soğutma dünyası

Hava Filtrelerinin Pandemi Üzerindeki Etkileri

Akif KAYAŞ

General Filter HAVAK

Fabrika Müdürü

ÖZET

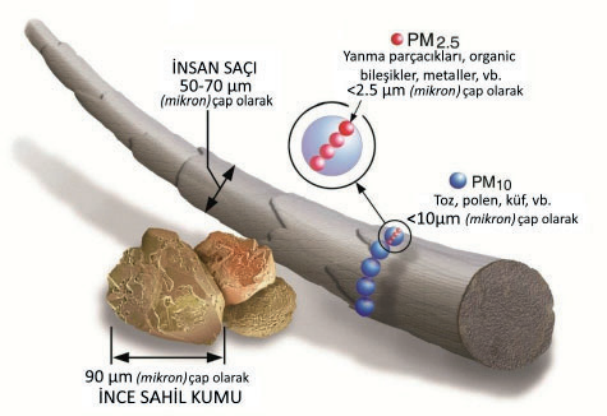
Hava insan yaşamı için gerekli olan temel gazları içerir. Atmosferde bulunan hava, yapısındaki temel gazlar ile birlikte doğal veya suni partikülleri de barındırır. Hava, bulunduğu ortama göre çöl kumu, deniz tuzu, çürümüş organik parçacıklar, mikrobik canlılar gibi doğal ve/veya fabrika baca gazları, araç egzoz gazları gibi endüstriyel kirleticileri barındırır. Bu partiküller hava ile birlikte solunduğunda, insan sağlığına ciddi zarar verebilmektedir.

Sektör dernek ve sivil toplum kuruluşları tarafından iç ve dış hava kalitesinin öneminin konusunda yıllardır yapılan bilgilendirme çalışmaları, pandemi etkisi ile geniş toplum kitleleri tarafından daha iyi anlaşıldı. SARS-COV-2 virüsünün büyük oranda hava yolu ile bulaştığının bilinmesi, özellikle kapalı alanlardaki taze ve temiz havanın önemini artırdı. %100 taze hava ile beslenebilen kapalı mekanlar dış havanın, hassas filtreden geçirilerek iç mekâna verilerek, kirli hava egzoz edilmektedir. %100 taze havalı klima santrali bulunmayan mekanlarda kirlenmiş iç hava Hepa filtreli veya UVC'li taşınabilir veya sabit hava temizleme cihazları ile temizlenerek, hastalık yayılımı engellenebilir. Bu amaçlarla kullanılan filtreler hakkında bilgi sahibi olunması, piyasada bulunması muhtemel kalitesiz ve etkisiz cihazlar yerine, etkili ve verimli cihazların seçilmesi konusunda yol gösterici olacaktır.

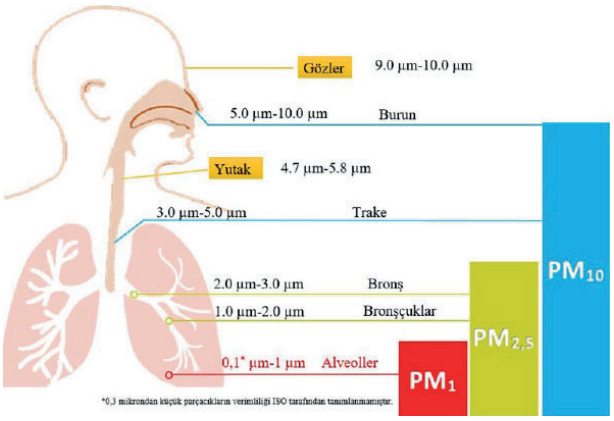
ABSTRACT

Air contains essential gases essential for human life. The air in the atmosphere contains natural or artificial particles along with the basic gases in its structure. Air contains natural and / or industrial pollutants such as factory flue gases, vehicle exhaust gases such as desert sand, sea salt, decayed organic particles, microbes, depending on its environment. When these particles are inhaled with air, they can cause serious harm to human health.

The informative studies conducted by industry associations and non-governmental organizations on the importance of indoor and outdoor air quality for years have been better understood by the wider public with the effect of the pandemic. The fact that the SARS-COV-2 virus is mostly transmitted by air has increased the importance of fresh and clean air, especially in closed areas. Indoor spaces that can be supply with 100% fresh air are exhausted from indoor air by passing the outdoor air through a sensitive filter and discharging it to the interior. In places where there is no air handling unit with 100% fresh air, contaminated indoor air can be cleaned with portable or fixed air purification devices with Hepa filter or UVC, and disease spread can be prevented. Having information about the filters used for these purposes will be a guide in choosing effective and efficient devices instead of poor quality and ineffective devices that are likely to be found in the market.



