



YTÜ
KİMYA- METALURJİ
FAKÜLTESİ

KİMYA
MÜHENDİSLİĞİ
BÖLÜMÜ

GİRİŞİMCİLİK VE PROJE YÖNETİMİ

Öğretim Üyesi: Doç. Dr. Osman İSMAİL

İTERDİSİPLİNER PROJE KONUSU

SARS-CoV-2 virüsünün (vb, patojenlerin) halka açık tuvaletlerde; yayılımını azaltacak, erişilebilir ve akıllı HEPA filtresi geliştirilmesi

Bölüm	Numara	Ad Soyad	Projeye Katkısı
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	17054056	Efe DAŞKESEN	Proje Koordinatörü
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	17054045	Öznur ÜNAL	Proje Danışmanı
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	17054047	Selin İSKENDER	Araştırmacı (Literatür/Teorik)
Kimya Mühendisliği	18051007	Deniz ŞİMŞEK	Araştırmacı (Literatür/Teorik)
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	17054024	Adnan Kutay ÖZBAY	Araştırmacı (Deneysel)
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	17054013	Özgecan KOYUNOĞLU	Araştırmacı (Deneysel)
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	17054014	Mustafa Çağatay ARÇAY	Araştırmacı (Deneysel/Teknik)
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	17054002	Mustafa Alperen ŞAKAR	Araştırmacı (Teknik Tasarım ve Simülasyon)

PROJE BAŞLIĞI

SARS-CoV-2 virüsünün (vb, patojenlerin) halka açık tuvaletlerde; yayılımını azaltacak, erişilebilir ve akıllı HEPA filtresi geliştirilmesi

ÖZET

2020 yılında Çin’de ortaya çıkan ve tüm dünyayı etkisi altına alan, SARS-CoV-2 virüsünün neden olduğu COVID-19 hastalığı; WHO’nun küresel pandemi ilanıyla birlikte, tüm insanlığın verdiği bir savaş haline geldi. Tüm Dünyada, ekonomik, toplumsal ve bireysel pek çok olumsuz etkileri görülmüştür. Özellikle kapalı alanlarda, sosyal mesafenin ve hijyen kurallarının verimli biçimde sağlanamadığı ortamlarda ve hijyenin sürekliliğinin sağlanamadığı yüzeylerde; patojenlerin varlığı hastalık yapmada önemli role sahip. Standart bir pisuvar sifonu, pisuvardaki partikülleri; normal hava akışına kıyasla %57 oranında daha fazla mesafe kat etmelerinde etkisi olduğu literatürdeki araştırmalarca ortaya konmuştur (J. Xiang-Wang, 2020). Kapalı alanlarda virüs bulaşma olasılığı çok fazlayken, kamuya açık tuvaletlerde bu riskin ciddi ölçüde arttığı görülmektedir.

Bunun farkında olan bizler; özellikle halkın kullanımına açık tuvaletlerde su ve hava hareketlerinin, partikül hareketliliğini önemli ölçüde etkilediğini fark ettik. Toplam partikül sayısının yaklaşık olarak yarısı, klozetin üzerine çıkarak geniş bir alana yayılabilir. Bu oran, büyük bir risk ve endişe uyandırıyor. Bu nedenle, bu alanlar ve yüzeylerde partikül hareketliliğini minimuma indirmek ve toplum sağlığını korumak adına; pisuvar ve klozetlerde kullanılması muhtemel, hava akışının güvenli alanda gerçekleşmesini sağlayacak bir hava filtresi geliştirmeyi kendimize bir motivasyon olarak gördük. Üretmemiz gereken hava filtresi, yüksek oranda parçacık yakalayıp tutabilme kapasitesine sahip olmalıdır. Daha önce yapılan araştırmalarda, HEPA ve SOP filtrelerinin virüsler için daha etkili olduğu görüldüğünden, bu filtrelerden yararlanarak hava filtreli bir mekanizma geliştirmenin uygun olacağını düşündük. Bu filtrelerin, virüsleri %85-99 aralığında inaktive edebildiği bilinmektedir. Kabine koyacağımız filtrenin boyutu ,nominal hava kapasitesi ,basınç etmenleri, filtrenin verimini etkileyeceğinden, bu incelemelere de çalışmamızda yer verilmiştir.

Geliştirdiğimiz mekanizma, sifon çekmek için düğmeye basıldığında, önce klozetin kapağının kapanması ve ardından filtrenin devreye girmesi şeklindedir.

Anahtar Kelimeler: SARS-CoV-2, COVID-19, koronavirüs, patojen, partikül hareketliliği, filtrasyon, HEPA filtresi, akıllı filtre, nanoteknoloji

ABSTRACT

COVID19 caused by the SARS-CoV-2 virus, which emerged in China in 2020, has affected the whole world. It has become a war of all humanity, after the global pandemic declaration of WHO. Economic, social and individual negative effects of COVID19 have been seen all over the world. The presence of pathogens has an important role in causing disease, especially in closed areas, places where social distance and hygiene rules cannot be applied and on surfaces where hygiene cannot be maintained. Studies in the literature have shown that a standard urinal flusher has 57% effect on the particles in the urinal to reach farther compared to normal air flow (J. Xiang-Wang, 2020). While the possibility of virus transmission is very high in closed areas, it has been seen that this risk increases significantly in public toilets.

