

PANDEMİ SÜRECİNDE FİLTRELERİN ÖNEMİ

Akif Kayaş¹

Hava insan yaşamı için gerekli olan temel maddeleri içerir. İnsan, O₂ (oksijen) konsantrasyonunun %12 limitinin altında olduğu ya da CO₂ (karbondioksit) konsantrasyonunun %5'den fazla olduğu ortamlarda yaşayamaz.

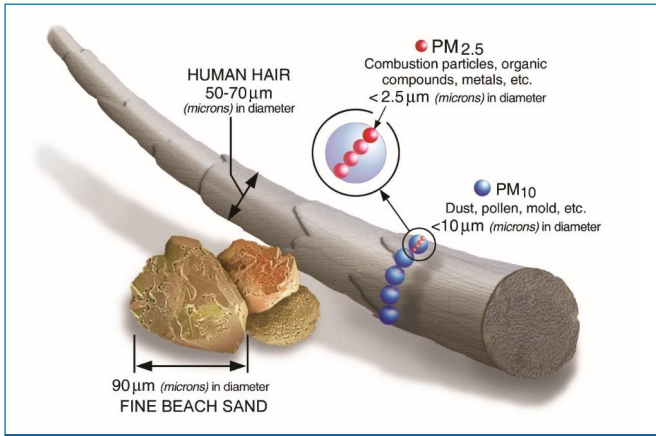
Hava, bulunduğu ortama göre çöl kumu, deniz tuzu, çürümüş organik parçacıklar, mikrobik canlılar gibi doğal ve/veya fabrika baca gazları, araç egzoz gazları gibi endüstriyel kirleticileri barındırır.

Havada asılı kalan ve teneffüs edilebilen partiküller PM (Particulate matter) olarak adlandırılır. PM boyutları mikron seviyelerinde olup, kirleticiye göre farklılık göstermektedir. Bu partiküller, boyutları küçüldükçe vücudumuzda daha derinlere ulaşabilmekte, en küçük boyuttakiler so-

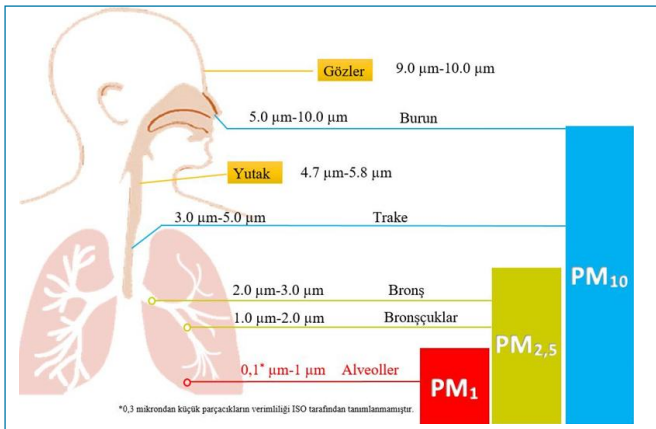
lunum sisteminden dolaşım sistemine ve oradan da iç organlara ulaşarak sağlığımızda ağır tahribatlara yol açabilmektedir. Ayrıca, gerek hassas endüstriyel proseslerle işlenen ürünlere, gerek makine ve malzemeye temaslari ve yüzeylerde birikimleri ekonomik kayıplara sebep olabilmektedir. Şekil 1'de PM partikül boyutları kıyaslamalı olarak gösterilmektedir. Şekil 2'de partiküllerin büyüklüklerine göre solunum sistemimizde nerelere kadar nüfuz ettiği görülmektedir.