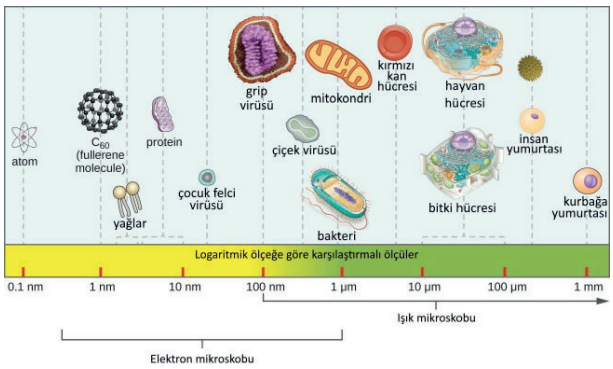
Şekil 1. PM Partikül boyutlarının görsel kıyaslaması



Şekil 2. PM Partikül boyutlarının insan solunum sistemine nüfuz etmesi

COVID-19 hastalığına neden olan SARS-CoV-2 virüsünün havadan bulaşması, enfekte kişilerin solunum damlacıkları (genellikle >5 µm) ve aerosol damlacıkları (genellikle < 5 µm) 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 vücuda girerek enfekte edebilme potansiyeline sahiptir.[1]

Virüs ile ilgili önlem almak için büyüklüklerini ve yayılım mekanizmalarını bilmek gerekir, *Şekil 3.*



Şekil 3. Çeşitli mikroskobik ve mikroskobik olmayan nesnelerin göreceli boyutları.[2]

3. HAVA FİLTRESİ VE FİLTRELEME MEKANİZMALARI

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 4 ve Şekil 5.*

1.1.Atalet Etkisi (Inertial Seperation)

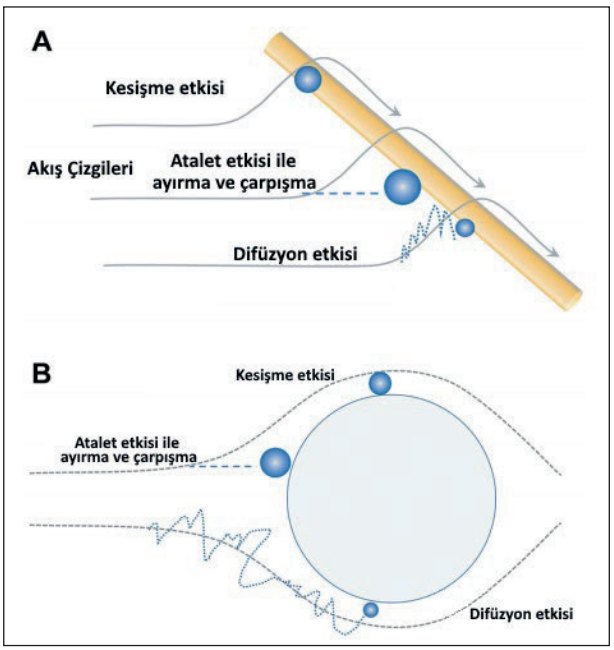
Ataletli büyük parçacıklar filtrenin elyafları çevresindeki akışı takip edemez bunlar elyaflar tarafından yakalanarak tutulur. Partiküller hava akımından yer çekimi kuvvetiyle ayrılır. Bu metot yer çekim kuvvetinin etki edebileceği (çok) büyük partiküller için geçerlidir.

1.2.Kesişme Etkisi (Intersection Effect)

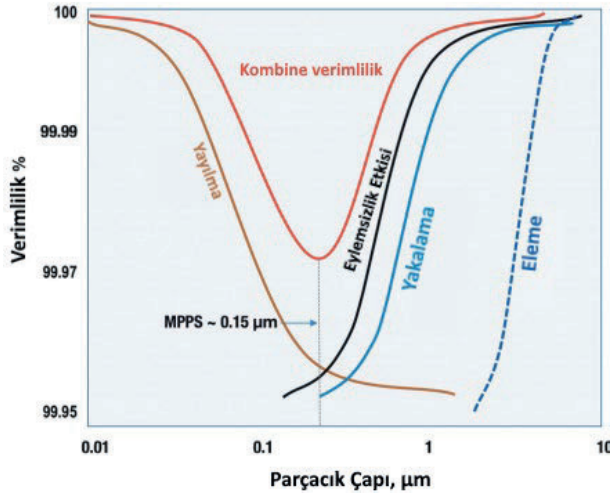
Küçük çaplı parçacıklar hava akışı izlerler ancak bir elyafın yakınından geçerken temel elektromanyetik kuvvetlerle elyafa çekilerek bağlanırlar.