With this awareness, we noticed that water and air movements significantly affect particle mobility, especially in public toilets. Approximately, half of the total number of particles can be spread over a large area above the toilet bowl. This ratio creates a great risk and concern. Therefore, in order to minimize the particle mobility in these areas and to protect the public health; we saw it as a motivation for ourselves to develop an air filter used in urinals and toilet bowls that would allow air flow to take place in a safe area. The air filter we need to produce must be able to capture and retain particles at a high rate. Since it has been found that HEPA and SOP filters are more effective for

viruses in literature, we thought it would be appropriate to develop an air filter mechanism by using these filters. These filters are known to be able to inactivate viruses in the range of 85-99%. The size of the filter that we will put in the cabinet, nominal air capacity, pressure factors have been examined in our study as they will affect the efficiency of the filter. The mechanism we developed is that when the button is pressed to flush, the lid of the toilet closes first and then the filter works.

Keywords: SARS-CoV-2, COVID-19, coronavirus, pathogen, particle mobility, filtration, HEPA filter, smart filter, nanotechnology.

1.2 Amaçlar ve Hedefler

Literatürdeki yayınlarda ve teknolojik pazarda ortak kullanıma açık olan tuvalet, banyo, mutfak vb. alanlarda hijyen sağlanması açısından birçok yöntem olmakla birlikte; bu çözümler genelleşmiş çözümlerdir. HEPA filtrasyon sistemini kullanarak, ortak kullanıma açık tuvaletlerde bulunan, pisuvar ve klozetlerin sifon hareketlerinden meydana gelen su ve hava akışının neden olduğu partikül hareketliliğini minimize edecek ve var olan hareketliliğin menzilini kısaltacak herhangi etkili bir çözüme rastlanmamıştır.

Düşük kalitede havanın kapalı alanlarda sirkülasyonunun (hava içerisindeki patojenler, organik ve inorganik kalıntılar gibi partiküllerin hava içindeki dağılımı), insan hayatında kısa ve uzun vadede ortaya çıkan sağlık problemlerine neden olduğu iyi bilinmektedir. Alerjik reaksiyonlar, deri ve göz gibi tahriş ve tahribata açık vücut bölümlerinde meydana gelen iltihaplanmalar, viral ve bakteriyel enfeksiyonlar gibi uzun ve/veya kısa vadede kendini gösterebilen sağlık problemleri; ortamın hava kalitesine bağlı olarak kişilerde gözlemlenebilmektedir. Sayılan sağlık problemlerinin bir kısmı, hayati tehlikelere dahi neden olabilir. Bu duruma ilişkin en iyi örneği şu anda içinde bulunduğumuz pandemi sürecine bakarak verebiliriz. İyi havalandırılmayan, sosyal mesafe ve hijyen kurallarının sağlanamadığı ortamlarda yüksek bulaşma hızlarına ulaşan SARS-CoV-2 virüsünün neden olduğu COVID-19 hastalığı; yaşlı, düşük bağışıklık sistemine sahip ve/veya kronik rahatsızlığı olan bireylerde daha ağır seyretmekle birlikte ölümle sonuçlanabilmektedir.

Buna istinaden, projemizde ortak kullanıma açık tuvaletlerde su akışından dolayı meydana gelen hava akışını kontrol edebilecek HEPA filtrasyon sistemine dayanan bir sürdürülebilir ve erişilebilir bir filtre sistemi geliştirerek, pisuvar sistemlerde sifon etkisiyle partikül taşınmasını kayda değer ölçüde azaltmayı amaçlamaktayız.

1. LİTERATÜR ÖZETİ

1.1 COVID-19, Yayılma Şekli ve Riskli Alanların Tanımı

Nedir?

Koronavirüsler, hayvanlarda veya insanlarda hastalığa neden olabilecek büyük bir virüs ailesidir. İnsanlarda, birkaç koronavirüsün soğuk algınlığından Orta Doğu Solunum Sendromu (MERS) ve Şiddetli Akut Solunum Sendromu (SARS) gibi daha şiddetli hastalıklara kadar solunum yolu enfeksiyonlarına neden olduğu bilinmektedir. Yeni Koronavirüs Hastalığına SAR-CoV-2 virüsü neden olur.

Nasıl Bulaşır?

Hasta bireylerin öksürmeleri aksırmaları ile ortama saçılan damlacıkların solunması ile bulaşır. Hastaların solunum parçacıkları ile kirlenmiş yüzeylere dokunulduktan sonra ellerin yıkanmadan

yüz, göz, burun veya ağıza götürülmesi ile de virüs alınabilir. Kirli ellerle göz, burun veya ağıza temas etmek risklidir.

Belirtiler

Belirtisiz olgular olabileceği bildirilmekle birlikte, bunların oranı bilinmemektedir. En çok karşılaşılan belirtiler ateş, öksürük ve nefes darlığıdır. Şiddetli olgularda zatürre, ağır solunum yetmezliği, böbrek yetmezliği ve ölüm gelişebilmektedir.

Riskli Alanların Tanımı

Riskli alanların tanımı, genel hatlarıyla; bireylerin sosyal mesafelerini koruyamadıkları ve hijyen koşullarının doğru ve sürdürülebilir biçimde sağlanamadığı alanlar olarak tanımlanabilir. Bunlara örnek olarak; gece kulüpleri, kapalı mekanlar (konser, kalabalık buluşmalar vs.), ibadet yerleri, düğün ve cenaze gibi organizasyonlar, hastaneler ve tuvaletler örnek olarak verilebilir.

1.2 HEPA ve SOP Filtreleme Sistemleri

SARS-CoV-2'nin havadan bulaşma riskini azaltmak için, yeterli ve etkili hava sağlamanın ve yüksek verimli hava filtrasyonunun etkili olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda en uygun filtrenin HEPA ve SOP filtreler olduğu görülmüş ve DSÖ tarafından da önerilmiştir (Chen, 2020).

HEPA (High Efficiency Particulate Arresting) filtre %85 ve üzerinde, 0,3 mikrona kadar havada bulunan partikülleri arındırabilen filtrelerdir. HEPA filtreler rastgele düzenlenmiş liflerden oluşan bir keçe bileşimidir. Bu lifler genellikle cam elyaftan oluşur ve 0,5 µm ile 2 µm arasında bir çap ölçüsüne sahiptirler. Yakalama fonksiyonlarını etkileyen temel faktörler lif çapı, filtrenin kalınlığı ve alın hızıdır. Hem daha ekonomik olması, hem de hepa filtrenin ömrünü uzatmasından dolayı, genellikle ön filtrelerle birlikte kullanılırlar. Hepa filtreler çeşitli partikül boyutlarını hedef alacak şekilde tasarlanmıştır. Bu parçacıklar, üç ayrı mekanizmanın bir kombinasyonu yoluyla yakalanır. Difüzyon etkisi: 1 µm'den küçük parçacıklar için geçerlidir. Partikül etrafındaki gaz molekülleri ile sabit çarpışmaları sonucunda, parçacıklar düzensiz, difüzyonel harekete yönelirler. Bunun sonucunda, partiküllerin cam fiberlere çarpışma olasılığı artar.

Kesişme etkisi: Sadece çapları fiberler arasındaki mesafeden büyük partiküller değil, fiberlere çok yakın geçen partiküller de tutulur.

Atalet etkisi: 1 µm'den büyük parçacıklar için etkilidir. Parçacık hareketinin akış yönü, kütle moment etkisiyle saptırılır ve partiküller ya fiberlere yakın bir rotaya oturtulur ya da fiberlere direkt çarptırılır.

Hepa filtrelerin bilinen olumsuz bir yanı, kendilerini temizleyememeleridir. Uzun süre hayatta kalabilen virüslerin doğası gereği, bu filtrelerin yanlış bir şekilde değiştirilmesi virüsleri taşıyabilir. Yapılan bir çalışmada, SOP (solid oxygen-purifying) filtrelerinin virüsleri kendi kendine dezenfekte etme ve filtreleme özelliklerine sahip olduğu görülmüştür. Bu filtreler, virüs parçacıklarının % 99,8'ine kadar inaktive edebilir, böylece havadaki aerosol virüslere karşı oldukça yüksek bir koruma sağlar. Havalandırma/filtreleme sistemlerinde ve yüz maskelerinde, bu filtre kullanılabilir veya eklenebilir (Versoza, 2020).

1.3 HEPA ve SOP Filtrelerinin Pratik ve Muhtemel Uygulamaları

Filtrasyon yöntemi, kişileri damlacık ve tozlardan korumak amacıyla, kişisel koruyucu donanımlarda yaygın biçimde kullanılmaktadır. Özellikle içinde bulunduğumuz pandemi döneminde işini yapan sağlık çalışanları başta olmak üzere, yoğun toz içeren ortamlarda çalışan bireyler için tasarlanmış mevcut KKD (PPE)'ler; belirli ölçülerde partiküller için tasarlanmış filtre sistemlerinden oluşmaktadır.

- 1) Bu anlamda filtrasyon tekniğinin en yaygın uygulandığı ve en pratik örneklerinden birisi olarak **N95 maskeler** verilebilir. Yapılan testlerde 23 °C ile 29.5 °C arasında değişen sıcaklıklarda, %10-50 arası nem oranına sahip ortamda ve 0.02-3 µm arasında değişen partikül boyutlarında %98.5 oranında filtrasyon verimliliği sağlanmıştır (Bennett, 2020).
- 2) Literatürde SOP filtrelerin patojenlerin yayılmasının engellenmesi için kullanımına öncülük edecek önemli bulgulara da rastlanılmıştır. Sırasıyla 40, 60 ve 100 g/cm³ olarak üretilen SOP filtreler; bakteriyofaj ve yoğun viral (50 mL deiyonize suya, 100 µL virüs çözeltisi ortamında) ortamlar olmak üzere iki ortamda filtrasyon işlemine katkılanarak gerçekleştirilen deneylerde, 1 saatin sonunda; 40, 60 ve 100 g/cm³ yoğunluğa sahip filtrelerin patojen deaktivasyonu tablodaki gibi bildirilmiştir (Versoza, 2020)

Filtre tipi	Yoğunluk (g/cm ³)	Deaktivasyon verimliliği (%)
SOP	40	93.5 ± 1.15
	60	94.7 ± 0.18
	100	99.4 ± 2.17

(Versoza, 2020)