Birleşmiş Milletler Dünya Sağlık Örgütü (WHO) hem kapalı alanlardaki hem de açık alanlardaki hava kirliliğinin 2012 yılında tüm dünyada 6.5 milyon kişinin ölümüne neden olduğunu açıkladı. WHO'nun açıkladığı ve her sekiz ölümden birinin nedeninin hava kirliliği olduğunu

¹ General Filter Havak - akif@generalfilterhavak.com



Şekil 1. PM Partikül Boyutlarının Görsel Kıyaslaması



Şekil 2. PM Partikül Boyutlarının İnsan Solunum Sistemine Nüfuz Etmesi

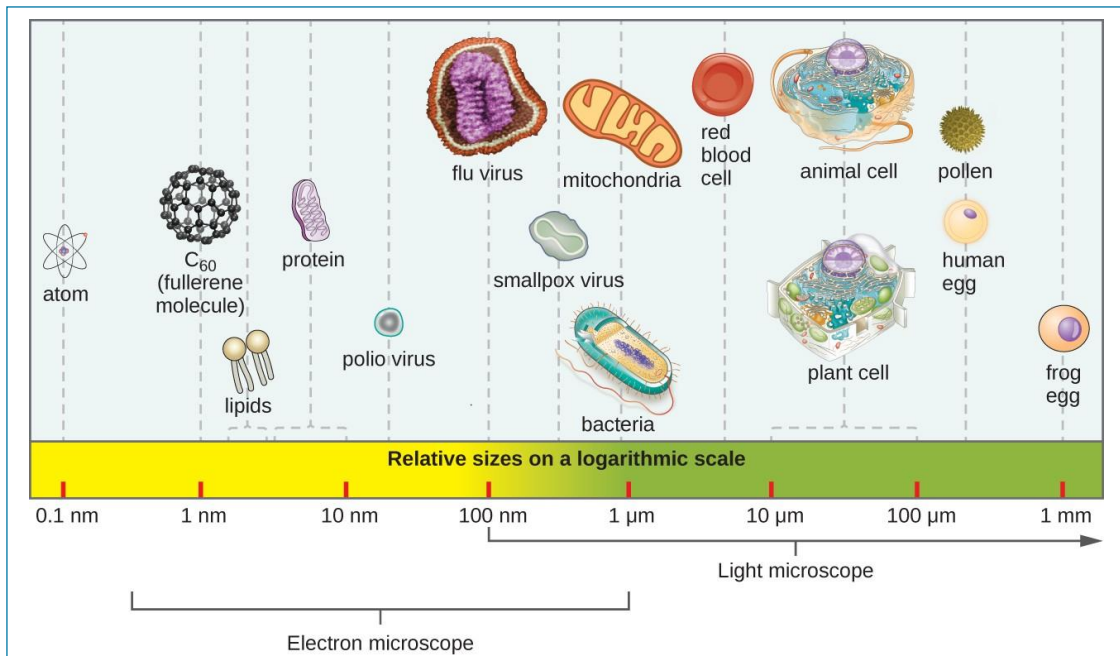
belirten yeni verilere göre, hem kapalı alanlarda hem de açık alanlarda hava kirliliğine maruz kalmanın inme, iskemik kalp hastalıkları, kardiovasküler hastalıkların riskini artırdığını, ayrıca hava kirliliği ve kanser arasında güçlü bir bağ olduğunu ortaya koyuyor.

COVID-19 hastalığına neden olan SARS-CoV-2 virüsünün havadan bulaşması, enfekte kişilerin solunum damlacıkları (genellikle $>5 \mu\text{m}$) ve aerosol damlacıkları (genellikle $<5 \mu\text{m}$) yolu ile gerçekleşir. Yerçekimi ile hızla aşağı doğru çekilen büyük damlacıklarla karşılaştırıldığında, aerosoller havada bir saat veya daha uzun süre asılı kalabilir. Havada asılı kalan bu aerosoller göz mukozasından ve/veya soluk alırken ağız ve burundan enfekte edebilme potansiyeline sahiptir. [1]

Virüs ile ilgili önlem almak için büyüklüklerini ve yayılım mekanizmalarını bilmek gerekir.

✦ Hava Filtresi ve Filtreleme Mekanizmaları

Hava filtresi havada bulunan parçacıkları yakalayabilen ve muhafaza edebilen bir endüstriyel üründür. Hepa filtreler genellikle 2 ile 500 nm arasında değişen çaplarda mikro cam elyaf veya diğer fiber liflerinden çok katmanlı veya rasgele düzenlenmiş filtre medyasından pile şeklinde imal edilirler. Hava filtreden geçerken içerisinde bulunan partiküller 3 filtreleme mekanizmasından biri tarafından yakalanır; Atalet, kesişme ve difüzyon.



Şekil 3. Çeşitli Mikroskobik ve Mikroskobik Olmayan Nesnelerin Göreceli Boyutları [2]

➤ **Atalet Etkisi (inertial seperation)**

Ataletli büyük parçacıklar filtrenin elyafları çevresindeki akışı takip edemez bunlar elyaflar tarafından yakalanarak tutulur.

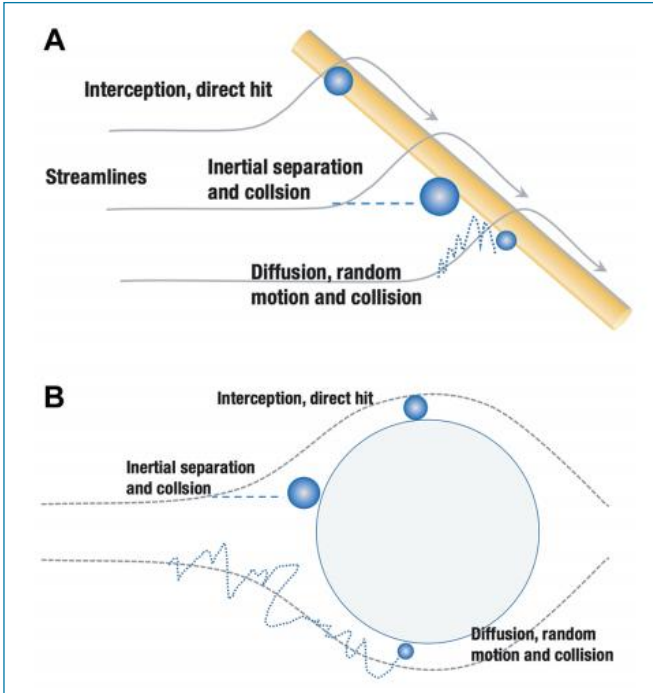
Partiküller hava akımından yer çekimi kuvvetiyle ayrılır. Bu metot yer çekim kuvvetinin etki edebileceği (çok) büyük partiküller için geçerlidir.

➤ **Kesişme Etkisi (intersection effect)**

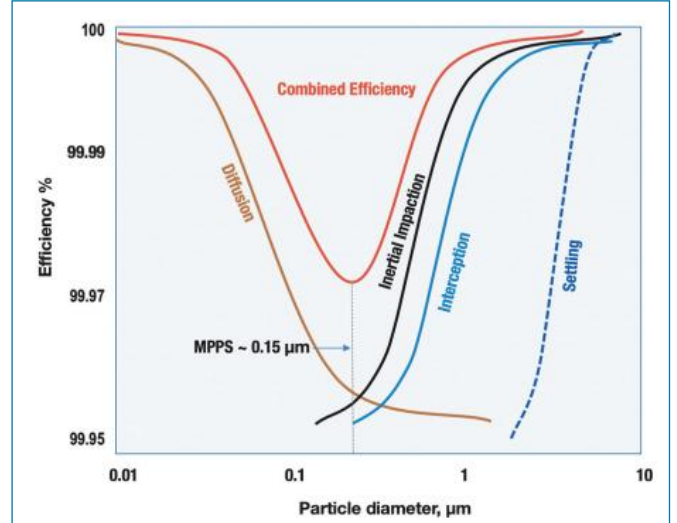
Küçük çaplı parçacıklar hava akışı izlerler ancak bir elyafla yakından geçerken temel elektromanyetik kuvvetlerle elyafa çekilerek bağlanırlar.

➤ **Difüzyon Etkisi**

1 μm 'den daha küçük çaplı parçacıklar akış yollarını izlemezler. Ancak Brownian ilkesine (Hava akımının içinde gaz molekülleriyle çarpışarak rasgele bir yörünge içinde ilerler) göre dolaşırlar. Bu tip rastgele hareket eden parçaları, yollarının üzerine sık dokulu engeller çıkararak yakalamak mümkündür. Etkin bir filtrelemenin sağlanabilmesi için çok sayıda partikülün medya lifleriyle çarpışabilmesi gerekmektedir. Bunun için, medya içinde 0.02 m/s gibi çok düşük bir hız kullanılmalıdır. Van der Waals kuvveti adı verilen moleküler çekim gücü, partikülü medya lifleri üzerinde tutmaktadır. Bu durumda partikülün boyutu



Şekil 4. Atalet, Kesişme ve Difüzyon Filtrasyon Mekanizmalarının Şematifi



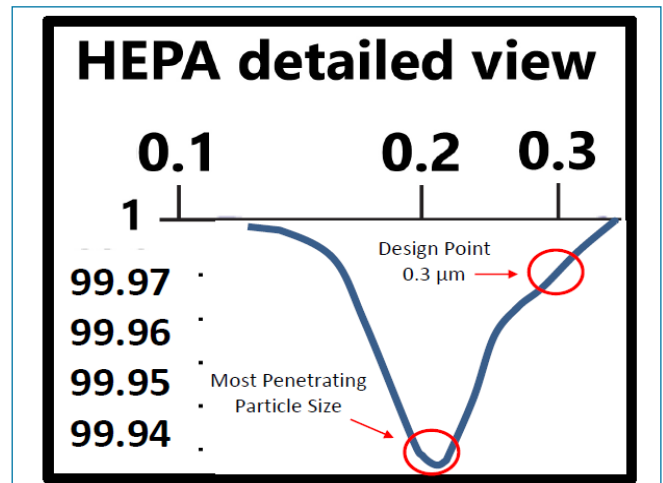
Şekil 5. Partikül Boyutu ve Filtreleme Mekanizmasının Bir Fonksiyonu Olarak Yüksek Verimli Partikül Hava Filtresi Verimliliği. MPPS, En Nüfuz Edici Parçacık Boyutu

küçüldükçe ve hafifledikçe prensip daha da verimli hale gelecektir.

❖ **MPPS (En çok nüfuz eden partikül boyutu)**

Yakalanması en zor olan MPPS değerindeki partikül boyutları, filtre medya yapısı ve hava hızına bağlı olarak 0,1-0,3 μm arasındadır. Mikro cam elyaf medyada bu değer 0,12-0,25 μm arasındadır. Bir hepa filtrenin verimi MPPS partiküllerinden daha küçük ve daha büyük boyutlardaki partiküllerin filtre edilmesinde, MPPS değerindeki veriminden daha yüksektir.

Yani 0,1 μm altındaki partiküller difüzyon etkisi ile, 0,3



Şekil 6. ASHRAE'ye göre MPPS [3]

μm ' den büyük partiküller ise filtre medya liflerine takılacağından her iki durumda da çok verimli bir şekilde filtre edilebilmektedir.

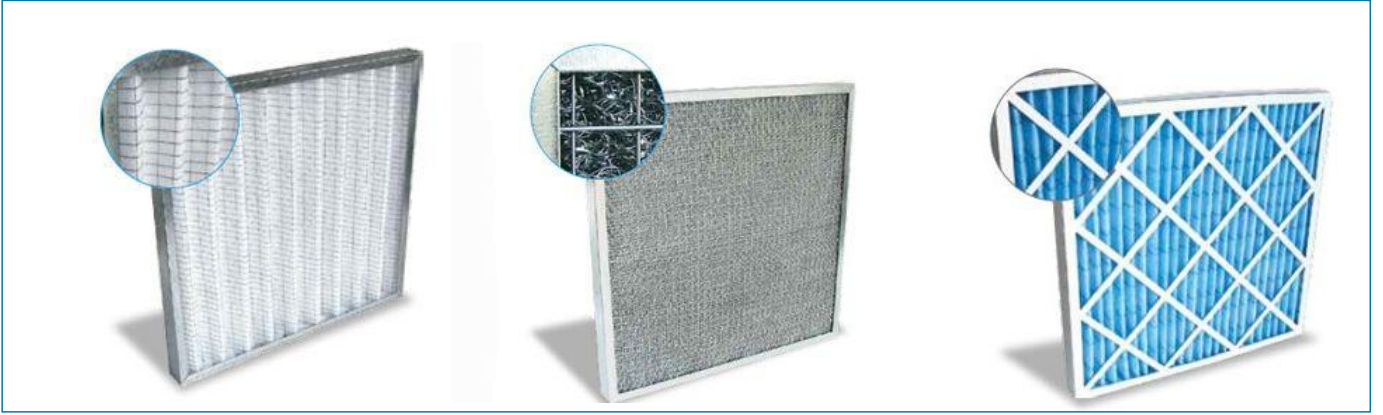
Şekil 6'da ASHRAE'ye göre hepa filtre MPPS değerlendirilmesi görülmektedir. İlgili hepa filtrenin $0,3 \mu\text{m}$ ' de etkinliği %99,97 iken MPPS değerinde %99,94 olarak gerçekleşmektedir.

Şekil 6'da ASHRAE'ye göre hepa filtre MPPS değerlendirilmesi görülmektedir. İlgili hepa filtrenin $0,3 \mu\text{m}$ ' de etkin-

Filtre medyası genellikle sentetik elyaf, poliüretan metalik veya cam elyaf malzemelerden, kasa malzemesi ise metal, karton veya polimer esaslı malzemelerden imal edilirler.

➤ **Torba Tipi Hassas Filtre**

Merkezi klima sistemlerinde kullanılır. Konfor klima tesisatlarında son filtre olarak kullanılır. Hepsa filtreli sistemlerde hepa filtreden önce kullanılır. Endüstriyel tesislerde kullanılır. ISO 16890 standardına göre ePM1, ePM2,5 ve ePM10 verim sınıflarında üretilir.



liği %99,97 iken MPPS değerinde %99,94 olarak gerçekleşmektedir.

Genellikle filtre medyası sentetik veya cam elyaf malzemelerden, kasaları ise metal veya plastikten imal edilir.



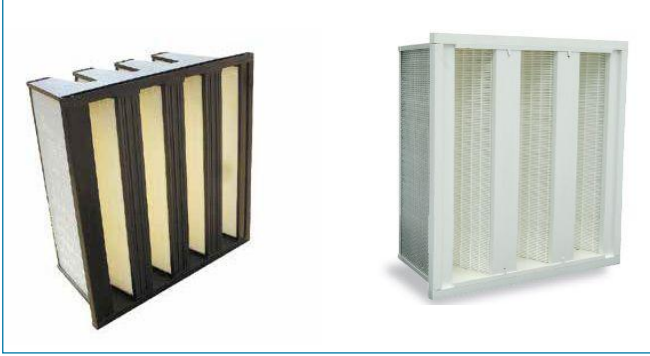
❖ **Hava Filtresi Çeşitleri**

➤ **Kaset Filtreler**

Havalandırma klima tesisatlarında ilk kademe filtre olarak kullanılır. Kaba toz ve liflerin tutulmasında, korozif ortamlarda hava filtrelemesinde, gres yağı ve kıvılcım tutmada, yağ buharlarının ayrıştırılmasında ve boya tutucu olarak. ISO 16890 standardına göre Coarse filtre olarak sınıflandırılır ve çeşitli verimlerde üretilir.

➤ **Rijit Tip Hassas Filtre**

Merkezi klima sistemlerinde kullanılır. Torba filtreye göre daha kısa yer ihtiyacı vardır. Konfor klima tesisatlarında son filtre olarak kullanılır. Hepsa filtreli sistemlerde hepa filtreden önce kullanılır. Endüstriyel tesislerde kullanılır. Mikro cam elyaf ve sentetik malzemelerden üretilir. ISO 16890 standardına göre ePM1, ePM2,5 ve ePM10 verim sınıflarında üretilir.



Genellikle filtre medyası mikro cam elyaf malzemelerden, kasaları ise metal veya plastikten imal edilir.

➤ EPA, HEPA Filtreler

Yüksek verimli partikül hava (HEPA) filtre medyası genellikle 2 ila 500 nm çapa sahip borosilikat mikro elyaflardan yapılır. Lif uzunlukları ve kullanılan liflerin oranları genellikle kontrol altındadır. Tipik bir HEPA medyası genellikle 0,508 mm (0,020 inç) kalınlığının altındadır. Bu nedenle, imalatında kullanılan elyaf çapları için filtre medyası, birkaç yüz elyaf tabakasından oluşur. Böylece bir katmanda açık boşluklar olsa bile, arkasındaki katmanlar parçacıkların daha fazla taşınmasını engeller. [4]

Elektronik, tıbbi ürünler, fotoğraf endüstrisi havalandırmasında, hastaneler, laboratuvarlar, temiz odalar, veri işleme merkezlerinde atmosfer kontrolünde kullanılır.

Pandemi riskine karşı havalandırma klima tesisatlarında virüs ve bakteri riski olan bölgelerde bulaşı engellemek amacıyla tercih edilir. EN 1822 standardına göre E10, E11, E12, H13, H14, U15, U16, U17 sınıflarında üretilir.

Genellikle filtre medyası mikro cam elyaf malzemelerden, kasaları ise metal, ahşap veya plastikten imal edilir.

➤ Aktif Karbon Filtre

Boya kabinlerinde solvent tutmada, mutfaklarda ızgara ve yemek kokularının giderilmesinde, biyogaz arıtma tesislerinde, hava alanlarında uçak egzoz gazlarının klima sistemlerine karışmasının önlenmesinde, petrokimya gibi tesislerde havada bulunan kimyasalların klima tesisatlarında filtre edilmesinde kullanılırlar. Kömür, hindistan cevizi kabuğu gibi çeşitli malzemelerden imal edilebilir. Aktive edilmiş karbon üzerine farklı kimyasallar empenye edilerek, zararlı kimyasal gazlar da tutulabilir.

➤ Güvenli Filtre Değişim Kabinleri (Canister/Safe Change Filter Housing)

Hastanelerin karantina odalarının egzoz çıkışlarında ayrıca Laboratuvarlar, kimyasal, nükleer ve ilaç endüstrisi gibi alanlarda bulunan zehirli, radyoaktif partiküller ve zararlı organizmaların çevreye ve çalışanlara zarar vermemesi için güvenli bir havalandırma sistemi ile filtre edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan filtreleme sistemlerinde filtrelerin kritik tesislerde tam güvenli seviyede kullanılabilmesi ve değiştirilebilmesi için tasarlan-



Tablo 1. EN 779 ve ISO 16890 Standartlarına Göre Kaba, Orta ve Hassas Filtrelerin Sınıflandırılması

Grup	Sınıf	ePM ₁	ePM _{2,5}	ePM ₁₀	ISO Coarse
Coarse (Kaba)	G1	< 50 %	< 50 %	< 50 %	40%
	G2	< 50 %	< 50 %	< 50 %	70%
	G3	< 50 %	< 50 %	< 50 %	80%
	G4	< 50 %	< 50 %	< 50 %	90%
Orta	M5	< 50 %	< 50 %	> 50 %	-
	M6	< 50 %	50 - 60 %	> 60 %	-
Hassas	F7	50 - 75 %	> 70 %	> 80 %	-
	F8	70 - 85 %	> 80 %	> 90 %	-
	F9	> 85%	> 90 %	> 95 %	-

Tablo 2. ISO 29463:2017 Standartlarına Göre Kaba, Orta Ve Hassas Filtrelerin Sınıflandırılması [5]

Group	Filter class		Integral value		Local value	
	DIN EN 1822	ISO 29463	Filtration efficiency in the MPPS in %	Penetration in the MPPS in %	Filtration efficiency in the MPPS in %	Penetration in the MPPS in %
EPA	E10	-	≥ 85	≤ 15	-	-
	E11	ISO 15 E	≥ 95	≤ 5	-	-
	-	ISO 20 E	≥ 99	≤ 1	-	-
	E12	ISO 25 E	≥ 95,5	≤ 0,5	-	-
	-	ISO 30 E	≥ 95,9	≤ 0,1	-	-
HEPA	H13	ISO 35 H	≥ 99,95	≤ 0,05	≥ 99,75	≤ 0,25
	-	ISO 40 H	≥ 99,99	≤ 0,01	≥ 99,95	≤ 0,05
	H14	ISO 45 H	≥ 99,995	≤ 0,005	≥ 99,975	≤ 0,025
	-	ISO 50 H	≥ 99,999	≤ 0,001	≥ 99,995	≤ 0,005
ULPA	U15	ISO 55 U	≥ 99,9995	≤ 0,0005	≥ 99,9975	≤ 0,0025
	-	ISO 60 U	≥ 99,9999	≤ 0,0001	≥ 99,9995	≤ 0,0005
	U16	ISO 65 U	≥ 99,99995	≤ 0,00005	≥ 99,99975	≤ 0,00025
	-	ISO 70 U	≥ 99,99999	≤ 0,00001	≥ 99,9999	≤ 0,0001
	U17	ISO 75 U	≥ 99,999995	≤ 0,000005	≥ 99,9999	≤ 0,0001

Classification of EPA/HEPA/ULPA filters according to DIN EN 1822 and ISO 29463

miş modüler filtre hücrelerine Bag-in/Bag-out sistemi, Canister veya Güvenli Filtre Değişim kabini denir.

❖ Hava Filtrelerinin Sınıflandırılması

Hava filtreleri Yakaladıkları partikül boyutlarına göre sınıflandırılırlar. Kaba, orta ve hassas filtreleri ISO 16890 stan-

dardına, mikron altı partikül filtreleri ise EN Standartına göre sınıflandırılırlar. ISO 16890 standardı 2018 yılında EN 779:2012 standardının yerini almıştır.

❖ Virüs ve Nano-Partikül Filtrasyonunda Hepa Filtreler

Son günlerde Sars Cov-2 virüs enfeksiyonundan korunmak için kapalı mekân havalandırma sistemleri önem kazanmıştır. Ancak uzun vadede canlı ve cansız partiküllerin insan sağlığına olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir. Özellikle insan yapımı nano-partikül olarak adlandırılan 100 nm'den daha küçük partiküllerin insan sağlığına ne derecede etki ettiği henüz tam olarak tespit edilememekle birlikte olumsuz etkileri olduğu endişesi yaygın olarak taşınmaktadır.

Teorik olarak hepa filtreler nano-partikülleri genel filtrasyon ilkelerine göre MPPS değerindeki verimlilik değerinden daha iyi filtrelediği kabul edilir. Nitekim, yakında EN 1822 filtre standardının yerine geçecek olan ISO 29463 (High efficiency filters and filter media for removing particles from air) standardında da atf yapılan, David Y. H. Pui tarafından yapılan bir çalışmada hepa filtrelerin 5nm'ye kadar olan partiküllerde filtrasyon ilkesinin çalıştığı ortaya konmuştur. Yani, hepa ve ulpa filtreler nano-partikülleri de verimlilik değerlerinin üstünde filtre edebilmektedir.

❖ Filtre seçiminde dikkat edilecek hususlar

Toplu insan yaşamının olduğu her yerde kirleticilerin seviyesi ölçülmeli ve ihtiyaca göre filtre edilmelidir.

- ✓ Başlangıç basınç kaybı
- ✓ Toz tutma kapasitesi
- ✓ Ortalama basınç düşümü

- ✓ Toplam LCC maliyeti (Life Cycle Cost-Kullanım süresince işletme maliyeti)
- ✓ Ortama uygun filtrenin kullanıldığından emin olmak.

KAYNAKÇA

1. Perry JL, Agui JH, Vijaykumar R. Submicron and Nanoparticulate Matter Removal by HEPA-Rated Media Filters and Packed Beds of Granular Materials. Marshall Space Flight Center; 2016.
2. <https://courses.lumenlearning.com/microbiology/chapter/types-of-microorganisms>
3. ASHRAE EPIDEMIC TASK FORCE Healthcare Guidance | Updated 4-04-2020
4. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20170005166/downloads/20170005166.pdf>
5. ISO 29463:2017; High efficiency air filters and filter media for removing particles from air.
6. EN 1822-2019; High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA) – Part 1; Classification, performance testing, marketing,
7. Kogan V, Harto C, Hesse DJ, Hofacre KC. Final report on evaluation of in-room particulate matter air filtration devices. Environmental Protection Agency. Published 2008.
8. https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NHSRC&subject=Homeland%2520Security%2520Research&dirEntryId=188372