1.3.Difüzyon Etkisi

0,1 µm'den daha küçük çaplı parçacıklar akış yollarını izlemezler. Ancak Brownian ilkesine (Hava akımının içinde gaz molekülleriyle çarpışarak rasgele bir yörünge içinde ilerlemesi) 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 küçüldükçe ve hafifledikçe prensip daha da verimli hale gelecektir.



Şekil 4. Atalet, kesişme ve difüzyon filtrasyon mekanizmalarının şematiği.[1]



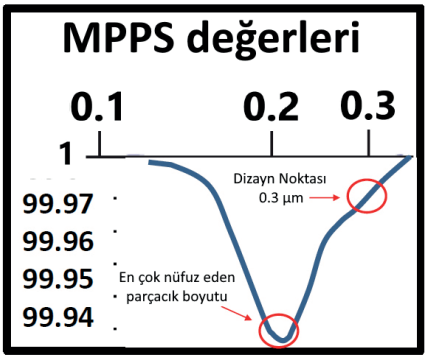
Şekil 5. Partikül boyutu ve filtreleme mekanizmasının bir fonksiyonu olarak yüksek verimli partikül hava filtresi verimliliği. MPPS, en nüfuz edici parçacık boyutu.[1]

4. MPPS (EN ÇOK NÜFUZ EDEN PARTİKÜL BOYUTU)

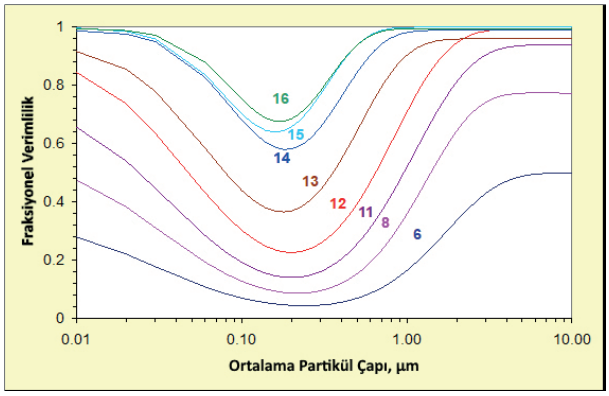
Yakalanması en zor olan MPPS değerindeki partikül boyutları, filtre medya yapısı ve hava hızına bağlı olarak 0,1-0,3 µm arasındadır. Mikro cam elyaf medyada bu değer 0,12-0,25 µm arasındadır. Bir hepa filtrenin verimi MPPS partiküllerinden daha küçük ve daha büyük

boyutlardaki partiküllerin filtre edilmesinde, MPPS değerindeki veriminden daha yüksektir. Yani 0,1 µm altındaki partiküller difüzyon etkisi ile, 0,3 µm' den büyük partiküller ise filtre medya liflerine takılacağından her iki durumda da çok verimli bir şekilde filtre edilebilmektedir, *Şekil 6 ve Şekil 7.*

Şekil 6'de ASHRAE'ye göre hepa filtre MPPS değerlendirmesi görülmektedir. İlgili hepa filtrenin 0,3 µm' de etkinliği %99,97 iken MPPS değerinde %99,94 olarak gerçekleşmektedir.



Şekil 6. ASHRAE'ye göre MPPS[3]

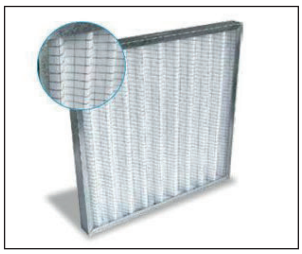


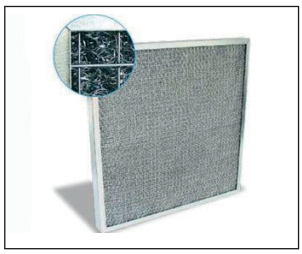
Şekil 7. MERV 6-16 arasındaki filtrelerin MPPS değerindeki verimlilikleri

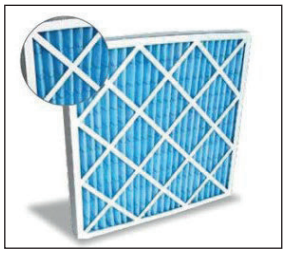
5. HAVA FİLTRESİ ÇEŞİTLERİ

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





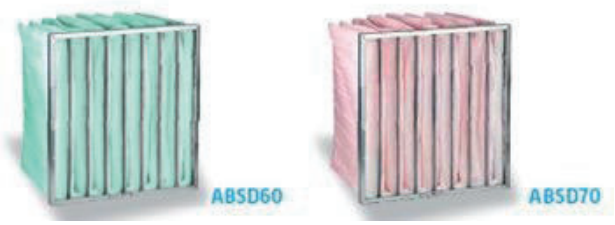


5.2. Torba Tipi Hassas Filtre

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

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

ASHRAE Merv 13 ve üstü orta kalite filtrelerin virüs taşıyan partikülleri %75'e kadar filtre edebildiğini belirtir.



5.3. Rijit Tip Hassas Filtre

Merkezi klima sistemlerinde kullanılır. Torba filtreye göre daha kısa yer ihtiyacı vardır. Konfor klima tesisatlarında son filtre olarak kullanılır. Hepa 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.

5.4. 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) kalınlığın 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.

5.5. 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, petro kimya 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 emprenye edilerek, zararlı kimyasal gazlar da tutulabilir.

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

Hastanelerin karantina odalarının egzoz çıkışlarında, 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 tasarlanmış modüler filtre hücrelerine Bag-in/Bag-out sistemi, Canister veya Güvenli Filtre Değişim kabini denir.

6. HAVA FİLTRELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Hava filtreleri Yakaladıkları partikül boyutlarına göre sınıflandırılırlar. Kaba, orta ve hasas filtreleri ISO 16890 standardına, mikron altı partikül filtreleri ise EN Standartına göre sınıflandırılırlar. ISO 16890 standartı 2018 yılında EN 779:2012 standardının yerini almıştır.

Tablo 1'de EN 779 ve ISO 16890 standartlarına göre kaba, orta ve hassas filtrelelerin sınıflandırılması verilmiştir. Tablo 2'de ise ISO 29463:2017 standartlarına göre kaba, orta ve hassas filtrelerin sınıflandırılması verilmiştir.

Tablo 1: EN 779 ve ISO 16890 standartlarına göre kaba, orta ve hassas filtrelelerin 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]

Grup	Filtre sınıfı		İntegral değer		Lokal değer	
	DIN EN 1822	ISO 29463	MPPS'de filtrasyon verimliliği %	MPPS'de penetrasyon %	MPPS'de filtrasyon verimliliği %	MPPS'de penetrasyon %
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

EPA/HEPA/ULPA filtrelerinin DIN EN 1822 VE ISO 29463'e göre sınıflandırılması.

2. 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 filtrelerin 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 atıf 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.

3. Filtre Yaşam Döngüsü Maliyeti

Filtrelerde enerji tüketim miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

Tüketilen enerji (kwh) (E), filtrenin çalışma süresine karşılık gelen zaman aralığındaki gücün integralidir:

$$E = \int P(t)\, x\, dt = \int Q(t) \times \Delta p(t) \backslash \eta(t)\, x\, dt$$

Örnek bir çalışma için güç tüketimi:

$$W = \frac{q_v \cdot \overline{\Delta P} \cdot t}{\eta \cdot 1000}$$

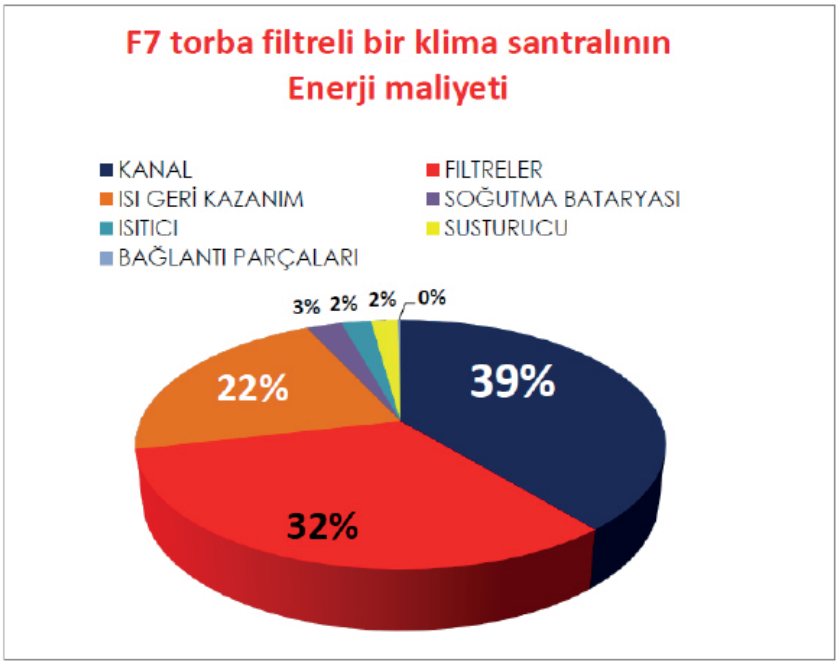
$$W = 11.33 \cdot \overline{\Delta P}$$

- q_v=Hava debisi (0,944 m^3/s)
- t = Çalışma süresi (6000 h)
- η = Fan verimi (0,5)
- ΔP= Basınç düşümü (Pa)

eşitliği ile hesaplanır.

İnverterli veya frekans konvertörlü bir fan, basınç düşümlerinin değişimi ile, oransal olarak enerjisini dengeleyerek sabit hava akışı sağlar. Bu tür cihazların kullanılması, önemli enerji tasarrufu sağlar.

Filtreler, bir klima santralinde en çok enerji tüketimine neden olan komponentlerdendir. Kalitesiz bir filtre, yüksek ortalama basınç kaybı ve düşük ömürden dolayı satın alma maliyetinin çok üzerinde enerji sarfiyatı yapabilmektedir.



Şekil 7. F7 torba filtreli bir klima santralının enerji maliyeti

İtalya'da yapılan bir çalışmada, 8 ay boyunca aynı sınıf, verimlilik ve boyutlar ile farklı kalitelerde 3 filtre karşılaştırılarak aşağıdaki elektrik enerji tüketim bedelleri elde edilmiştir. Buradan bir filtrenin yatırım maliyetinden önce enerji verimliliğine dikkat edilmesi gerektiği sonucu çıkmaktadır.

Tablo 3. Rigidbag hassas filtrelerde LCC karşılaştırma tablosu

3400 m3/h debide 8 aylık çalışma sonucu				
	8 Ay çalışma sonrası ölçülen gerçek enerji tüketimi	Enerji maliyeti KWh=0,135 € Fan η = 0,5%	Filtre bedeli	Toplam bedel
ES-Energy Saving	1538 Kwh	207€	73	280€
Standart (18 m2)	2140 Kwh	288€	60	348€
Ekonomik (14 m2)	2611 Kwh	352 € **	52	404€

4. Filtre Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Toplu insan yaşamın 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.

SONUÇ

Günümüz şartlarında gerek iç gerekse dış havanın filtre edilerek kapalı ortama verilmesi insan sağlığı açısından gereklidir. Bu amaçla kullanılan filtrelerin gerek verimlilik gerekse enerji tüketim değerleri göz önünde bulundurularak seçim yapılması çok önemlidir.▪

REFERANSLAR

[1]Perry, J.L.; Agui, J.H.; 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 mediafor 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.

ÖZGEÇMİŞ

Akif KAYAŞ

1998 yılında Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makina Bölümü Lisans ve 2002 yılında Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Bölümü Yüksek Lisans mezunudur. 1998-2001 yılları arasında Mass Arıtma Sistemlerinde İmalat ve Tasarım Mühendisliği, 2001-2003 yılları arasında Özsoy Pres Döküm'de Kalite Müdürlüğü, 2003-2008 yılları arasında İnfoma Group Smartmeter'de Sorumlu Müdürlük, 2008-2012 yılları arasında Kurtman Hidrolik bağlantı Elemanlarında, Metot Mühendisliği bölüm sorumluluğu daha sonra Üretim Müdürlüğü görevlerinde bulundu. 2012'den beri General Filter Havak Filtre San. A.Ş.'de Fabrika Müdürü olarak görev yapmaktadır.