1.4 Aerosol Hareketliliği ve Yayılım Dinamiği (Sifon Etkisinin Araştırılması)

Sifonların Çalışma Prensipleri

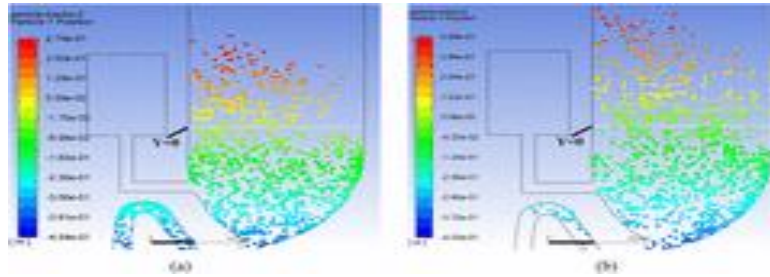
Sifon etkisinin en basit tanımı, atmosferik basıncın sıvıyı yukarı itmesi ve yerçekiminin sıvıyı aşağı çekmesidir. Su her zaman daha yüksek basınç altındaki bir bölgeden daha düşük basınçlı bir alana akar. Ayrıca, izin verilirse, her zaman yüksek bir noktadan alçak bir noktaya akar ve potansiyel enerjiyi (yükseklik) kinetik enerjiye (akış) dönüştürür. Tavandaki su (daha yüksek basınç altında) boruya veya hortuma (daha düşük basınç alanı) akar. Yerçekimi daha sonra suyun borunun veya hortumun ucundan dışarı akmasına izin verecektir. En yaygın tipler uygun şekilde yerçekimi akışı, basınç destekli yerçekimi akışı veya basınç valfi (ticari olarak "sifon ölçer" olarak adlandırılır) sistemleri olarak sınıflandırılabilir. Yerçekimi akışı, tipik olarak konutlarda bulunan, klozet ve yakın bağlantılı veya entegre bir su deposunu içeren bir tabandan ("sarnıç" olarak da adlandırılır) oluşan türdür. Sifon kolu etkinleştirildiğinde, suyun yerçekimi ile klozet içine akmasına izin vermek için tankın tabanındaki bir valf açılır ve sifonu başlatır. Buna karşılık, umumi tuvaletlerde sıklıkla görülen sifonometreli tuvaletler bir tabandan oluşur, ancak tank içermez; bina su kaynağı, etkinleştirildiğinde tuvalete manuel bir yıkama kolu veya otomatik yıkama sensörü ile güçlü bir su akışı sağlayan 1 inç çapındaki bir boru aracılığıyla doğrudan bir sifon vanasına bağlanır. Yüksek akış kapasiteli bir su bağlantısına gerek kalmadan bir sifon ölçer sisteminin güçlü bir şekilde yıkanmasını sağlayan yeni bir yenilik, basınç destekli tuvalettir. Bu tuvalet, tabana tutturulmuş bir depoya sahip olması nedeniyle tipik bir yerçekimi akışlı tuvalet görünümündedir; bununla birlikte, tankın içindeki bir sıkıştırılmış hava kesesi basınç kabı, su akışını tahrik etmek için depolanmış enerji sağlar ve böylece sifon sistemini simüle eder.

Sifonlardan Virüs Aerosol Partiküllerinin Yayılımı

Şu anda, "SARS-CoV-2" adlı yeni bir koronavirüs, dünya çapında hızla yayılıyor ve halk sağlığı krizine, ekonomik kayıplara ve paniğe neden oluyor. Fekal-oral bulaşma, SARS-CoV-2 dahil birçok virüs için ortak bir bulaş yoludur. Genellikle tuvalet kullanımında ortaya çıkan dışkı-oral geçiş yolunun bloke edilmesi, virüslerin yayılmasının önlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Ancak bugüne kadar

tuvalet kullanımında sıhhi güvenliğini iyileştirmeye yönelik çabalar yetersiz kalmıştır. Günlük deneyimlerden, sifon çekmenin güçlü bir türbülans oluşturduğu açıktır. Yıkama işlemi sırasında su, basınç etkisi altında bir tanktan hazneye girer ve su teması ile karışır. Bu, hava akışında dramatik değişikliklere yol açan türbülanslı hareket üretir. Tuvalet sifonu sırasındaki sıvı akışının özelliklerini ve yıkamanın virüs aerosol partiküllerinin yayılması üzerindeki etkisini keşfetmek ve görselleştirmek için hesaplamalı akışkan dinamiklerini kullanarak bazı simülasyonlar geliştirilmiştir. İki farklı tuvalet tipinin (tek girişli yıkama ve dairesel yıkama) yıkama işlemleri simüle edilmiş ve özellikle de sıvı akış özellikleri ve yıkama sırasında aerosol parçacıklarının hareketi incelenmiştir. Birkaç endişe verici sonuç şu şekilde özetlenebilir:

Her iki yıkama yöntemiyle de güçlü türbülans üretildiği gözlemlenmiştir. Toplam partikül sayısının yaklaşık % 40 ila % 60'ı klozetin üzerine çıkarak geniş bir alana yayılabilir ve bu partiküllerin yüksekliği yerden 106,5 cm'ye ulaşır. Simülasyon sonuçları, virüs partiküllerinin yukarı doğru muazzam bir şekilde taşınması nedeniyle endişe vericidir; partiküllerin % 40-60'ı tuvalet koltuğunun üzerine ulaştığı görülür ve bu da büyük ölçekli virüs yayılmasına yol açar.



Şekil 1 Sifonlarda uzun bir süre sonra aerosol partiküllerinin büyük ölçüde yayılımı (Li, 2020)

2. YÖNTEM

2.1 Filtre Üretimi ve HEPA Filtresinin Önemi

Havalandırma filtreleri kullanılan filtre malzemesine ve filtrenin kullanım alanına göre ayrılırlar.

- Sentetik/Polyester Elyafı
- Cam Elyafı (Fiberglass)
- **Biyo Filtreler**
- Karbon Rulolar
- Hayvan Yünü;

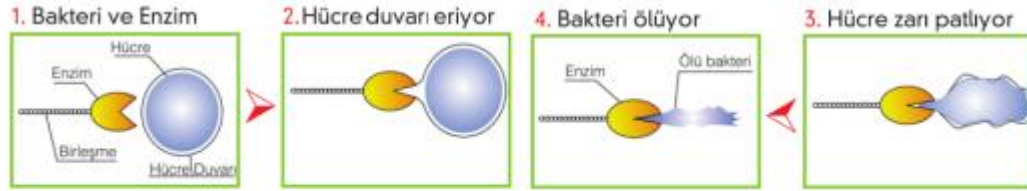
kullanılan filtre malzemesi dikkate alınarak üretilen filtre çeşitleridir.

- Metal Filtreler
- Kaset Filtreler
- Torba Filtreler
- Kompakt Torba Filtreler
- Rulo Filtreler
- **HEPA ve ULPA Filtreler**
- Elektrostatik Filtreler

kullanım alanlarına göre üretilen filtre çeşitleridir.

Projemizde pandemiye (COVID-19) göz önünde bulundurarak umumi tuvaletlerdeki sifonla birlikte oluşan damlacık dağılımını en aza indirebileceğimiz bir filtre tasarlamak ve geliştirmek istiyoruz. Seçmemiz gereken ve üretimini sağlamamız gereken hava filtremiz yüksek etkili parçacık yakalayıp tutabilmeli aynı zamanda

steril oranı da yüksek olmalı. Bu sebeple HEPA filtrelerimizde Biyo Filtreler kullanmaya karar verdik. Biyo Filtreler içinde kullanılan eko filtre sayesinde havadaki en küçük toz parçalarını tutar ve biyolojik enzim özelliği ile bakteri, mantar ve mikropları etkisiz hale getirir. Biyolojik enzim filtresinde bulunan enzimler ise bakterilerin hücre duvarlarını eriterek onları yok eder ve bireysel iklimlendirme cihazlarında “tekrarlanan kirlilik” sorununu ortadan kaldırır. Bakterilerin %95’ini yok ederken 0,3 µm’den küçük toz parçalarının %99’unu yakalar. Böylece tozlar tutulurken aynı zamanda sterilizasyon sağlanmış olur.



Şekil-3.13 Biyo filtre enzimlerinin bakterileri öldürmesi

IEST Standartları

Geliştirmek ve üretmek istediğimiz HEPA filtremiz IEST standartlarına göre sınıflandırılmıştır ve şu şekildedir:

– IEST-RP-CC001.3 HEPA ve ULPA Filtreler

Burada terimler, tanımlar, HEPA ve ULPA filtrelerin klasifikasyonu, imalatı kullanılan malzemelerin tanımlanması, test aletleri ve markalama yöntemleri anlatılmaktadır.

– IEST-RP-CC034.1 HEPA ve ULPA Filtre Kaçak Testleri

Burada HEPA ve ULPA filtreler için kaçak testi yöntemleri, test şartları, aerosol üretimi, aerosolün algılanması (fotometre veya partikül sayıcılar) ve test metodları anlatılmaktadır.

– IEST-RP-CC021.1 HEPA ve ULPA Filtre Elyafının Testi

Burada HEPA ve ULPA filtre imalinde kullanılan kağıt veya sentetik malzemelerin basınç düşümü, verim, kalınlık, mukavemet, uzama, sertlik, yüksek sıcaklıklarda ağırlık kaybı gibi testlerinin yapılma yöntemleri ile raporlama teknikleri anlatılmaktadır.

– IEST-RP-CC007.1 ULPA Filtrelerin Testi

Burada ULPA filtrelerin tanecik sayıcılar kullanılarak verim testi yapılma yöntemleri anlatılmaktadır.

Sonuç olarak IEST tarafından tanımlanan HEPA ve ULPA filtreler ile önerilen test yöntemleri Tablo-1’de görülmektedir.

TABLO-1
IEST’ye Göre HEPA ve ULPA Filtreler

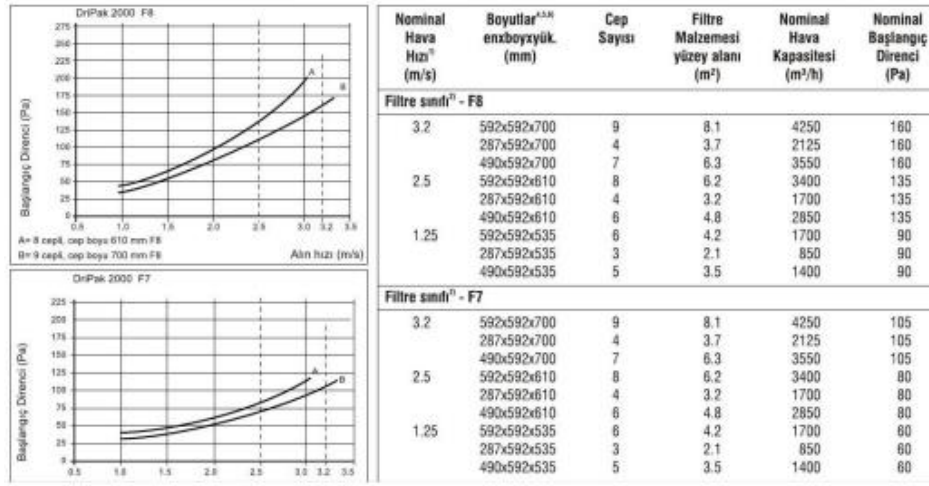
Filtre	Tip	Verim (%)	Verimin Tanımlandığı Çap (µm)	Tavsiye Edilen	
				Verim Test Metodu	Sızdırmazlık Test Metodu
HEPA Filtreler	A	99,97	0,3	MK-STD-282	Yok
	B*	99,97	0,3	MK-STD-282	Yok
	C	99,99	0,3	MK-STD-282	Fotometre
	D	99,999	0,3	MK-STD-282	Fotometre
	E*	99,97	0,3	MK-STD-282	Fotometre
ULPA Filtreler	F	99,999	0,1 – 0,2	RP-CC-007	Tanecik sayıcı
	F	99,9995	0,1 – 0,2	RP-CC-007	Tanecik sayıcı
	F	99,9999	0,1 – 0,2	RP-CC-007	Tanecik sayıcı

* B ve E tipi filtrelerde sızdırmazlık testi 2 debide yapılır.

Koronavirüsün partikül yarı çapı verilen bilgilere göre 0,08 ve 0,16 mikrometre çapındadır. Tablo sonuçlarına göre üretmemiz gereken HEPA modeli 0,1 mikron boyutundaki partikülleri tutabilmesi açısından ve yüksek verimliliği açısından F tipi HEPA yani ULPA (U-15,U-16,U-17) filtrelerinden biri tercih edilebilir.

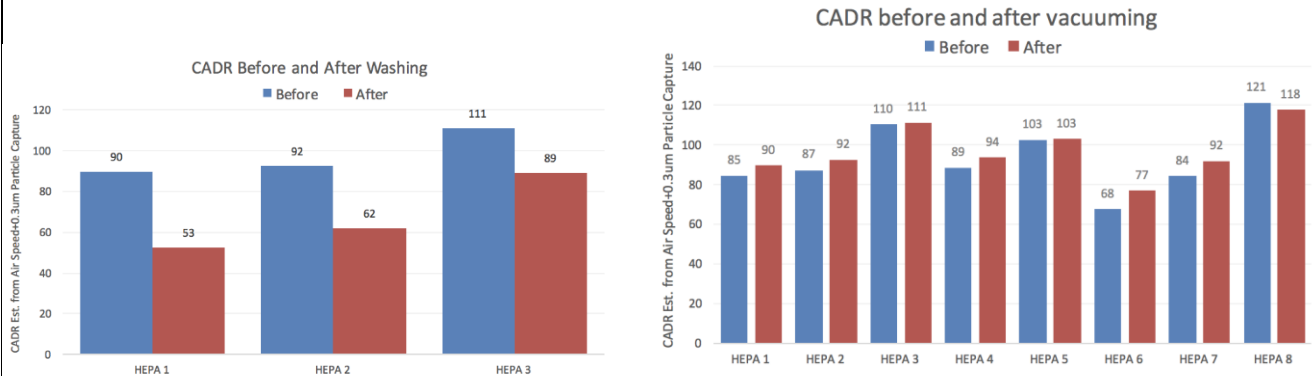
EN 1822-1998 TABLO 1					
FILTRE SINIFI		TOPLAM DEGER		LOKAL DEGER	
		VERİM (%)	PENETRASYON (%)	VERİM (%)	PENETRASYON (%)
HEPA	H10	85	15	---	---
	H11	95	5	---	---
	H12	99,5	0,5	---	---
	H13	99,95	0,05	99,75	0,25
	H14	99,995	0,005	99,975	0,025
ULPA	U15	99,9995	0,0005	99,9975	0,0025
	U16	99,99995	0,00005	99,99975	0,00025
	U17	99,999995	0,000005	99,9999	0,0001

Filtremizi üretirken dikkat etmemiz gereken bir diğer hususlar da kabine koyacağımız filtremizin boyutu ,nominal hava kapasitesi ,basınç etmenleridir.Aşağıdaki tablodan yararlanarak uyguboyuttaki filtreyi temin edebiliriz.



2.2 Temizlenebilir HEPA Filtresi Dizaynı

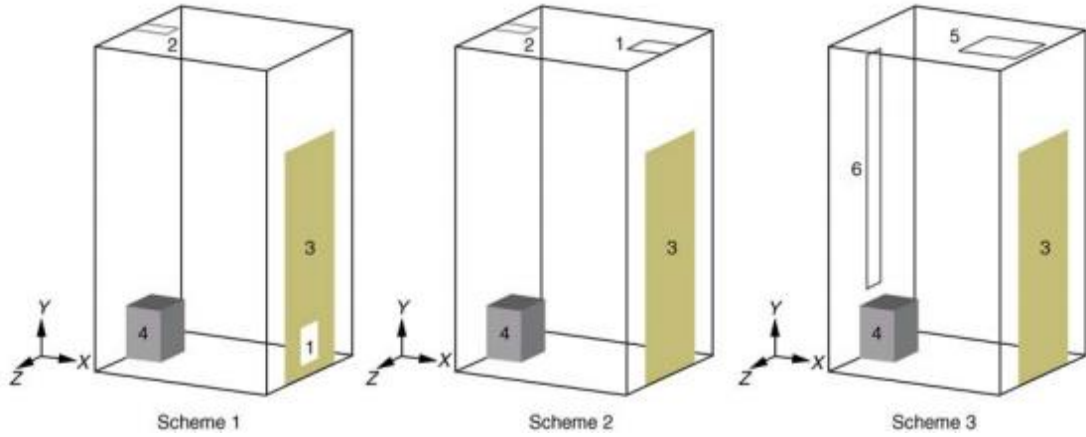
Eğer HEPA filtre kalıcı ve yıkanabilir değilse temizlenemez. Araştırmalarımıza göre; yapılan bir deneyde vakumla temizlemede filtrelerin performansında %14 artış ve %3 azalma arasında bir değer kaydedilmiştir yani ortalama %10 performans artışı vardır, suyla temizlemedeyse ortalama %32 performans düşüşü olmuştur. Bu yüzden, bizim amacımız temizlenebilir hepa filtre kullanmak olduğundan kalıcı bir filtre kullanıp bu kalıcı filtrenin de vakumla temizlenmesini sağlayacağız.



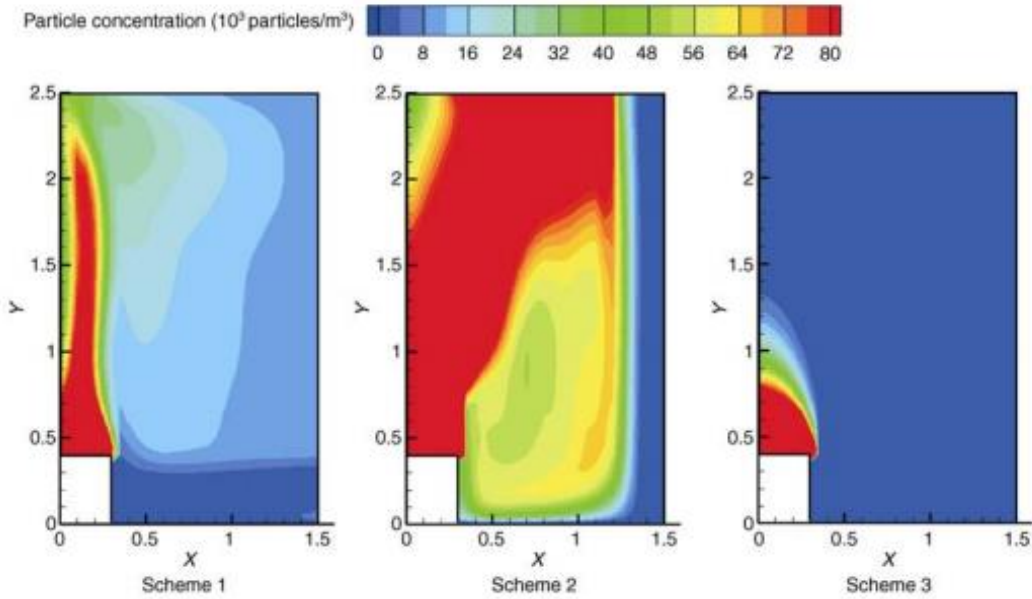
Kullanacağımız çalışma prensibi şu şekildedir:

Klozet ya da pisuvarda sifonu çekmek için bastığımız tuş sayesinde önce kapak kapanacak. Ardından hepa filtresi devreye girecek ve sifon çalışacak, sonra kapak tekrar açılacak ve klozet ya da pisuvar güvenli bir şekilde tekrar kullanılabilir duruma gelmiş olacak. Böylelikle hem sifon çekildiğinde etrafa saçılan partiküller kapak ile beraber engellenmiş olacak hem de bu partiküllerin içerdiği bakteri ve virüs miktarı hepa filtresi sayesinde en aza indirilmiş olacak. Yani kullanacağımız hepa filtresi sensörler sayesinde çalışmış olacak.

2.3 Filtre Sisteminin Optimum Konumunun Tespiti ve Havalandırma Şeması



Şekildeki 3 şemaya göre (1-hava beslemesi, 2- dışarı çıkacak havanın açıklığı, 3-kapı, 4-tuvalet, 5-hava beslemesi, 6- dikey hava çıkacak açıklık)



Partikül kaynağı tuvalete yerleştirildiğinde banyodaki merkezi düzlemin kirlenici partikül konsantrasyonu.

Yukarıdaki şekillerde de görüldüğü gibi eğer havalandırma sistemimizi 3. şemadaki gibi seçersek tuvalete giren birinin bulunduğu bölgede daha az partiküle yani daha temiz bir havaya ulaşırız. Eğer HEPA filtremizi 5. konuma yerleştirirsek dışarıdan gelen havayı süzebiliriz. Böylelikle içerideki hava büyük ölçüde temiz kalır.

2.4 Aerosol Hareketi ve Dinamiği Testleri için Simülasyon Uygulamaları

Aerosol hareketliliğinin analizinde simülasyonlardan faydalanacağız. Bu simülasyonlar sistemimizin kapağı kapanıp sifonun çalıştığı andan itibaren, kapağın geri açılıp bir sonraki kullanıcının tuvaleti kullanmasına kadarki süreçte damlacıkların nasıl bir yayılım gösterdiğini somut bir biçimde ortaya koyacak. Bu simülasyondan beklentimiz; sistemimizin, kullanıcıları Covid-19 partiküllerinden ne kadar oranla koruyabileceğini gerçek değerlere en yakın şekilde gözlemlemek, projemizin zayıf ve güçlü yanlarını daha iyi analiz ederek daha ürünümüzü verimli hale getirmemizi sağlamaktır.

Simülasyonumuzun başarı oranının %95 ve üstü olmasını bekliyoruz

Simülasyonun hazırlanması için 5 farklı bilişim firmasıyla görüşülecektir

Görüşülecek firmalar iki kritere göre sınıflandırılacaktır:

- 1- Covid-19 pandemisi sürecinde ürettikleri diğer simülasyonların başarılilik derecesi
- 2- Bütçemize uygunluk durumu

İki kriterde de en yüksek uygunluğu gösteren firmalarla görüşülecek, teorik tahminlerimize göre en güvenilir bulunan firmayla projeye devam edilecektir.

3. PROJE YÖNETİMİ

3.1 İş-Zaman Çizelgesi

İP NO	İş Paketi Adı	Gerçekleştiren(ler)	AYLAR											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Malzemelerin Temini	Öznur ÜNAL												
2	Biyo-filtre Sentezi	Efe DAŞKESEN												
3	Temizlenebilir (SC) Elyaf Üretimi	Selin İSKENDER												
4	Boyut Analizi ve Tasarımı	Deniz ŞİMŞEK												
5	Montaj Aşaması	M. Çağatay ARÇAY												
6	Hava Akış ve Damlalık Hareketleri Simülasyonları	M. Alperen ŞAKAR												
7	Verimlilik Testi	Özgecan KOYUNOĞLU												
8	Proje Sonuçlarının Değerlendirilmesi	A. Kutay ÖZBAY												

3.2 Başarı Ölçütleri

IP No	İş Paketi Adı ve Hedefleri	Başarı Ölçütü	Projenin Başarısına Katkısı
1	Malzemelerin Temini	70%	5%
2	Biyo-filtre Sentezi	90%	10%
3	Temizlenebilir (SC) Elyaf Üretimi	60%	15%
4	Boyut Analizi ve Tasarımı	60%	20%
5	Montaj Aşaması	60%	20%
6	Hava Akış ve Damlacık Hareketleri Simülasyonları	75%	20%
7	Verimlilik Testi	85%	%5
8	Proje Sonuçlarının Değerlendirilmesi	50%	%5

3.3 Risk Yönetimi

RİSK YÖNETİMİ TABLOSU

IP No	Önemli Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)
1	Kullanılacak yüzeye bağlı olarak, öngörülen ortalama filtre tükenme süresinden daha hızlı bir tükenmenin gerçekleşmesi	Kullanılan yüzeylerin nem koşulları göz önüne alınarak, yapılacak olan ikincil çalışmalarla; filtre sisteminin ömrünün nemli ortamlarda optimum düzeye çekilmesi hedeflenmektedir.
2	Tükenmeye bağlı olarak artan üretim ve enerji maliyetleri	Tüketicilerden oluşan kontrol gruplarındaki geri dönüşlere ve yapılan izlemeler sonucunda filtre sistemlerinin pratikteki davranışlarını gözlemleyerek yeni basamakların tasarımı yapılacaktır.

4. YAYGIN ETKİLER

**PROJEDEN ÖNCE GERÇEKLEŞMESİ BEKLENEN YAYGIN ETKİLERİ GÖSTERİR
TABLO**

Etki Türü	Beklenen çıktılar/ sonuçlar/ etkiler
Bilimsel/Akademik	SCI kapsamına giren makaleler proje ekibimiz tarafından yazılacaktır. Araştırma ile ilgili sempozyumlara katılacaktır.
Ekonomik/Ticari/Sosyal	Araştırmamız tamamlandığında ve başarıyla uygulandığında patent çalışmaları başlayacaktır.
Araştırmacı Yetiştirilmesi ve Yeni Proje(ler) Oluşturma	Yüksek lisans ve doktora öğrencileri yetiştirilecek ve ilgili alanlarda tezler yazılacaktır. Yeni projeler oluşturmak için çalışmalar yapılacaktır.

5. PROJE BÜTÇESİ

5.1 Alet-Teçhizat Maliyet Raporu

İsim		Adet	Projedeki Amacı		Fiyat (TL)
1	Fırın	1		Kalıplara dökülen reçinelerin kullanıma uygun hale getirilmesinin sağlanması	5.000
2	PVD Cihazı	1		Kaplama işlemlerinin gerçekleştirilmesi	100.000
3	Mikrofiltrasyon Sistemi	1	1000 L	Testin yapılacağı ortamın ayarlanması	26.701
4	Ters Ozmos Membran Sistemi	1	1000 L	Testin yapılacağı ortamın ayarlanması	30.515
5	Numune Kalıpları	5		Filtre sisteminin optimum tasarımı	2.000
6	Hassas Tartı	1		Malzemelerin tartılması	1.205
7	Filtre Sistemi	5		Membranlarda kullanılacak, üretimde görevli filtreler	1.250
8	Simülasyonların Gerçekleşeceği Yazılım Sistemi	1		Simülasyonların yapılması ve başarı oranlarının listelenmesi	500
TOPLAM					167.171

5.2 Hizmet Alımları Maliyet Tablosu

Kuruluş	Açıklama	Hizmet Amacı	Fiyat (TL)
TÜBİTAK	Laboratuvar		3750
Yıldız Teknik Üniversitesi	Laboratuvar		355
TOPLAM			4105

5.3 Toplam Maliyet Tablosu

Harcama	Toplam (TL)
PVD	100.000
Fırın	5.000
Mikrofiltrasyon	26.701
Ters Ozmos Membran Sistemi	30.515
Numune Kalıpları	2.000
Filtre Sistemi	1.250
Simülasyon Yazılımı	500
Laboratuvar Çalışanları Maaşları	148350
TUBİTAK Laboratuvar Kullanımı	3750
Yıldız Teknik Üniversitesi Laboratuvar Kullanımı	355
TOPLAM	318.421

6. KAYNAKLAR

- [1] