekil B.11.) e uygun bir muhafaza ve düzenek kullanılmalıdır. Hava filtresi elemanının deneyi için, Ek 2 (Şekil B.1) ve Ek 5 (Şekil B.5.)e uygun bir tesisat ve kılıf veya Ek 6 (Şekil B.6 ve Şekil B.7.) da görülen düzenek kullanılmalıdır. Ek 6 (Şekil B.6.) da görüldüğü gibi, iç cidarlara yapışmayı önlemek ve eşit şekilde dağılımı sağlamak için tozun bir bölme içine beslendiği durumda, çöken tozları harekete geçirmek amacıyla deney bölmesi içindeki esnek borulara basınçlı kuru hava püskürtülmelidir.

Çöken tozu harekete geçirmek için basınçlı hava kullanıldığında, bölme dışına toz çıkmamasına dikkat edilmelidir. Bölme dışına toz çıkmasını önlemek için, bölme ile atmosfer arasında negatif bir basınç sağlanmalıdır.

Ek 4 (Şekil B.4.) e uygun bir çıkış borusu kullanılmalıdır. Çıkış borusunun kesiti, hava filtresi çıkışı ile aynı olmalıdır. Özel çıkış borularının sebep olduğu düzgün olmayan akış şartları halinde, özel tedbirler gerekebilir.

Madde 3.2.3.4.'te belirtilen doğruluğa sahip bir hava debisi ölçme sistemi kullanılmalıdır.

Debi ölçme sisteminin geçerliliği onaylanmalıdır. Hava debi ölçeri, ISO 5167-1'e uygun kalibre edilmiş bir orifis¹⁵ ve manometre gibi, kabul edilebilir bir tasarıma sahip olmalıdır. Orifis ünitesi, kalibrasyondan sonra tanınabilecek şekilde, kalıcı olarak işaretlenmelidir. Ölçüm cihazının girişindeki mutlak basınç ve sıcaklıklardaki değişimler için düzeltmeler yapılmalı ve hava debisi standart şartlara (Madde 3.2.3.5.) düzeltilerek m³/min olarak ifade edilmelidir.

Kararlı ve değişken hava debisi ile çalışma sırasında, amaçlanan hava debisini seçilen değer % 1'i dahilinde sürdürebilme kabiliyetine sahip bir debi kontrol sistemi kullanılmalıdır.

Sistem içinde hava akışını sağlamak üzere, denenen filtrelerin debi ve basınç özelliklerine uygun bir üfleyici (blower) / boşaltıcı (exhauster) kullanılmalıdır. Debideki dalgalanmalar, debi ölçme sisteminin ölçemeyeceği kadar küçük olmalıdır.

Statik boşalmaların etkilerini azaltmak ve deney sonuçlarının daha tutarlı olmasını sağlamak amacıyla, bütün deney aparatları için topraklama gereklidir. Metalik olan ve

¹⁵ Akış ölçümü yapmak için kullanılan ve akışı engelleme mantığı ile çalışan bir alettir.

metalik olmayan yüzeylerin, mahfazaların, toz aktarma borularının, püskürtücülerin ve yardımcı donanımın topraklanması tavsiye edilir.

3.2.3.7.2. Etkinlik deneyi

3.2.3.7.2.1. Amaç

Bu deneyin amacı, denenen ünitenin toz tutma kabiliyetlerini belirlemektir. Bu deney, sabit veya değişken hava debisinde, ince veya kalın deney tozu ile yapılabilir. Arzu edilirse, etkinlik deneyleri kapasite deneyleri (Madde 3.2.3.7.3.) ile aynı zamanda yapılabilir. Sabit deney hava debisinde etkinliğin belirlenmesi, beyan hava debisinde veya bunun, kullanıcı ile imalâtçının üzerinde anlaştığı herhangi bir yüzdesinde yapılabilir. Değişken hava debisinde etkinliğin belirlenmesi, Madde 3.2.3.7.4.'e uygun değişken hava debisi çevrimi kullanılarak yapılabilir.

3.2.3.7.2.2. Tipler

Aşağıdaki gibi üç tip etkinlik deneyi yapılabilir;

- Ömür sonundaki fark basıncı gibi bitiş şartlarına ulaşıldığındaki ömür sonu etkinliği belirlenir,
- Ömür sonundaki fark basıncı ile başlangıç fark basıncı arasındaki farkın, örneğin % 10'u, % 25'i, % 50'sine ulaşıldığındaki artan etkinlik belirlenir,
- 20 gram veya m^3/min olarak hava debisinin 6 katı sayısal değere eşit gram cinsinden kirleticiden hangisi daha fazla ise, bu miktarda kirleticinin ilâvesinden sonraki başlangıç etkinliği belirlenir.

3.2.3.7.2.3. Deney işlemi – Mutlak filtre metodu

- Deney hava debisi esas alınarak, $1,0 g/m^3$ toz /hava karışımında, gerekli deney tozu besleme debisi hesaplanır. Özel durumlarda (küçük filtreler gibi), $0,25 g/m^3$ ve $0,50 g/m^3$ karışıma müsaade edilebilir.
- Denenen ünite madde 3.2.3.2.13.'e göre şartlandırılır, kütlesi ölçülerek kaydedilir.
- Kütlesi kararlı hale geldikten sonra, yerine takılmadan önce mutlak filtre yastığı madde 3.2.3.6.4.'e uygun olarak tartılır.
- Deney tesisatı, hava filtre takımları için Ek 8 (Şekil B.11.) de veya hava filtre elemanları için Ek 2 veya Ek 6 (Şekil B.1, Şekil B.6 veya Şekil B.7.)da

görüldüğü gibi kurulmalıdır. Hava kaçağını önlemek için bütün bağlantılarda sızdırmazlık sağlanmalıdır.

- Sıcaklık ve nisbî nem kaydedilir.
- Belirlenen deney tozu, madde 3.2.3.6.1'e göre hazırlanır ve deney için yeterli miktarda toz tartılarak uygun bir deney kabına konulur. Ömür sonu etkinlik deneyleri için toz miktarı, denenen ünitenin tahmin edilen kapasitesinin yaklaşık olarak % 125'i kadar olmalıdır. Kabin ve tozun kütlesi, en yakın 0,1 g'a tamamlanarak kaydedilmelidir.
- Deney tesisatından hava akışı başlatılır ve deney debisinde kararlı hale getirilir. Fark basıncı kaydedilir.
- Toz besleyiciye kabdan toz konularak, püskürtülecek tozun besleme debisi madde 3.2.3.7.2.3.'te hesaplanan karışıma ayarlanır. Deney boyunca gerekli oldukça, toz besleyiciye kabdan toz konulur.
- Önceden belirlenen zaman aralıklarında (en az 5 nokta tavsiye edilir) deney debisindeki fark basıncı ve geçen deney zamanı kaydedilir.
- Belirtilen bitiş şartına ulaşıncaya kadar deneye devam edilmelidir.
- Sıcaklık ve nisbî nem kaydedilir.
- Filtre takımının dış yüzeylerindeki (filtreleme yüzeyi değil, filtre elemanının plastik vb. çerçeve yüzeyleri) veya denenen elemanın giriş tarafındaki deney bölmesi/kanalı içinde çöken tozlar dikkatlice toplanmalı ve toz besleyicide kalan tozlarla birlikte önceden tartılmış toz kabına boşaltılmalıdır.
- Toz kabı yeniden tartılır ve ölçülen kütle, madde 3.2.3.7.2.3.'te kaydedilen kütleden çıkartılır. Fark, denenen üniteye beslenen tozun kütlesidir.
- Denenen ünite, hiç bir toz kaybı olmadan dikkatlice çıkartılır. Sızdırmazlık noktalarında herhangi bir kaçak belirtisi veya anormal bir durum olup olmadığı kontrol edilir. Ünite, gerçek değer % 1'i dahilinde gram cinsinden tartılır. Denenen ünitenin kütlesindeki artış, bu tartıdan bulunan değerle, madde 3.2.3.7.2.3.'te belirlenen kütlenin farkıdır. Ömür sonu etkinlik deneyinde (Madde 3.2.3.7.2.3.), kütledeki bu artış, denenen ünitenin kapasitesidir.
- Denenen ünitenin çıkış tarafında görülen tozlar, bir fırçayla mutlak filtre üzerine alınır. Mutlak filtre dikkatlice çıkartılır. Madde 3.2.3.7.2.3. tekrar edilir ve kütledeki fark belirlenir. Bu, mutlak filtrenin kütlesindeki artıştır.

- Deneysel tozunun malzeme dengesi, B, hesaplanır. Bu değer, deneyin geçerli olabilmesi için 0,98 – 1,02 arasında olmalıdır.

$$B = \frac{\Delta m_F + \Delta m_U}{m_D} \quad (3.2.)$$

Burada;

Δm_F = Mutlak filtre kütleindeki artış,

Δm_U = Denenen ünitenin kütleindeki artış,

m_D = Beslenen tozun toplam külesidir.

Etkinlik, E, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$E = \frac{\Delta m_U}{\Delta m_F + \Delta m_U} \times \%100 \quad (3.3.)$$

Buradaki semboller, (3.2.) nolu eşitlikteki gibidir.

3.2.3.7.3. Kapasite deneyi

- Bu deneyin amacı, ömür sonu şartında, denenen ünitenin toplam kütle artışının belirlenmesidir. Bu deney, sabit veya değişken hava debilerinde ve ince veya kalın kirletici deney tozu ile yapılabilir. Arzu edilirse, kapasitenin belirlenmesi, etkinlik deneyi ile aynı zamanda yapılabilir.
- Denenen üniteye beslenen toza karşılık gelen, geçen süre için sabit bir oran varsayılarak veriler kaydedilir, kütle artışına karşılık gelen kısılma eğrisi çizilir. Kütledeki artış değerlerini belirlemek için aşağıdaki formül kullanılır:

$$\Delta m_t = \frac{t_I}{t_T} \times \Delta m_{UT} \quad (3.4.)$$

Burada;

Δm_t = Her bir zaman aralığı sonunda kütledeki artış,

t_I = Aralığın sonundaki toplam zaman,

t_T = Deneyin sonundaki toplam zaman,

Δm_{UT} = Deneyin sonunda, denenen ünitenin kütleindeki toplam artıştır.

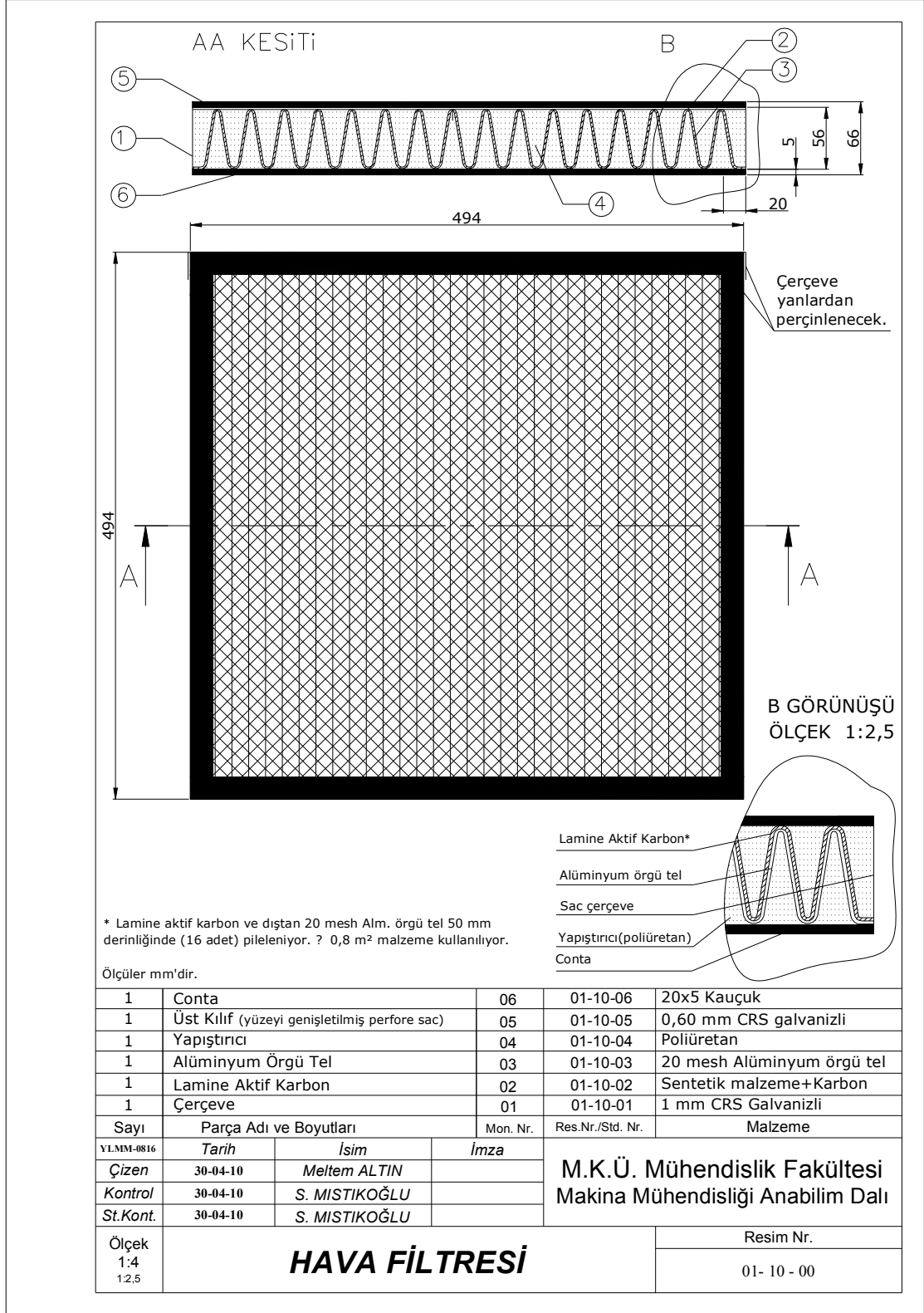
- Bitiş şartının kısılma olduğu durumda, bu kısılma, toz karıştırma tertibatı ve deney kılıfından ilâve olan kısılmayı kapsamaz.

3.2.3.7.4. Değişken hava debi deneyi

- Sabit hava debisinde deneye karşılık bir seçim olarak, Şekil 1.dekine benzer bir hava akış çevrimi kullanılarak, değişken hava debi deneyi yapılabilir.
- Yağ banyolu hava filtreleri ve büyük hava filtreleri (hava debisi $> 5 \text{ m}^3/\text{min}$ gibi) için, kısmî hava akışının her bir bölümünün süresi 1 dakika yerine 5 dakika olabilir.
- Kullanılan çevrim için ortalama deney debisi esas alınarak, toz besleme debisi madde 3.2.3.7.2.3.'teki gibi hesaplanır. Toz besleme debisi sabit kalmalıdır.
- Bütün fark basıncı düşüş belirlemeleri, azamî hava debisinde yapılmalıdır.
- Deneyler, sabit hava debisi yerine, aşağıdaki değişikliklerle birlikte değişken hava debisi kullanılarak yapılır:
 - Her bir çevrimin bitiminden sonra, fark basıncı azamî debide belirlenmeli ve,
 - Etkinlik, kısmî akış bölümünün süresi 1 dakika ise en az 3 çevrimden sonra, kısmî akış süresi 5 dakika ise her çevrim sonunda ve deneyin bitiminden sonra belirlenmelidir.

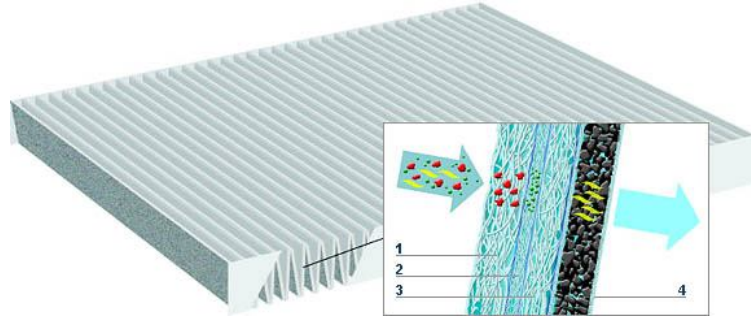
Not: Deney teçhizatı ile ilgili şekiller ve açıklamalar için Ek 2–3–4–5–6–7–8–9 'a bakınız.

3.2.4. Deneyi Yapılacak Filtrenin Teknik Resmi



Şekil 3.24. Deneyi yapılacak filtrenin teknik resmi

Deneyi yapılacak aktif karbon filtrenin teknik resmi şekil 3.24.'te görülmektedir. Filtrenin çerçevesi için 1 mm kalınlığında CRS malzemeli galvanizli sac kullanılmıştır. Süzücü malzemenin mukavemetinin sağlanabilmesi için aktif karbonlu filtre malzemesi alüminyum örgü tel (20 mesh) ile pile edilmiştir. Kullanılan filtre malzemesi 0,8 m²'dir. Lamine edilmiş aktif karbon filtre malzemesi şekil 3.25.'te görülmektedir. Filtre malzemesi, sac çerçeveye poliüretanla yapıştırılarak sızdırmazlığı da sağlanmıştır. Havanın çıkış yönüne de, filtre malzemesinin deforme olmasını engellemek için, 0,60 mm kalınlığında CRS malzemeli galvanizli perfore (yüzeyi genişletilmiş) sac kullanılmıştır. Sızdırmazlığı önlemek için de filtrenin her iki tarafına da kauçuk conta yapıştırılmıştır.



Şekil 3.25. Lamine edilmiş aktif karbon filtre malzemesi

3.2.5. Deney Koşullarının Belirlenmesi

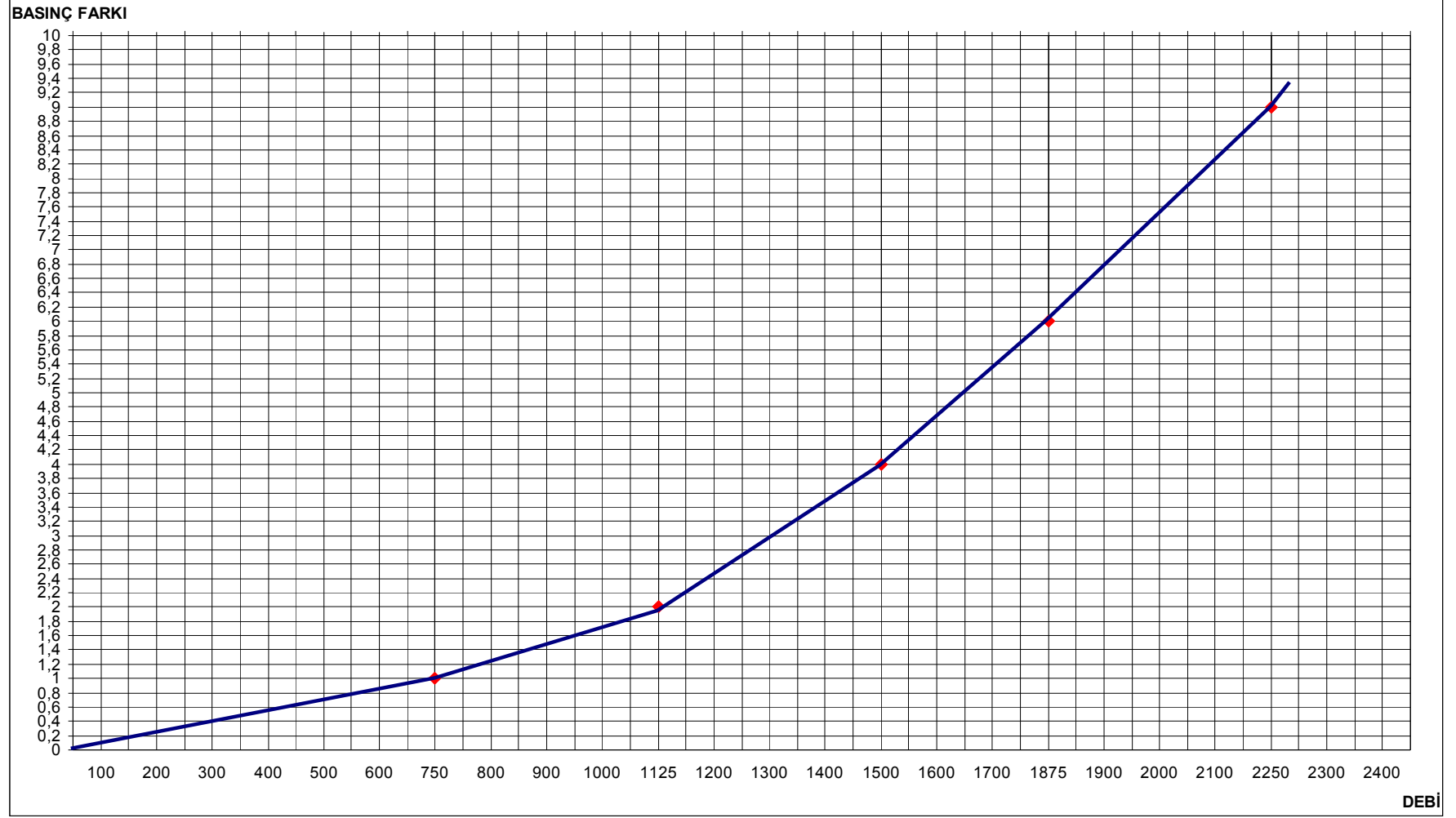
Anma Hava Verdisi : 1500 m³ / h (Devamlı) Deney Hava Verdisi : 1500 m³ / h
 Deney Tozu : İnce
 Hava Sıcaklığı : Deneyden Önce 21 °C Deneyden Sonra : 22 °C

3.2.6. Kısılma ve Fark Basıncı Deneyi

Hız m / sn	Anma Hava Verdisi (Debisi) m ³ / h	%	Basınç Farkı mm SS
5.48	750	50	1
8.22	1125	75	2
10.96	1500	100	4
13.70	1875	125	6
16.44	2250	150	9

Çizelge 3.14. Kısılma ve Fark Basıncı Deneyi Verileri

Kısılma ve fark basıncı deneyi verileri çizelge 3.14.'te belirtilmiştir. Grafiği de şekil 3.26.'da görülmektedir.



Şekil 3.26. Basınç farkı – debi değerleri

3.2.7. Etkinlik ve Kapasite Deneyi

Etkinlik ve kapasite deneyi verileri çizelge 3.15.'te verilmiştir. Basınç farkı – zaman değerleri ise şekil 3.27.'de görülmektedir.

Hız m / sn	Anma Hava Verdisi (Debisi) m ³ / h	%	Basınç Farkı mm SS	Verilen Deney Tozu gr	Zaman t	Mutlak Filtrenin Artan Kütlesi gr	Filtrenin Artan Kütlesi gr	Verim %
5.48	750	50	2	450	12	28.7	421	93.61
8.22	1125	75	5	450	24	23.4	426.3	94.79
10.96	1500	100	8	450	36	21.9	427.9	95.13
13.70	1875	125	12	450	48	19.7	430.2	95.62
16.44	2250	150	17	450	60	18.6	431.3	95.86

Çizelge 3.15. Etkinlik ve kapasite deneyi verileri

3.2.7.1. Kapasite Deneyi Formülü

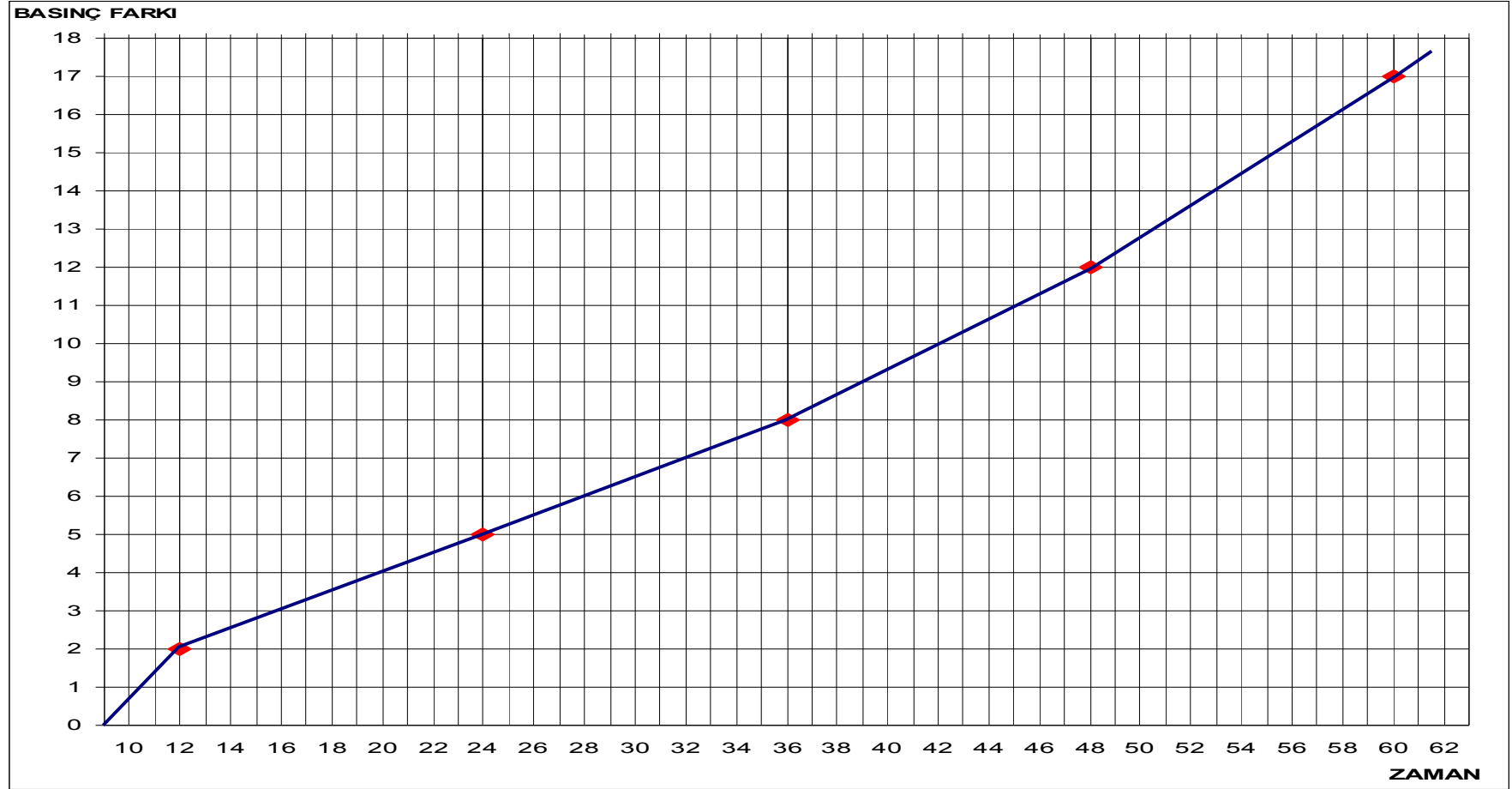
$$\Delta m_t = \frac{t_I}{t_T} \times \Delta m_{UT} = \frac{12}{60} \times 2136,7 = 427,34g \quad (3.5.)$$

Δm_t : Her bir zaman aralığı sonunda kütledeki artış,

t_I : Aralığın sonundaki toplam zaman,

t_T : Deneyin sonundaki toplam zaman,

Δm_{UT} : Deneyin sonunda, denenen ünitenin kütledeki toplam artıştır.



Şekil 3.27. Basınç farkı – zaman değerleri

3.2.8. Filtre Elemanı Basınç Çökmesi Deneyi

Yapılan deneyde, filtreyi çalışma debisinde çalıştırarak 50 mm SS fark basıncı sağlanıncaya kadar ince deney tozu verilmiştir.

Deney sonunda filtrede herhangi bir deformasyon meydana gelmediği gözlenmiştir.

3.2.9. Aktif Karbon Filtrede Uygulanan Etkinlik Deneyi

Etkinlik deneyinin amacı, denenen ünitenin toz tutma kabiliyetlerini belirlemektir. Toz tutma kabiliyetinin belirlenmesinden önce ilk olarak deney tozunun malzeme dengesi (B), hesaplanmalıdır. Bu değer, deneyin geçerli olabilmesi için 0,98 – 1,02 arasında olmalıdır. %50’de, %75’te, %100’de, %125’te ve %150’de yapılan etkinlik deneylerinde 0,99 değerinin bulunması deneyin geçerli olduğunu göstermiştir.

3.2.9.1. % 50’ de Etkinlik Deneyi

Beyan hava debisi 1500 m³/h olarak belirlendiğinden dolayı, %50’de etkinlik deneyi hesaplanırken bu değer, beyan hava debi değerinin %50’si olup 750 m³/h’tır.

$$\text{Deney Tozunun Dengesi } B = \frac{\Delta m_F + \Delta m_U}{m_D} = \frac{28,7 + 421}{450} = 0,99 \quad (3.6.)$$

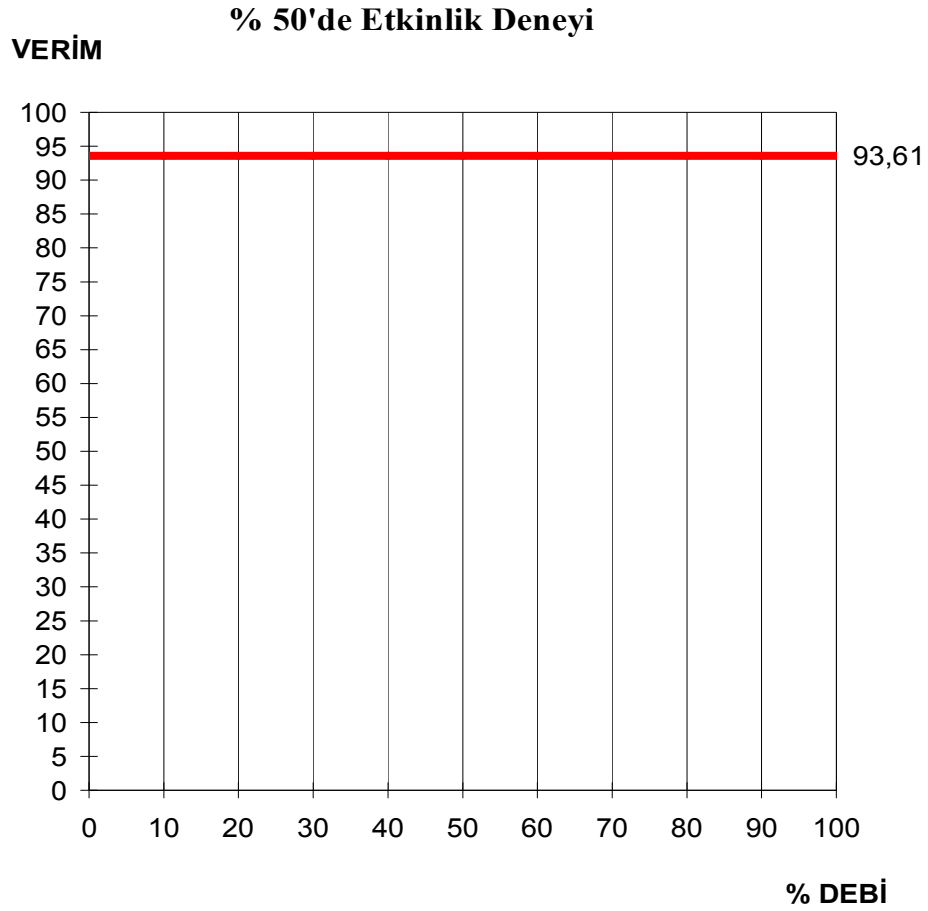
Δm_F : Mutlak filtre kütlesindeki artış.

Δm_U : Denenen ünitenin kütlesindeki artış.

m_D : Beslenen tozunun toplam kütlesi.

$$\text{Toz Tutma Verimi } E = \frac{\Delta m_U}{\Delta m_F + \Delta m_U} \times \%100 = \frac{421}{421 + 28,7} \times 100 = \%93,61 \quad (3.7.)$$

Yapılan deney sonunda elde edilen sonuç grafik ortama aktarılmış ve grafiği şekil 3.28.’de verilmiştir.



Şekil 3.28. % 50' de Yapılan Etkinlik Deneyinde Toz Tutma Verimi

3.2.9.2. % 75' te Etkinlik Deneyi

Beyan hava debisi 1500 m³/h olarak belirlendiğinden dolayı, %75'te etkinlik deneyi hesaplanırken bu değer, beyan hava debi değerinin %75'i olup 1125 m³/h'tır.

$$\text{Deney Tozunun Dengesi} \quad B = \frac{\Delta m_F + \Delta m_U}{m_D} = \frac{23,4 + 426,3}{450} = 0,99 \quad (3.8.)$$

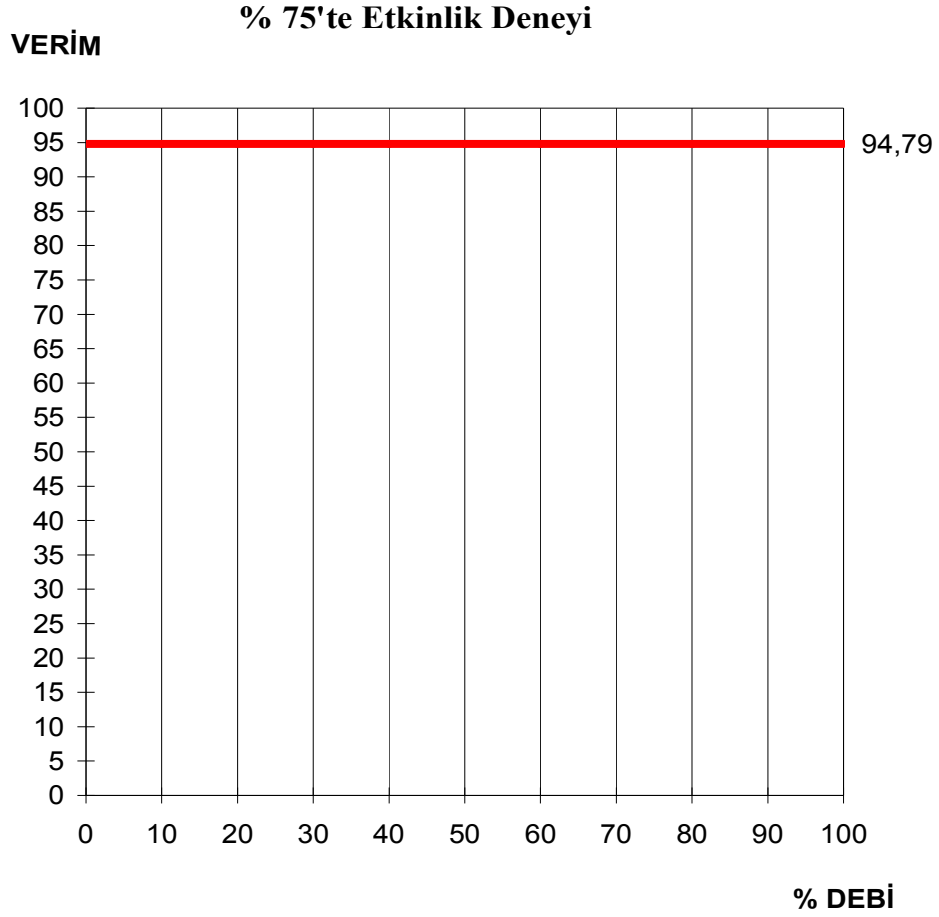
Δm_F : Mutlak filtre kütleindeki artış.

Δm_U : Denenen ünitenin kütleindeki artış.

m_D : Beslenen tozunun toplam kütlesi

$$\text{Toz Tutma Verimi} \quad E = \frac{\Delta m_U}{\Delta m_F + \Delta m_U} \times \%100 = \frac{426,3}{426,3 + 23,4} \times 100 = \%94,79 \quad (3.9.)$$

Yapılan deney sonunda elde edilen sonuç grafik ortama aktarılmış ve grafiği şekil 3.29.'da verilmiştir.



Şekil 3.29. % 75' te Yapılan Etkinlik Deneyinde Toz Tutma Verimi

3.2.9.3. % 100' de Etkinlik Deneyi

Beyan hava debisi $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ olarak belirlendiğinden dolayı, %100'de etkinlik deneyi hesaplanırken bu değer, beyan hava debi değerinin %100'ü olup $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ 'tır.

$$\text{Deney Tozunun Dengesi} \quad B = \frac{\Delta m_F + \Delta m_U}{m_D} = \frac{21,9 + 427,9}{450} = 0,99 \quad (3.10.)$$

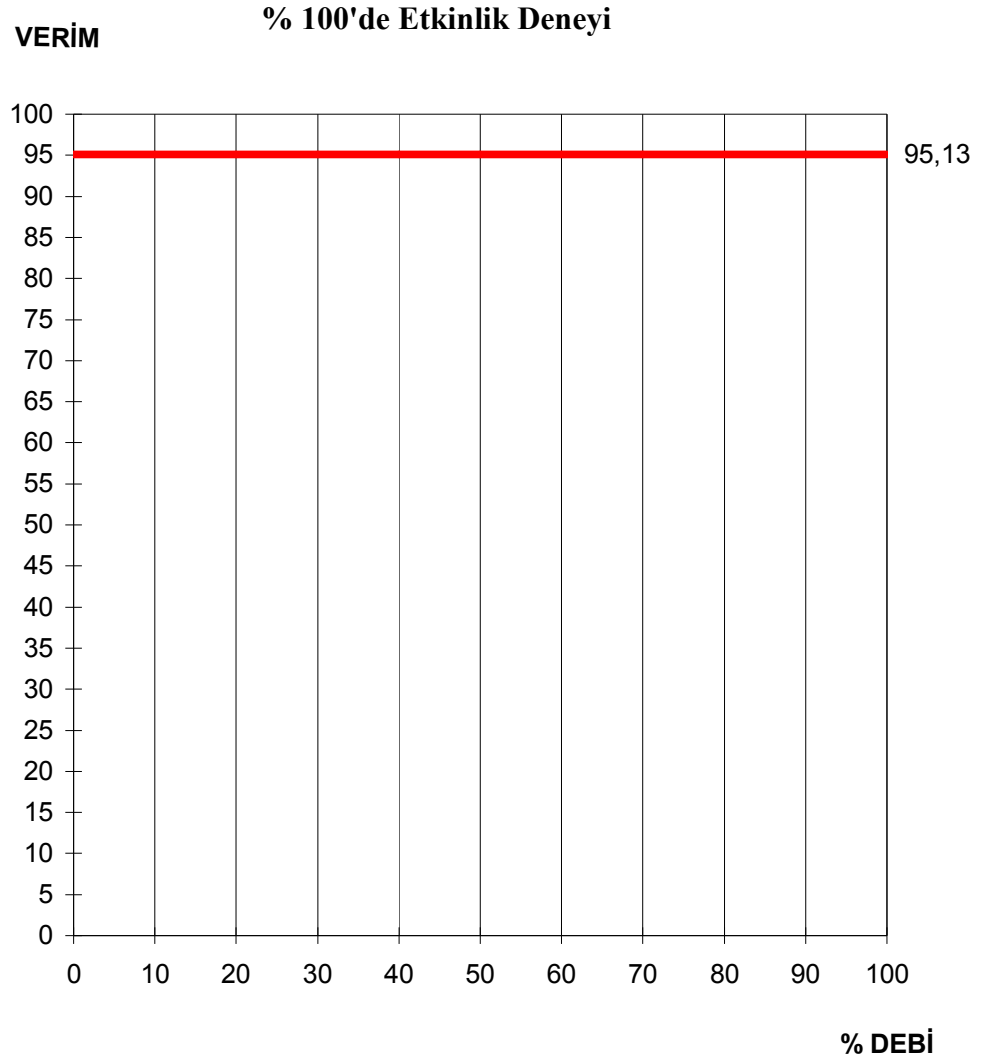
Δm_F : Mutlak filtre kütleindeki artış.

Δm_U : Denenen ünitenin kütleindeki artış.

m_D : Beslenen tozunun toplam kütlesi

$$\text{Toz Tutma Verimi } E = \frac{\Delta m_U}{\Delta m_F + \Delta m_U} \times \%100 = \frac{427,9}{427,9+21,9} \times 100 = \%95,13 \quad (3.11.)$$

Yapılan deney sonunda elde edilen sonuç grafik ortama aktarılmış ve grafiği şekil 3.30.'da verilmiştir.



Şekil 3.30. % 100' de Yapılan Etkinlik Deneyinde Toz Tutma Verimi

3.2.9.4. % 125' te Etkinlik Deneyi

Beyan hava debisi $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ olarak belirlendiğinden dolayı, %125'te etkinlik deneyi hesaplanırken bu değer, beyan hava debi değerinin %125'i olup $1875 \text{ m}^3/\text{h}$ 'tır.

$$\text{Deney Tozunun Dengesi } B = \frac{\Delta m_F + \Delta m_U}{m_D} = \frac{19,7 + 430,2}{450} = 0,99 \quad (3.12.)$$

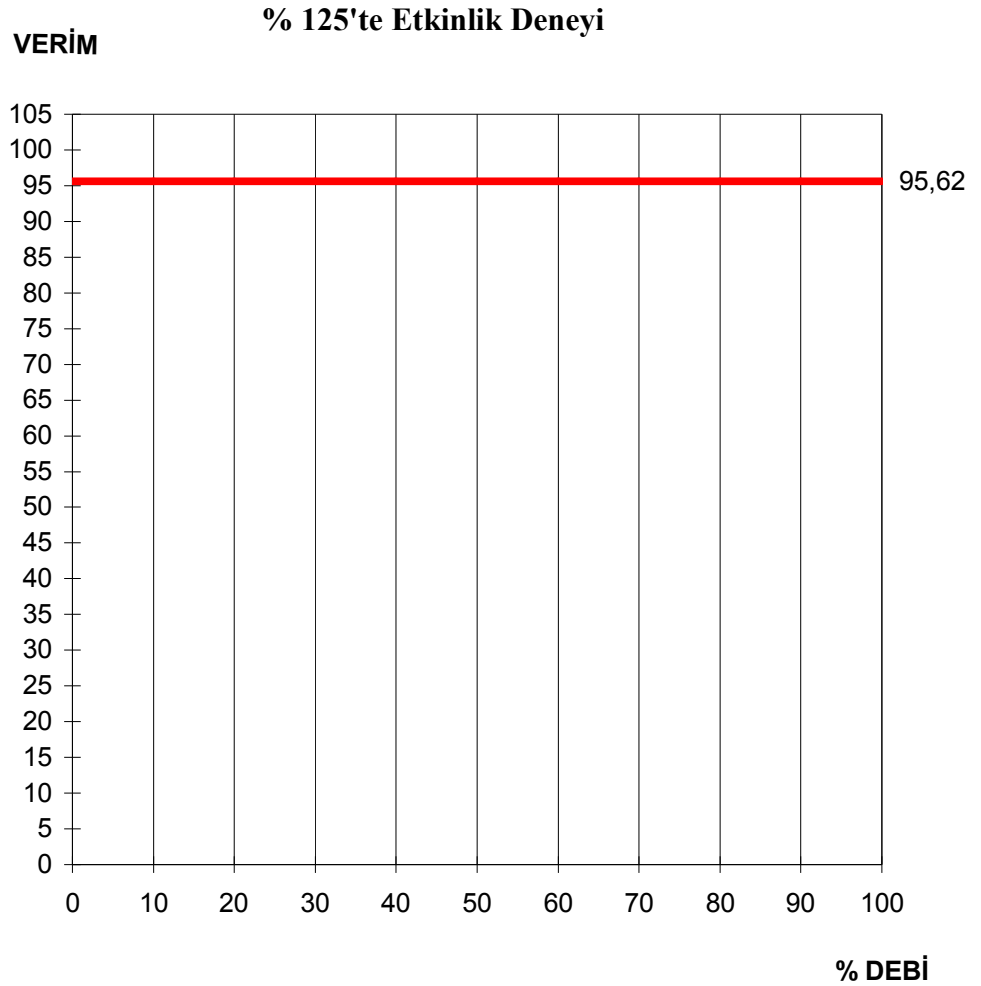
Δm_F : Mutlak filtre kütlesindeki artış.

Δm_U : Denenen ünitenin kütlesindeki artış.

m_D : Beslenen tozunun toplam kütlesi

$$\text{Toz Tutma Verimi } E = \frac{\Delta m_U}{\Delta m_F + \Delta m_U} \times \%100 = \frac{430,2}{430,2 + 19,7} \times 100 = \%95,62 \quad (3.13.)$$

Yapılan deney sonunda elde edilen sonuç grafik ortama aktarılmış ve grafiği şekil 3.31.'de verilmiştir.



Şekil 3.31. % 125' te Yapılan Etkinlik Deneyinde Toz Tutma Verimi

3.2.9.5. % 150' de Etkinlik Deneyi

Beyan hava debisi 1500 m³/h olarak belirlendiğinden dolayı, %150'de etkinlik deneyi hesaplanırken bu değer, beyan hava debi değerinin %50'si olup 2250 m³/h'tır.

$$\text{Deney Tozunun Dengesi} \quad B = \frac{\Delta m_F + \Delta m_U}{m_D} = \frac{18,6 + 431,3}{450} = 0,99 \quad (3.14.)$$

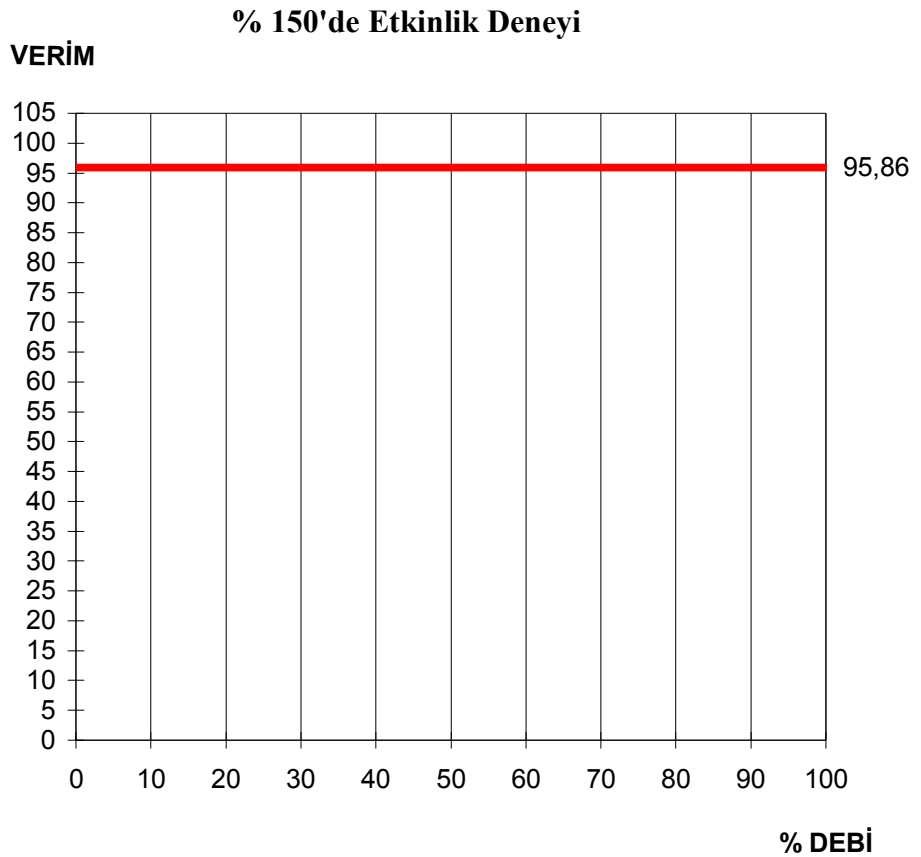
Δm_F : Mutlak filtre kütlesindeki artış.

Δm_U : Denenen ünitenin kütlesindeki artış.

m_D : Beslenen tozunun toplam kütlesi

$$\text{Toz Tutma Verimi} \quad E = \frac{\Delta m_U}{\Delta m_F + \Delta m_U} \times \%100 = \frac{431,3}{431,3 + 18,6} \times 100 = \%95,86 \quad (3.15.)$$

Yapılan deney sonunda elde edilen sonuç grafik ortama aktarılmış ve grafiği şekil 3.32.'de verilmiştir.



Şekil 3.32. % 150' de Yapılan Etkinlik Deneyinde Toz Tutma Verimi

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada uygulanan kapasite deneyinin amacı, standartta belirtildiği üzere, denenen ünitenin toplam kütle artışının belirlenmesidir. Standartlarda bu deneyin, sabit veya değişken hava debisinde, ince veya kalın deney tozu ile yapılabileceği belirtilmiş olup, bu çalışmada sabit debide ve ince deney tozu verilerek gerçekleştirilmiştir.

Denenen üniteye beslenen toza karşılık gelen, geçen süre için sabit bir oran varsayılarak veriler kaydedilmiştir. Bu veriler çizelge 3.14.'de görülmektedir. Kütle artışına karşılık gelen kısılma eğrisi çizilmiştir. Grafikler şekil 3.23. ve şekil 3.24.'te gösterilmiştir.

Etkinlik deneyinin amacı ise, denenen ünitenin toz tutma kabiliyetlerini belirlemektir. Kapasite deneyinde olduğu gibi bu deneyin de, sabit veya değişken hava debisinde, ince veya kalın deney tozu ile yapılabileceği belirtilmiş olup, bu çalışmada sabit debide ve ince deney tozu verilerek gerçekleştirilmiştir.

Sabit deney hava debisinde etkinliğin belirlenmesi, beyan hava debisinde veya bunun, kullanıcı ile imalâtçının üzerinde anlaştığı herhangi bir yüzdesinde yapılabileceği belirtildiğinden dolayı bu çalışmada %50, %75, %100, %125 ve %150'deki etkinlik deneyleri hesaplanmıştır. Bu veriler çizelge 3.15.'te verilmiştir.

Bölüm 3.2.7.'de belirtilen %50'de etkinlik deneyi (%50'den kasıt, debinin %50'si olup, beyan hava debisi 1500 m³/h olduğundan dolayı bu değer %50'si 750 m³/h'tır) hesaplanırken, ilk olarak deney tozunun malzeme dengesi (B), hesaplanmıştır. Bu değer, deneyin geçerli olabilmesi için 0,98 – 1,02 arasında olmalıdır. Bu çalışmada, 0,99 değerinin bulunması deneyin geçerli olduğunu göstermiştir. Verilen toz sonrası, filtrelerdeki kütle artışına bağlı olarak filtre verimi hesaplanmış olup %93,16 verim elde edilmiştir. Grafik, şekil 3.25.'te verilmiştir.

%75'te etkinlik deneyi hesaplanırken (%75'ten kasıt, debinin %75'i olup, beyan hava debisi 1500 m³/h olduğundan dolayı bu değer %75'i 1125 m³/h'tır), verilen toz sonrası filtrelerdeki kütle artışına bağlı olarak filtre verimi hesaplanmış olup %94,79 verim elde edilmiştir. Grafik, şekil 3.26.'da verilmiştir.

%100'de etkinlik deneyi hesaplanırken (%100'den kasıt, debinin %100'ü olup, beyan hava debisi 1500 m³/h olduğundan dolayı bu değer %100'ü 1500 m³/h'tır), verilen toz sonrası filtrelerdeki kütle artışına bağlı olarak filtre verimi hesaplanmış olup %95,13 verim elde edilmiştir. Grafik, şekil 3.27.'de verilmiştir.

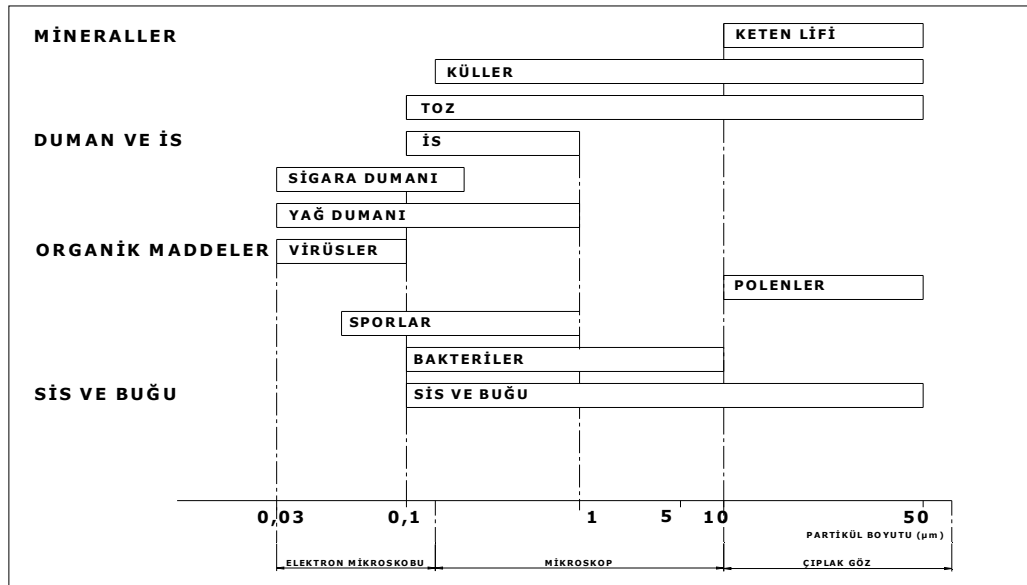
%125'te etkinlik deneyi hesaplanırken (%125'ten kasıt, debinin %125'i olup, beyan hava debisi 1500 m³/h olduğundan dolayı bu değer %125'i 1875 m³/h'tır), verilen toz sonrası filtrelerdeki kütle artışına bağlı olarak filtre verimi hesaplanmış olup %95,62 verim elde edilmiştir. Grafik, şekil 3.28.'de verilmiştir.

Son olarak; %150'de etkinlik deneyi hesaplanırken (%150'den kasıt, debinin %150'si olup, beyan hava debisi 1500 m³/h olduğundan dolayı bu değer %150'si 2250 m³/h'tır), verilen toz sonrası filtrelerdeki kütle artışına bağlı olarak filtre verimi hesaplanmış olup %95,86 verim elde edilmiştir. Grafik, şekil 3.29.'da verilmiştir.

Elde edilen değerler, aktif karbon filtrenin, her debide bir öncekinden daha fazla verim elde ettiğini göstermektedir. Verimin %90'ın üzerinde olması da aktif karbon filtrenin toz tutma kapasitesinin ne kadar yüksek olduğunu göstermektedir.

Havadaki kirleticilerin birçok kaynağı vardır. Fabrikalardan sayısız çeşitte zararlı gazlar, tam yanmama sonucu ortaya çıkan serbest karbon, otomobillerden çıkan egsoz dumanları ve fren balatalarının aşınmasından gelen kalıntılar bu kaynaklar arasında sayılabilir. Havada bulunan kirleticiler ve boyutları şekil 4.1.'de verilmiştir [Anonim,2009r].

Bunun dışında insan günlük yaşamından kaynaklanan, gözle görünmeyen kirleticiler de bulunmaktadır. Giyeceklerden salınan lifler, yürüdükçe havaya kalkan halı tozları gibi. Ölü deri ve saçlar da bu göze çarpmayan kirleticiler arasındadır.



Şekil 4.1. Havada bulunan kirleticiler ve boyutları

Benzer bir olgu doğada da bulunmaktadır. Duman, sis ve serbest karbon doğal olarak da üretilir. Çürüyen hayvan ve bitki artıklarının sonucu oluşan birleşik karbon da atmosfere sürekli girer ve rüzgâr tarafından dağıtılır. Hafif bir rüzgâr bile bu kirleticileri uzak yerlere rahatlıkla taşır [Anonim,2009r].

İç mekân havasında bulunan serbest haldeki partiküller; astım, solunum veya akciğer düzensizlikleri bulunan insanlar için büyük risk taşımaktadır. Bu partiküllerin kaynağı çok değişik türlerde olmakla birlikte, büyük bir bölümü sigara dumanı, polen, küf, deri, saç, tüy parçaları, toz, vb... nesnelere oluşmaktadır [Anonim,2009s].

İç mekân havasında serbest halde bulunan bu tür zararlı partiküllerin miktarının azaltılması, HVAC¹⁶ (Heating Ventilating and Air Conditioning) sistemlerinde kullanılan filtreler yolu ile sağlanır. Filtre; zararlı partikülleri HVAC sistemlerine girmeden bloke ederek tutan, genel olarak fiber benzeri, hava geçişine olanak tanıyan yapıda bir malzemedir. Filtreyi oluşturan fiberler arasındaki mesafe genelde havada bulunan partikül boyutlarından büyük olduğu için, partiküllerin sadece fiberlere çarpan miktarı filtre üzerinde kalır. Filtre tarafından tutulan partikül miktarını artırmak için, filtrenin kalınlığı artırıldığında, veya fiberler arasındaki mesafe daraltıldığında (filtre gözenekleri küçültüldüğünde), filtrenin performansında bir artış meydana gelir. Ancak, bu türde bir değişiklik, hava akışına karşı direnci yükselterek hava geçiş miktarının azalmasına sebep olur. Filtreden geçen hava geçiş miktarının azalması, sistem veriminin düşmesi, sistem üzerinde aşırı yük oluşması ve dolayısıyla enerji tüketiminin artması anlamına gelmektedir. Açık olarak görülmektedir ki, filtre performansını ve iç mekân hava kalitesini artırmak için, filtre kalınlığı ve yoğunluğunun artırılması uygun bir yöntem değildir [Anonim,2009s].

Partikül Boyutları:

Hava, %21'i Oksijen, %78'i Azot, %1'i Argon ve diğer gazlardan oluşmaktadır. Şekil 4.2.'de verilen tabloda belirtildiği gibi, soluduğumuz hava; doğa, insanlar ve endüstriyel prosesler sonucu oluşan madde taneciklerini ve gazları da içermektedir. Bunlar içerisinden dikkat edilmesi gereken tanecik ve gazlar; sağlığınıza, konforunuza, yaşadığımız alanlara ve ürettiğimiz ürünlere zarar verenlerdir [Anonim,2009t].

¹⁶ HVAC Sistemleri= Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri.

Partikül Boyutu (µm)																														
0.001	0.002	0.004	0.006	0.008	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	20.0	40.0	60.0	80.0	100	200	400	600	800	1000
Atmosferdeki Partiküller																														
Kimyasal Gübre, Kireç																														
Yağlı Duman																														
Duman Külü																														
Sigara Dumanı																														
Kömür Tozu																														
Metal Tozu ve Dumanı																														
Çimento Tozu																														
Deniz Tuzu Partikülü																														
Pilaj Kumı																														
Karbon Siyahı																														
İnce Kömür Tozu																														
Boya Pigmenti																														
Süt Tozu																														
Sporlar																														
Çiğerlere zararlı toz																														
Polen																														
Atmosferik Toz																														
Virusler																														
Bakteriler																														
İnsan Saçı																														

Şekil 4.2. Partikül Tablo

Yaşam kalitesini arttırmak ve ihtiyaç duyulan alanlarında istenilen kalitede hava elde etmek amacıyla gerekli ayrımları yaparak dış ortamdaki partikül, toz, toprak ve istenmeyen cisimleri tutmak ve besleme havasındaki zararlı virüs ve bakterileri azaltmak amacıyla havalandırma cihazlarında bu amaca uygun filtreler kullanılmaktadır. İyi bir filtre seçimi için aşağıdaki sorulara cevap aranmalıdır [Anonim,2009t].

- **Kullanım Alanı:** Filtrenin uygulama yeri ve hangi amaçla kullanılacağı iyi tespit edilmelidir. Seçilecek filtre genel havalandırma istemlerinde kullanılacağı gibi hastane, temiz oda, laboratuvar vb. hassas hava ihtiyacının önemli olduğu bir mekânda kullanılabilir.
- **Filtre Edilecek Partikül Özellikleri:** Uzun ömürlü ve verimli bir filtrasyon için en önemli faktör filtre edilecek partikül boyutu ve özelliğinin iyi tespit edilmesidir.
- **İhtiyaç Duyulan Filtrasyon Verimi:** Filtrasyon verimi, tespit edilmesi gereken en önemli hususların başında gelmektedir. Yüksek basınç kaybı ve enerji sarfiyatına engel olmak için kullanım ortamına en uygun olan yeterli verimliliğin seçilmesi gerekmektedir.

- **Çevresel Koşullar:** Aynı ürün grubu altındaki her bir filtre farklı çevresel ortamlar için dizayn edilmiş ve geliştirilmiş olabilir. Kullanılacak filtre ısı, nem, korozyon gibi faktörler göz önünde bulundurularak tercih edilmelidir.
- **Kullanım Sonrası Filtrenin Geri Dönüşümü:** Eğer filtre toksik gaz veya zararlı kirleticileri filtrasyon amacıyla kullanılacak ise filtrenin kullanım sonrası geri dönüşümü düşünülmesi gereken bir husustur. Bu tür durumlarda tercihi geri dönüşümü kolay ürünler düşünülerek yapılmalıdır.
- **Kabul Edilebilir Basınç Kaybı Seviyesi:** Özellikle belirli uygulamalarda havalandırma sisteminin performansını etkileyen en önemli husus filtrenin göstermiş olduğu basınç düşümü değeridir. Kullanılacak filtrenin basınç düşümü değerleri havalandırma sistemi için en uygun şekilde tercih edilmelidir.
- **Filtrenin Toz Tutma Kapasitesi:** Filtre tercihi ortamdaki toz tutma kapasitesine göre yapılmalıdır. Toz kapasitesi ile birlikte filtrenin uzun ömürlü olması da iyi bir filtreden beklenen durumdur.
- **Filtre Ebatları:** İstenen özelliklerin tamamını taşıyan filtrenin ebatları optimum ölçülerde olmalıdır. Standart ölçüde üretilen filtreler hem fiyat hem teslim süresi açısından avantaj sağlayacağı göz önünde tutulmalıdır.
- **Filtre Montaj Kolaylığı:** Filtrenin maksimum performansta çalışabilmesini sağlamak amacıyla filtre seçilmeden önce montaj şekli ve kolaylığı iyice düşünülmalıdır.

Önceki çalışmalarda yapılan deneylerde genellikle aktif karbonun koku, renk vb. problemleri gidermede kullanıldığını görülmektedir. Bu çalışmada, bu özelliklerinin yanında, toz tutma yeteneğinin de ne kadar yüksek olduğu görülmüştür. Daha önceki çalışmalarda, aktif karbon filtrenin aşağıda belirtilen özellikleri test edilmiştir.

- **Tutma Kapasitesi:** Filtrelerin gözeneklerinin belirli bir kapasitesi vardır. Bu kapasite aşıldığında filtre görevini yerine getiremez hale gelmektedir. Bu sebeple, kirlilik miktarı bilinen bir kirletici ile filtre yoğun bir filtreleme işlemine tabi tutulur. Bu incelemelerden sonra filtrenin performansı aktif karbon standartları ile karşılaştırılır. Elde edilen sonuçlara göre filtrenin standartlara uygun olup olmadığı tespit edilmektedir.

- **Geçirgenlik:** Filtrelerin belirli bir alan ölçüleri için geçirmeleri gereken miktarda hava veya sıvı miktarı söz konusudur. Filtre bu debi değerlerini sağlamak zorundadır. Üstelik filtrenin sağladığı bu debinin filtre ömrü ve kapasitesi ile de uyumlu olması ve beklenen değişim değerlerini verebilmesi gerekmektedir. Burada değişimden kasıt, filtrenin belirli bir ömür süresi içinde filtreleme fonksiyonunun belirli standart değerler altına düşmeden sürdürebilmesine dayanmaktadır.
- **Filtreleme Performansı:** Aktif karbon filtreler için Şekil 4.3.'te liste halinde verilen bazı kimyasal maddeler ile organik ya da inorganik bazı kimyasalları geçirmeme veya filtre bünyesinde tutma özelliği göstermeleri beklenir. Her ne kadar bu maddelerin hepsi için imal edilen ürünlerde test yapılmamış ise de, genel durumu gösteren daha detaylı bir liste bölüm 3.1.8.1.'deki şekil 3.7.'de verilmiştir.

(4- Çok iyi 3-Tatmin Edici 2-Orta 1-Az)

Madde	Molekül ağırlığı	Filtreleme yeteneği
Methane Series		
Methane	167,04	1
Ethane	30,07	1
Propane	44,09	2
Butane	58,12	2
Pentane	72,15	3
Hexane	86,17	3
Heptane	86,17	3
Heptane	10,20	4
Octane	114,23	4
Nonane	128,25	4
Decane	142,28	4
Acetylene Series		
Acetylene	26,04	1
Propyne	40,06	2
Butyne	54,09	2
Pentyne	68,11	3
Hexyne	82,14	3

Şekil 4.3. Aktif Karbon Filtrenin Bazı Kimyasalları Filtreleme Etkisi

Ethylene Series		
Ethylene	28,05	1
Propylene	42,08	2
Butylene	56,10	2
Pentylene	70,13	3
Hexylene	84,16	3
Heptylene	98,18	4
Octalene	112,21	4
Benzene Series		
Benzene	78,11	4
Toluene	92,13	4
Xylene	106,16	4
Other substances		
Isoprene	68,11	3
Turpentine	136,23	4
Naphthalene	128,16	4
Phenol	94,11	4
Methyl Alcohol	32,04	3
Ethyl Alcohol	46,07	4
Propyl Alcohol	60,09	4
Butyl Alcohol	74,12	4
Amyl Alcohol	88,15	4
Cresol	108,13	4
Menthol	156,26	4
Formaldehyde	30,03	1
Acetaldehyde	44,05	2
Propionaldehyde	58,09	3
Acryldehyde	56,06	3
Butyraldehyde	72,10	4
Valericaldehyde	86,13	4
Crotonaldehyde	70,09	4
Formic Acid	46,03	2
Lactic Acid	90,08	3
Acetic Acid	60,05	4
Propionic Acid	74,08	4
Butyric Acid	88,10	4
Valeric Acid	102,13	4

Şekil 4.3. (Devam) Aktif Karbon Filtrenin Bazı Kimyasalları Filtreleme Etkisi

Acrylic Acid	76,06	4
Caprylic Acid	144,21	4
Pamitic Acid	256,42	4
Methyl Acetate	74,08	3
Ethyl Acetate	88,10	3
Propyl Acetate	102,13	4
Butyl Acetate	116,16	4
Amyl Acetate	130,18	4
Acetone	58,08	3
M.E.K.	72,10	4
Diethyl Ketone	86,13	4
Dipropyl Ketone	114,18	4
Methyl Eter	46,07	3
Ethyl Eter	74,12	3
Propyl Eter	102,17	3
Butyl Eter	130,23	4
Amyl Eter	158,28	4
Methyl Acrylate	86,09	4
Ethyl Acrylate	100,11	4
Methyl Mercaptan	48,10	4
Ethyl Mercaptan	63,13	4
Propyl Mercaptan	76,15	4
Eucalyptol	154,25	4
Camphor	155,23	4
Methyl Chloride	50,49	3
Ethyl Chloride	64,52	4
Propyl Chloride	78,54	4
Butyl Chloride	92,57	4
Methylene Chloride	84,94	4
Chloroform	119,39	4
Carbon tet.	153,84	4
Iodoform	393,78	4
Phosgene	98,92	4
Pyridine	79,10	4
Indole	117,14	4
Skatole	131,17	4
Nikotine	162,23	4
Nitrobenzene	123,11	4

Şekil 4.3. (Devam) Aktif Karbon Filtrenin Bazı Kimyasalları Filtreleme Etkisi

Urea	60,06	3
Uric Acid	168,11	4
Putrescine	88,15	4
Chlorine	70,91	3
Bromine	159,83	4
Iodine	253,84	4
Hyrogene Fluoride	20,01	1
Hyrogene Chloride	36,47	2
Hyrogene Bromide	80,92	2
Hyrogene Iodide	127,93	2
Nitrogen Dioxide	46,01	2
Nitric Acid	63,02	2
Sulfur Dioxide	64,08	2
Sulfur Trioxide	80,06	3
Sulfuric Acid	98,08	4
Adhesives		4
Ammonia		2
Asphalt fumes		4
Auto Exhaust		3
Bathroom smells		4
Bleaching Solutions		3
Cleaning Compounds		4
Cooking Odors		4
Hospital Odors		4
Household Smells		4
Jet Fuel Fumes		4
Kitchen Odors		4
Mildew		3
Mold		3
Ozone		4
Paint & Redecorating Odors		4
Smog		4
State Odors		4

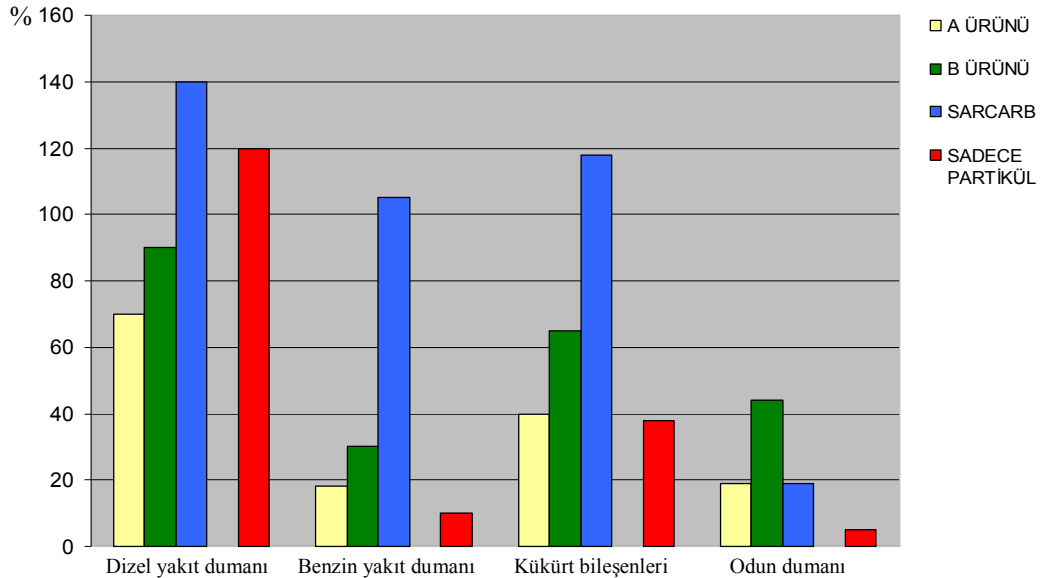
Şekil 4.3. (Devam) Aktif Karbon Filtrenin Bazı Kimyasalları Filtreleme Etkisi

- **Filtrenin Mekanik Özellikleri:** Aktif karbon filtreler için aynı zamanda diğer filtrelerde de olduğu üzere mekanik dayanım incelemesi yapılmaktadır. Bu

inceleme ise elde edilen filtrenin dayanım sınırlarının tespiti amacını taşımaktadır. Bu testlerde filtreler darbe şeklinde ani yüklemeye, sürekli yüksek sınırlarda basınçlara maruz kalma gibi zorlama şartlarına dayanmalıdır. Ayrıca ortamdaki kaynaklanabilecek ekstra durumlar da dikkate alınarak delinme, yırtılma ve benzeri testler de uygulanmaktadır. Yine diğer testlerde olduğu üzere, bu incelemelerden sonra filtrenin performansı aktif karbon standartları ile karşılaştırılır. Elde edilen sonuçlara göre filtrenin standartlara uygun olup olmadığı tespit edilmektedir.

- **Filtrenin Koku Giderme Özellikleri:** Aktif karbon filtreler için diğer filtrelerde olmayan bir test daha uygulanmaktadır. Bu test, filtrenin koku giderme etkisi üzerine incelenmesi amacını taşımaktadır. Bu inceleme ise, elde edilen filtrenin kokuya sebep olan maddeleri tutma kapasitesi ve sonuçta oluşan kokuyu giderme etkisidir. Bu testler için akışkana (hava veya sıvıya) koku veren maddeler eklenir ve filtreleme işinin ardından bu maddelerin kalıntılarının miktarına bakılarak filtreleme etkisi tespit edilir. Bu konuda yapılan çalışmalar sonucunda firmanın ürettiği ürünler için elde edilen test sonuçları Şekil 4.4.'te verilmiştir.

Koku giderme



Şekil 4.4. Aktif Karbon Filtrenin Koku ve Egsoz Atıkları İle Duman Filtreleme Etkisi

İyi bir filtre seçimi için yukarıda belirtilen sorulara cevap aranmalıdır. Ayrıca kullanılan filtrenin değişmesi gerektiğini nereden anlaşılacaktır. Hangi filtreler yıkanabilir özelliktedir. Filtre ömrü ne kadardır? Bu sorular şu şekilde cevaplanabilir:

Filtrelerin değişmesi gerektiğinin anlaşılması:

Filtre temizken hava akımına karşı direnç oluşturur. Başlangıç direnci ya da basınç düşümü olarak adlandırılan bu değer P_a olarak ölçülür. Filtreler kirlendikçe bu değer artar. Direnç değeri önerilen son dirence ulaşan filtre değiştirilmelidir. Ön filtre ve torba filtreler için önerilen son direnç EN 779 Avrupa Standartlarına göre belirlenmiş olup bu teknik değer kataloglarda belirtilmektedir.

Hangi filtreler yıkanır?

Sentetik ve metal elyaf içeren ön filtreler yıkanabilir. Torba filtreler gözle görülmeyen partikülleri filtre liflerine moleküler çekim esasına göre çekip yapıştırarak filtrelemektedir. Bu tip filtrelerin temizlenmesi mümkün değildir.

Filtre Ömrü Ne demektir?

Filtrelerin temizken nominal hava debisinde yarattığı dirençten kirlenerek önerilen son dirence ulaşmaya kadar geçen süreye filtre ömrü denilmektedir.

Filtrelerin Ömrü Ne kadardır?

Bu sorunun cevabı filtrelerin monte edildiği yerdeki havanın kirliliğine bağlıdır. Havadaki kirleticilerin artması ya da eksilmesi ve mevsimler gibi faktörler de filtrenin ömrüne etki etmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu zamana kadar yapılan deneylerde genellikle aktif karbonun koku, renk vb. problemleri gidermede kullanıldığı görülmüştür. Hayatımız için bu denli önemli bir malzeme olan aktif karbonun filtrelemede koku, renk vb. problemleri gidermesinin yanı sıra toz tutma kabiliyetinin de benzer şekilde yüksek olup olmadığının tespit edilmesi açısından bu deney seçilmiştir. Bu deney sonucunda da diğer özelliklerinin yanında toz tutma yeteneğinin de ne kadar yüksek olduğu görülmüştür.

Bu çalışma, TS 932 standartlarına uygun olan deney setinde uygulanmıştır. Standartlarda belirlenmiş olan oranlara uygun ölçülere göre tasarlanmış olup, birçok sentetik ve selüloz esaslı malzemenin toz tutma kapasitesinin ölçülebilmesi için uygundur.

Aktif karbon filtrenin deney aşamasında birtakım problemler meydana gelmiştir. İlk aşamada kılıf seçilmemiş ve kılıf seçilmediği için de filtre malzemesi deformasyona uğramıştır. Daha sonra tek tarafına (hava çıkış yönüne) kılıf eklenmiştir. Diğer problem ise filtre deney setine bağlandığı sırada, tek taraflı conta kullanıldığı için, by-pass oluşmuş ve by-pass olayının önlenmesi için çift taraflı conta kullanılmıştır. Son olarak da deney tozunun verilmesi aşamasında deney tozu birden verilerek toz, filtrenin bir tarafında birikip tıkanmaya neden olmuş ve deney tozu 12 dakika aralıklarla verilerek sorun çözülmüştür.

Bütün problemler çözüldükten sonra deney yeniden yapılmıştır. Filtre, deney setine yerleştirildikten sonra; deney seti, çalışma debisinde çalıştırılarak 50 mm SS (Su Sütunu) fark basıncı sağlanıncaya kadar, filtreye bir saat boyunca 12 dakika ara ile 5defa 450 gr. ince deney tozu verilmiştir. Her 12 dakika sonunda filtredeki kütle artış miktarına bağlı olarak filtrenin verimliliği ölçülmüştür. Elde edilen veriler (%90'ın üzerinde verim elde edildiği görülmüştür) aktif karbon filtrenin toz tutma kapasitesinin ne kadar yüksek olduğunu göstermiştir. Deney sonunda filtrede herhangi bir deformasyon meydana gelmediği gözlenmiştir.

Ancak; aktif karbon filtre, başlı başına bir toz yakalama filtresi olarak değil de hem tozun hem de kokunun (zararlı gazlar, egsoz gazları vs.) tutulması gereken durumlarda kullanılmalıdır. Kullanıldığı takdirde de yüksek performans elde edileceği yapmış olduğumuz deneyde kanıtlanmıştır. Araştırma bulguları ve tartışma kısmında bahsedildiği üzere, sadece tozun tutulması istenen sistemlerde EN 779 Avrupa

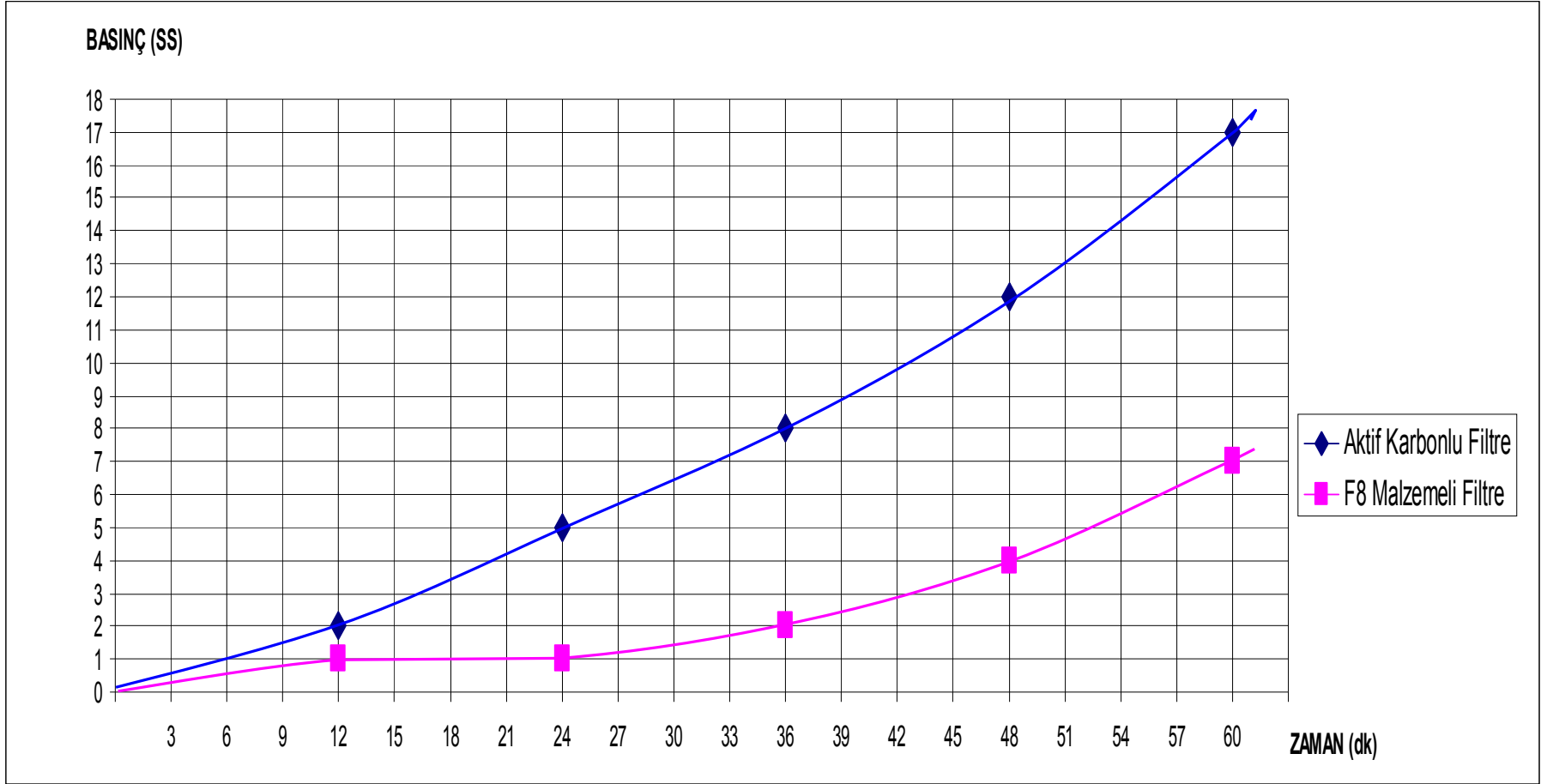
Standartlarına göre belirlenmiş olan ön filtre ve torba filtrelerin kullanılması daha uygun olacaktır.

Çizelgede 5.1.'de EN 779 Avrupa Standartlarına uygun olan bir malzeme (F8) ile aktif karbon filtrenin toz tutma kapasitesi karşılaştırılmıştır. Aynı deney şartlarında iki malzeme kıyaslanmıştır. Aktif karbon filtrenin F8 malzemedan daha yüksek bir verime sahip olduğu gözlenmiştir. Ancak, daha önce de belirttiğimiz gibi hem maliyet açısından hem de kullanılacak ortam dikkate alınarak sadece toz tutmanın önemli olduğu sistemlerde EN 779 Avrupa Standartlarına göre belirlenmiş olan bir filtre kullanılmalıdır. Eğer; hem tozun hem de zararlı gazların filtrelenmesi isteniyorsa o zaman tercihimiz kesinlikle aktif karbon filtre olmalıdır. Ayrıca sonraki çalışmalarda;

- Deney setinin giriş ve çıkışında partikül (büyüklükleri ve sayıları)sayımı,
- Kimyasal (koku, gaz) madde ölçümü,
- Nem ölçümünün yapılp araştırmalarda kullanılması olanaklıdır.

Aktif Karbon / F 8	Hız m / sn	Anma Hava Verdisi (Debisi) m ³ / h	%	Basınç Farkı mm SS	Verilen Deneş Tozu gr	Zaman t	Mutlak Filtrenin Artan Kütlesi gr	Filtrenin Artan Kütlesi gr	Verim %
Aktif Karbon	5.48	750	50	2	450	12	28.7	421	93.61
F 8	5.48	750	50	1	450	12	38.4	411.4	91.46
Aktif Karbon	8.22	1125	75	5	450	24	23.4	426.3	94.79
F 8	8.22	1125	75	1	450	24	33.1	416.7	92.64
Aktif Karbon	10.96	1500	100	8	450	36	21.9	427.9	95.13
F 8	10.96	1500	100	2	450	36	30.4	419.3	93.23
Aktif Karbon	13.70	1875	125	12	450	48	19.7	430.2	95.62
F 8	13.70	1875	125	4	450	48	25.2	424.7	94.39
Aktif Karbon	16.44	2250	150	17	450	60	18.6	431.3	95.86
F 8	16.44	2250	150	7	450	60	21.6	428.3	95.19

Çizelge 5.1. Aktif Karbon ile F8 Malzemenin Karşılaştırılması

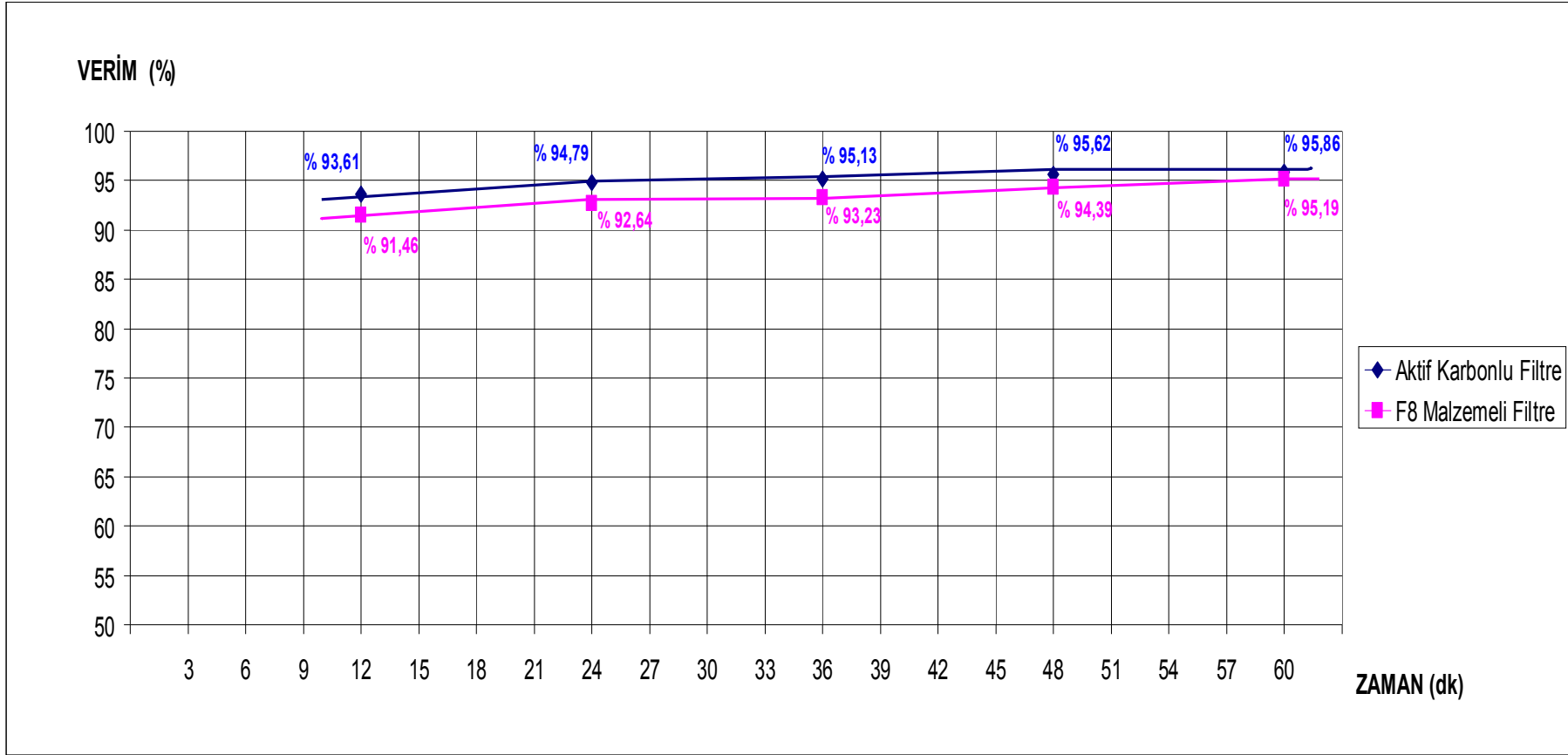


Çizelge 5.2. Aktif karbon malzemeli filtre ile F8 malzemeli filtrenin zamana bağlı basınç değişim değerleri

Aktif karbon malzemeli filtre ile F8 malzemeli filtrenin zamana bağılı basınç değışim değeri çizelge 5.2.'de gösterilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere her 12 dakikalık süre aralığında iki malzeme için de basınç farkları ölçülmüştür. İlk 12 dakikada aktif karbon filtre basıncı 2 SS iken, F8 malzemeli filtrenin basıncı 1 SS olarak ölçülmüştür. 60 dakikalık süre sonucunda aktif karbon filtre basıncı 17 SS'ye çıkarken, F8 malzemeli filtrenin basıncı 7 SS'ye ulaşmıştır. Bu da, her iki filtrenin de verilen tozu tuttuğunu, ancak aktif karbon filtrenin daha fazla toz tutmasından kaynaklı basıncının daha fazla arttığını göstermektedir.

Aktif karbon malzemeli filtre ile F8 malzemeli filtrenin zamana bağılı verim değeri ise çizelge 5.3.'te gösterilmiştir. İlk 12 dakikada aktif karbon filtre verimi %93,61 iken, F8 malzemeli filtrenin verimi %91,46 olarak ölçülmüştür. 60 dakikalık süre sonucunda aktif karbon filtre verimi %95,86'ya çıkarken, F8 malzemeli filtrenin verimi %95,19'a ulaşmıştır. Bu da, her iki filtrenin de veriminin yüksek olduğunu göstermektedir. Ancak; daha önce de belirttiğimiz gibi aktif karbon malzemenin toz tutma kapasitesinin yanı sıra koku, zehirli gaz, kimyasal maddeler vs. tutma özelliği olduğundan dolayı bu malzeme, tercih nedenidir.

Hava kirliliğinin giderek arttığı günümüzde, filtrasyonun önemi her geçen gün daha çok anlaşılmaktadır. Ancak doğru filtrelerin ve filtre malzemelerinin seçilmesi, filtre kullanılacak uygulamanın ve istenilen hava temizliği kalitesinin doğru tanımlanmasıyla mümkündür. Bu aşamadan sonra seçilen filtrenin performansını değerlendirebilmek için uluslararası kabul görmüş standartların kullanılması gerekmektedir.



Çizelge 5.3. Aktif karbon malzemeli filtre ile F8 malzemeli filtrenin zamana bağlı verim değerleri

KAYNAKLAR

- Anonim, 2009a. Aktif Karbon http://www.kimyaevi.org_TR_Genel
- Anonim, 2009b. Mucize Element: C(karbon) <http://www.ilkvahiy.net/islam-ve-bilim/mucize-element-c-karbon-21261/>
- Anonim, 2009c. Aktif Karbon Nedir? <http://www.aktifkarbon.comnedir>
- Anonim, 2009d. Farklı Aktivasyon Yöntemlerinin Aktif Karbon Özelliklerine Etkisi Tübitak Yayını. Proje No: MİSAG-223
- Anonim, 2009e. Aktif Karbon <http://www.euromate.com>
- Anonim, 2009f. Elementler-Karbon <http://www.yaklasansaat.comdunyamizdunyakarbon.asp>
- Anonim, 2009g. Aktif Karbon <http://www.mayersuaritma.com>
- Anonim, 2009h. TMMOB – Mak. Müh. Odası – III. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı mmo yayın no:E/2003/342-1 İzmir Aralık-2003
- Anonim, 2009j. Aktif Karbon http://www.hepaonline.com/aktif_karbon_filtre.php
- Anonim, 2009k. Aktif Karbon Filtre <http://www.aritmaciyiz.com>
- Anonim, 2009l. Aktif Karbon Filtre <http://www.optisu.com>
- Anonim, 2009m. Aktif Karbon Filtre <http://www.aritimsan.com>
- Anonim, 2009n. Aktif Karbon Kullanım Alanları <http://www.kimyaokulu.com>
- Anonim, 2009p. Aktif Karbon Nedir? <http://www.heptogether.com/aktif-karbon-nedir-ne-ise-yarar-t1002.0.html>
- Anonim, 2009r. Havanın İçindeki Toz ve Filtrasyon Prensipleri ve Filtre Test Metodları http://www.mmo.org.tr/resimler/ekler/44a3f71a03ab7c4_ek.pdf?dergi=176
- Anonim, 2009s. Aktif Karbon <http://www.baya.com.tr/>
- Anonim, 2009t. Mükemmel Filtrasyon <http://www.setfil.com>
- Anonim, 2010a. Aktif Karbonun Tarihçesi <http://www.turkchemonline.com/index.php/nihai-urun/164-aktif-karbon-ve-ozellikleri>
- Anonim, 2010b. Toz Tutma Sistemleri <http://www.ekolojidergisi.com.tr/resimler/8-9.pdf>

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmanın konusunu seçmemde yardımcı olan, çalıőmanın yürütölmesinde deneyimlerinden yararlanmamı sağlayan, çalıőmam sırasında beni yönlendiren ve her türlü yardımını esirgemeyen değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Selçuk MISTIKOĞLU'na teőekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde emeği olan, manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen hayatımın her aşamasında bana destek olan değerli aileme teőekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca; tez çalıőmalarım süresince yardımlarından dolayı Ak-Fil personeline, değerli arkadaşlarım Mesut Küçük ve Soner Bayırcıklı'ya teőekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla

MELTEM ALTIN

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Hatay'ın İskenderun ilçesinde doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi aynı ilçede tamamladım. 2000 yılında Gazi Üniversitesi Makine Resim ve Konstrüksiyonu Öğretmenliği Bölümü'nde eğitime başladım ve 2005 yılında mezun oldum. 2005 yılından bu yana İskenderun'da Ak-Fil Aktif Filtre San. ve Tic. A.Ş. 'de çalışmaktayım.

EKLER

EK 1:

Bir Hava Filtresinin Kısılma, Fark Basıncı Ve Basınç Kaybının İzahı

Bir hava filtresinde fark basıncı ölçüldüğünde (Çizelge A.1'de p_2-p_1), giriş ve çıkış basınç musluklarının bulunduğu noktalardaki kanal kesit alanlarındaki herhangi bir farklılık, hava filtresindeki basınç kaybının belirlenmesinde hesaba katılmalıdır. Filtredeki basınç kaybı aşağıdaki eşitlikten bulunur:

$$\Delta p_l = \Delta p_d - \Delta p_c$$

Burada Δp_d , ölçülen fark basıncıdır.

Burada,

$$\Delta p_c = \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} - \frac{\rho \cdot v_1^2}{2},$$

- ρ Havanın yoğunluğu,
 v_1 Giriş basınç musluğunun bulunduğu noktada, kanaldaki hava hızı,
 v_2 Çıkış basınç musluğunun bulunduğu noktada, kanaldaki hava hızıdır.

Giriş basıncının atmosfer basıncına eşit olduğu ve bu nedenle sadece çıkış kanalındaki statik basınç ölçüldüğünde, hava filtresindeki basınç kaybı, havayı durgun halden çıkış kanalındaki hıza ulaştırmak için gerekli olan dinamik yükseklikten, p_{din} , hesaplanabilir. Bu durumda filtredeki basınç kaybı, Δp_l , aşağıdaki eşitlikten bulunur:

$$\Delta p_l = \Delta p_r - p_{din} = p_2 - \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}$$

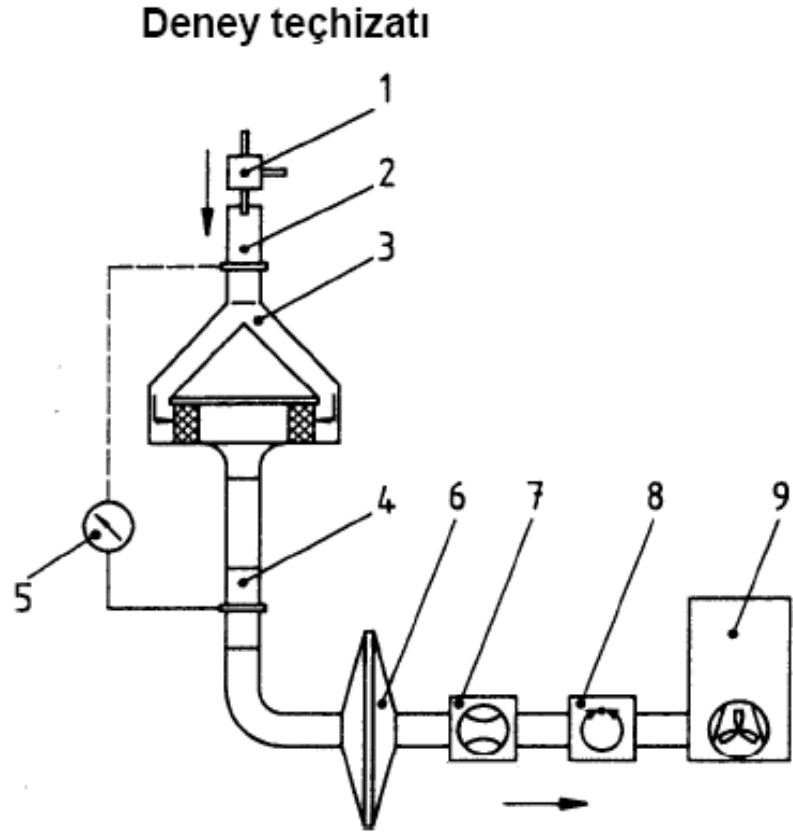
Burada;

$\Delta p_r = p_2$ Çıkış basınç musluğu noktasındaki kısılma/statik basınçtır.

Çizelge A.1 – Bir hava filtresinin kısılma, fark basıncı ve basınç kaybının gösterimi

Terim	Hava filtresinin atmosferden hava emdiği durumda	Hava filtresinin bir giriş kanalından hava emdiği durumda	İzahat
Hava filtresinin giriş statik basıncı	-	p_1	Giriş borusunun kısılmasını ölçmek için kullanılır.
Hava filtresinin çıkış statik basıncı = Kısılma	$\Delta p_r = p_2$	$\Delta p_r = p_2$	Giriş borusu olmadığında kullanılır. Şekil B.8, Şekil B.9 ve Şekil B.15'e bakınız.
Fark basıncı	-	$\Delta p_d = \Delta p_r - p_1 = p_2 - p_1$	Normal olarak eşit piezometre çapları ile kullanılır. Şekil B.14'e bakınız.
Basınç kaybı	$\Delta p_l = \Delta p_r - p_{din}$ $= p_2 - \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}$	$\Delta p_l = \Delta p_d - \Delta p_c$ $= (p_2 - p_1) - \frac{(\rho \cdot v_2^2) - (\rho \cdot v_1^2)}{2}$	Giriş ve çıkış piezometre çapları farklı olduğunda kullanılır.

Ek 2:

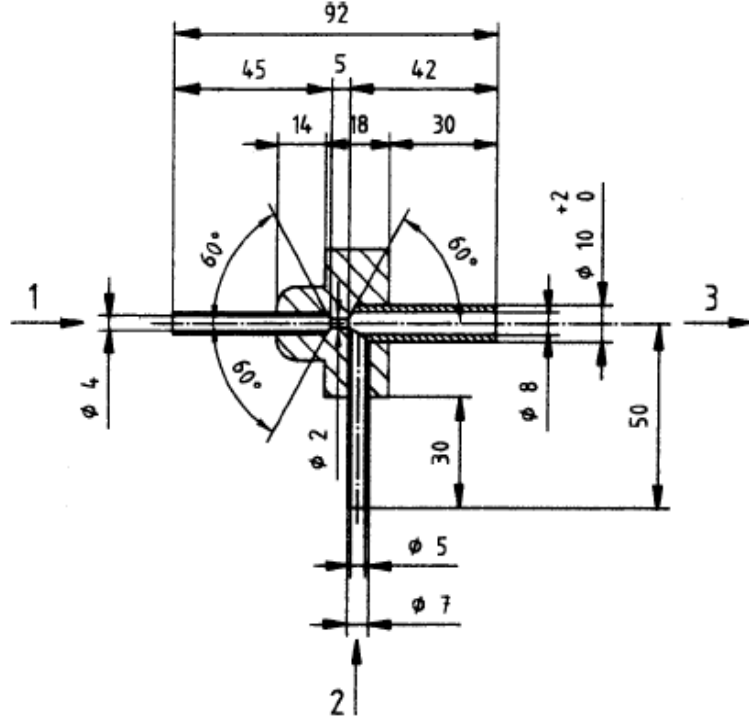
**Açıklama**

- 1 Toz püskürtücüsü (Şekil B.2 ve Şekil B.3)
- 2 Giriş borusu (Şekil B.4)
- 3 Deney kılıfı (Şekil B.5)
- 4 Çıkış borusu (Şekil B.4)
- 5 Basınç ölçme cihazı
- 6 Mutlak filtre
- 7 Hava debi ölçeri
- 8 Hava debi kontrol sistemi
- 9 Boşaltıcı

Şekil B.1 – Filtre elemanı etkinlik/kapasite deney tesisatı

Ek 3:

Ölçüler mm'dir.



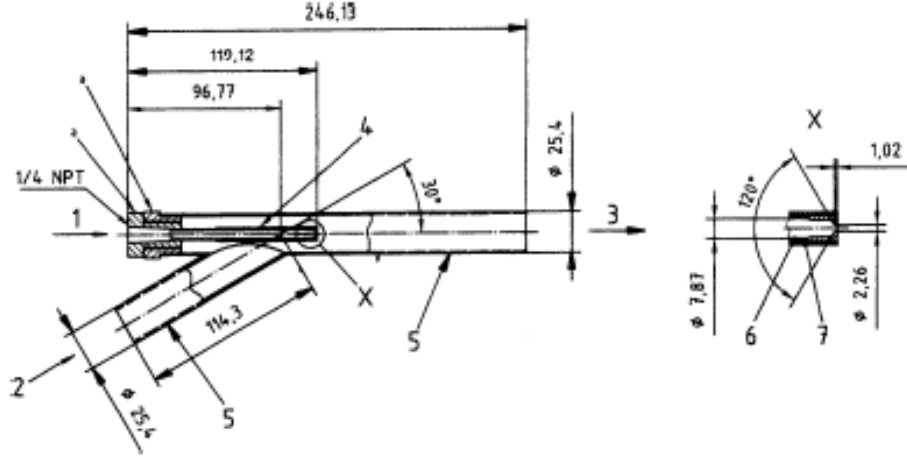
Açıklama

- 1 Hava girişi
- 2 Toz girişi
- 3 Toz/hava çıkışı

Şekil B.2 – ISO toz püskürtücüsü

Ek 4:

Ölçüler mm'dir.



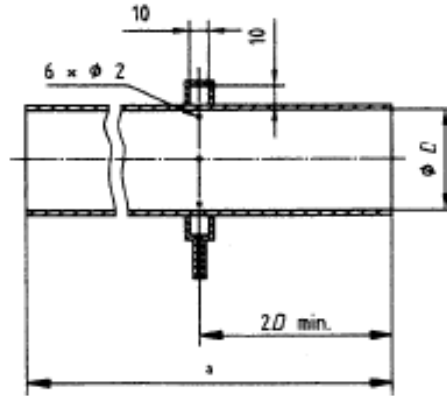
Açıklama

- 1 Hava girişi
- 2 Toz girişi
- 3 Toz/hava çıkışı
- 4 Vinil boru erozyon örtüsü
- 5 Paslanmaz çelik boru (Et kalınlığı 1,65 mm)
- 6 Paslanmaz çelik boru (Et kalınlığı 0,81 mm)
- 7 Vinil boru (Çap 9,53 mm)
- * ¼ - 16 alt köşe başlı civatadan yapılır.

Not - Çizelge 3.6.'ya bakınız

Şekil B.3 – ISO ağır hizmet toz püskürtücüsü

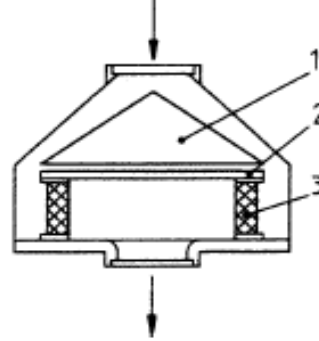
Ölçüler mm'dir.



- * Çıkış borusu: En az 4D ; Giriş borusu: En az 6D

Şekil B.4 – Giriş/çıkış piezometre borusu

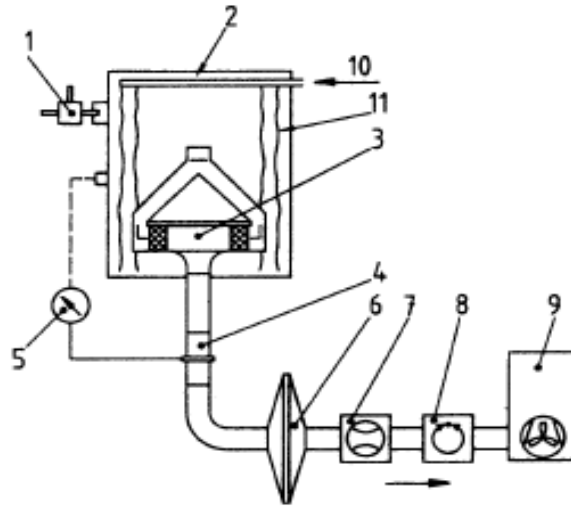
Ek 5:



Açıklama

- 1 Difüzör konisi
- 2 Sızdırmazlık plâkası
- 3 Denenen ünite

Şekil B.5 – Filtre elemanı deney kılıfı



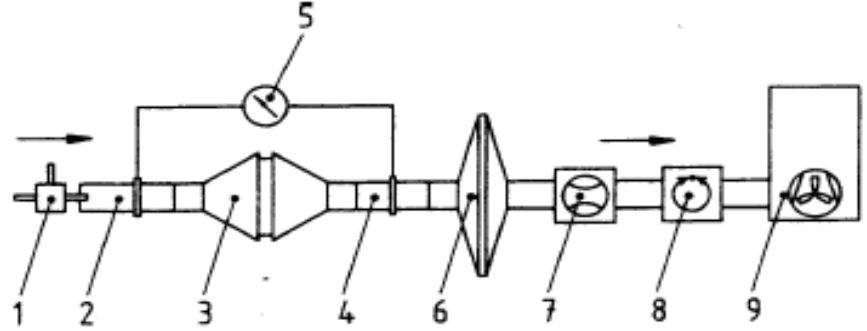
Açıklama

- 1 Toz püskürtücüsü (Şekil B.2 ve Şekil B.3)
- 2 Toz bölmesi
- 3 Difüzör konili denenen ünite (Şekil B.5)
- 4 Çıkış borusu (Şekil B.4)
- 5 Basınç ölçme cihazı
- 6 Mutlak filtre
- 7 Hava debi ölçeri
- 8 Hava debi kontrol sistemi
- 9 Boşaltıcı
- 10 Basıncılı hava beslemesi
- 11 Basıncılı hava besleme esnek borusu

Not - Şekilde tek bir hava filtresi takılmıştır.

Ek 6:

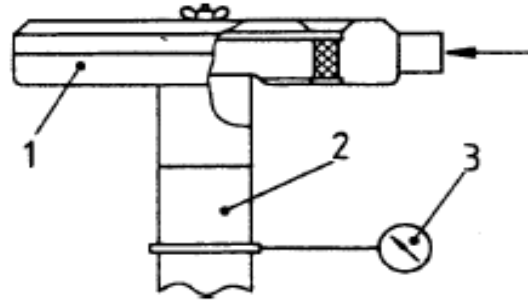
Şekil B.6 – Bir toz bölmesi kullanılan etkinlik/kapasite deney tesisi



Açıklama

- 1 Toz püskürtücüsü (Şekil B.2 ve Şekil B.3)
- 2 Giriş borusu (Şekil B.4)
- 3 Panel tip filtre için bölme
- 4 Çıkış borusu (Şekil B.4)
- 5 Basınç ölçme cihazı
- 6 Mutlak filtre
- 7 Hava debi ölçeri
- 8 Hava debisi kontrol sistemi
- 9 Boşaltıcı

Şekil B.7 – Panel tip filtre elemanı etkinlik/kapasite deneyi için tesisat

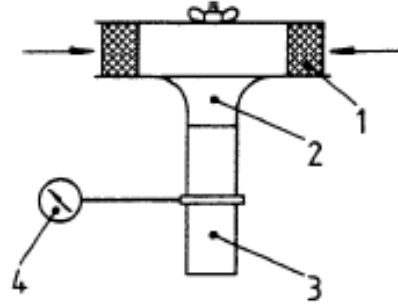


Açıklama

- 1 Denenen ünite
- 2 Çıkış borusu (Şekil B.4)
- 3 Kısılma ölçme cihazı

Şekil B.8 – Kısılma deneyi için tesisat

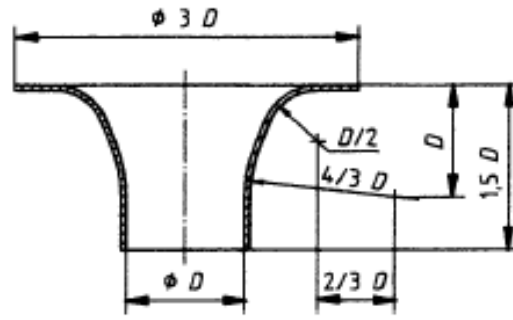
Ek 7:



Açıklama

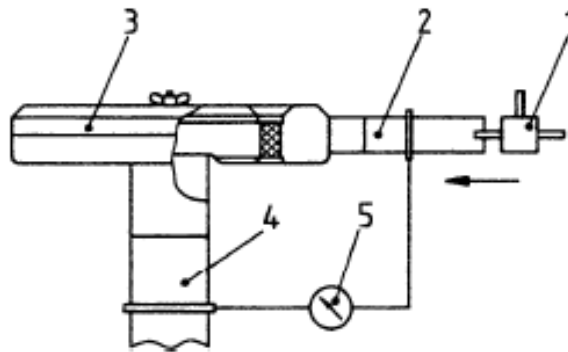
- 1 Denenen ünite
- 2 Orifis (Şekil B.10)
- 3 Çıkış borusu (Şekil B.4)
- 4 Kısılma ölçme cihazı

Şekil B.9 – Filtre elemanı kısılma deneyi için tesisat



ϕD = Şekil B.4'teki ϕD

Şekil B.10 – İdeal akış orifisi

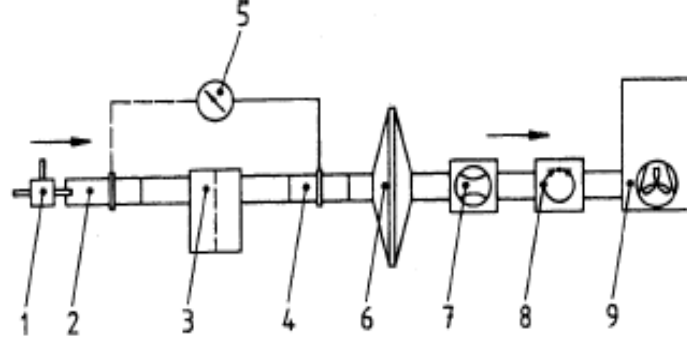


Açıklama

- 1 Toz püskürtücüsü (Şekil B.2 ve Şekil B.3)
- 2 Giriş borusu (Şekil B.4)
- 3 Denenen ünite
- 4 Çıkış borusu (Şekil B.4)
- 5 Basınç ölçme cihazı

Ek 8:

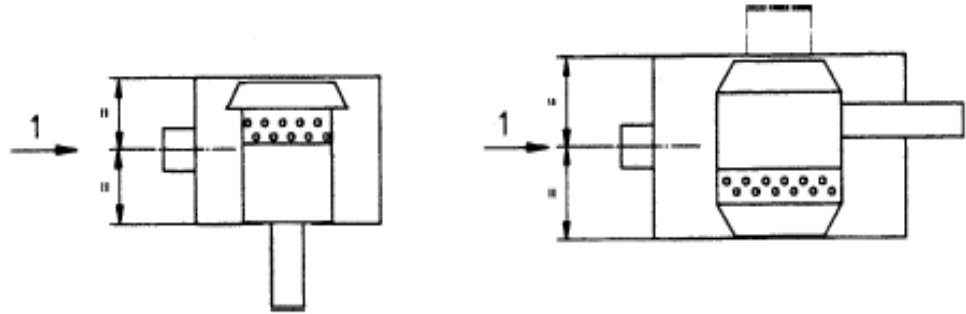
Şekil B.11 – Etkinlik/kapasite deneyi için tesisat



Açıklama

- 1 Toz püskürtücüsü (Şekil B.2 ve Şekil B.3)
- 2 Giriş borusu (Şekil B.4)
- 3 Denenen ünite
- 4 Çıkış borusu (Şekil B.4)
- 5 Basınç ölçüm cihazı
- 6 Mutlak filtre
- 7 Hava debi ölçeri
- 8 Hava debisi kontrol sistemi
- 9 Boşaltıcı

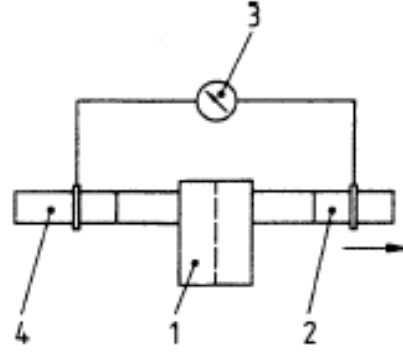
Şekil B.12 – Boru tip hava filtresi etkinlik/kapasite deneyi için tesisat



Açıklama

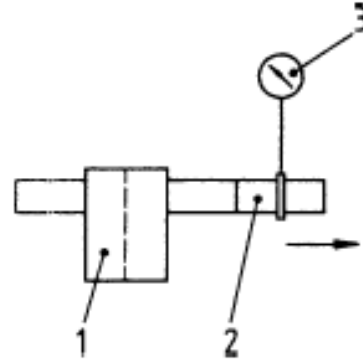
- 1 Toz/hava girişi

Şekil B.13 – Boru tip girişli olmayan hava filtresi için deney düzeneği

Ek 9:**Açıklama**

- 1 Denenen ünite
- 2 Çıkış borusu (Şekil B.4)
- 3 Fark basıncı ölçüm cihazı
- 4 Giriş borusu (Şekil B.4)

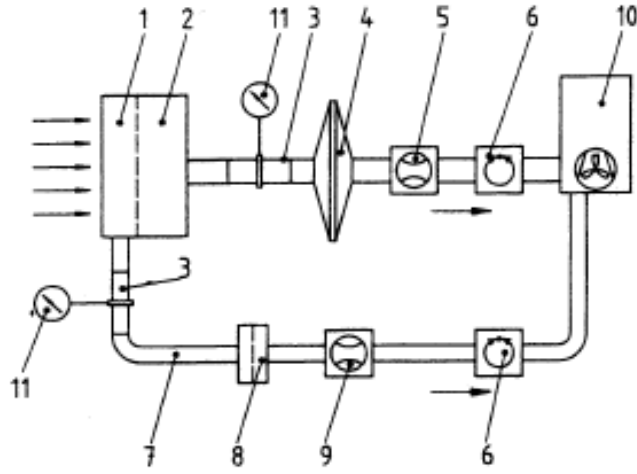
Şekil B.14 – Fark basıncı deneyi için tesisat

**Açıklama**

- 1 Denenen ünite
- 2 Çıkış borusu (Şekil B.4)
- 3 Kısılma ölçme cihazı

Şekil B.15 – Kısılma deneyi için tesisat

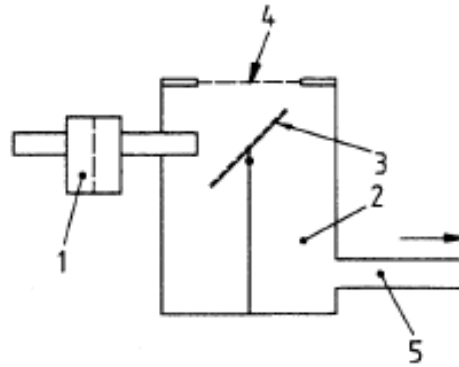
Ek 10:



Açıklama

- | | |
|-----|------------------------------|
| 1+2 | Denenen ünite |
| 1 | Süpürmeli toz tutucu |
| 2 | Ana filtre |
| 3 | Çıkış borusu (Şekil B.4) |
| 4 | Mutlak filtre |
| 5 | Hava debi ölçeri |
| 6 | Hava debisi kontrol sistemi |
| 7 | Süpürme hava kanalı |
| 8 | Süpürme hava kanalı filtresi |
| 9 | Süpürme havası debi ölçeri |
| 10 | Boşaltıcı |
| 11 | Kısılma ölçme cihazı |

Şekil B.16 – Süpürmeli hava filtresi etkinlik/kapasite deneyi için tesisat



Açıklama

- | | |
|---|---------------------------|
| 1 | Denenen ünite |
| 2 | Gözetleme bölgesi |
| 3 | Kâğıt kaplı hedef plâkası |
| 4 | Gözetleme penceresi |
| 5 | Hava boşaltıcıya çıkış |

Şekil B.17 – Yağ kaybı deneyi – Gözetleme bölgesi

Ek 11:**Hava Akış ve Direncin Standard Şartlara Düzeltilmesi**

Hava akışının kısılması/fark basıncı/basınç kaybı ve toz kapasite verileri 1013 mbar ve 20 °C standard şartlar için rapor edilmelidir. Hava filtresinin direnci, Δp , aşağıdaki ifade ile temsil edilebilir.

$$\Delta p = K_1 \mu V + K_2 \rho V^2$$

Burada;

- K_1 Ampirik bir sabit,
 K_2 Ampirik bir sabit,
 μ Dinamik viskozite, mega paskal saniye olarak,
 ρ Hava yoğunluğu, kg/m^3 olarak,
 V Hacimsel debi, m^3/min olarak,
 m Kütesel debi, kg/min olarak.

V yerine $\frac{m}{\rho}$ kullanılarak

$$\Delta p = K_1 \mu \left(\frac{m}{\rho} \right) + K_2 \rho \left(\frac{m}{\rho} \right)^2$$

ve terimleri yeniden düzenleyerek,

$$\rho \Delta p = K_1 \mu m + K_2 m^2$$

Böylece, kütesel akışı sabit tutarak ve viskozitedeki değişimi asgari ölçüde tutmak için ortam sıcaklığındaki değişimi sınırlayarak, $\rho \Delta p$ sabit kalacaktır. Bu nedenle;

$$\rho_0 \Delta p_0 = \rho \Delta p$$

$$\Delta p_0 = \frac{\rho}{\rho_0} \Delta p$$

Burada, alt indis olarak konulan $_0$, standard şartları belirtir.

Gözlemlenen kısılma/fark basıncı/basınç kaybı değerleri bu nedenle aşağıdaki eşitlik kullanılarak standard şartlara düzeltilmelidir.

$$\Delta p_0 = \frac{\rho}{1013} \times \frac{293}{(t + 273)} \times \Delta p_r \text{ veya } \Delta p_d \text{ veya } \Delta p_1$$

Burada ,

p ve t Sırasıyla gözlemlenen ortam basıncı ve sıcaklığı,
 Δp_r , Δp_d veya Δp_1 Hava filtresinin ölçülen kısılması/fark basıncı/basınç kaybıdır.

Ek 12:

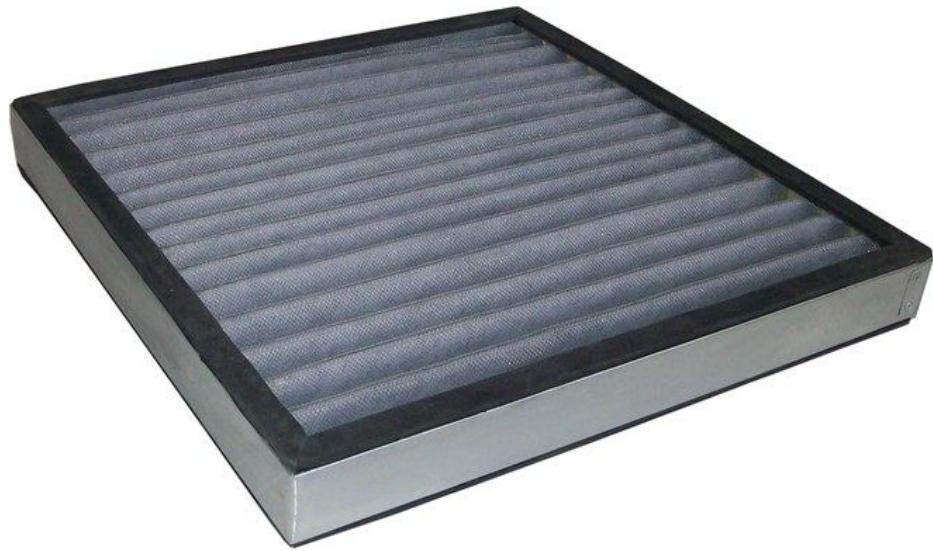
Deney Seti Fotoğrafları





Ek 13:

Aktif Karbon Filtre





DENEYDEN ÖNCE



DENEYDEN SONRA

Ek 14:

Yardımcı Filtre



Yardımcı Filtre Takılmadan Önce



Yardımcı Filtre Takıldıktan Sonra

Ek 15:

Deney Tozu



Ek 16:

Anemometre



Ek 17:

Hassas Terazi




Ek 18:

Kaba Terazi



Ek 19:

Lamine Aktif Karbonun Teknik Özellikleri




Technische Vliese

Technical data
Technische Daten

Artikel		V 2937 - 1
<i>Construction</i> Aufbau:		<i>diffusent layers at</i> mehrschichtig: PP ← +) + PC - Meltblown ←)
<i>weight</i> weight <i>total</i> Gewicht (DIN 53854)	g/m ²	500
<i>weight of</i> weight <i>active carbon</i> Aktivkohlegewicht (DIN 53854)	g/m ²	350
<i>thickness</i> Dicke (DIN 53855)	mm	2,8
<i>air permeability</i> Luftdurchlässigkeit: (DIN 53887)	l/dm ² x min l/m ² x s	600 1000
<i>application</i> Einsatz:		Filtermedium: piissierbar <i>7 pleatable</i>

Die technischen Daten wurden nach DIN ermittelt und dienen der Beratung.
Verbindlichkeiten können hieraus nicht abgeleitet werden.



Filzfabrik Fuida GmbH & Co, Frankfurter Straße 62, 36075 Fuida
Telefon (0661)101-1, Telefax (0661)101-214, Teletex 176198031

Ek 20:

F8 Malzemenin Teknik Özellikleri

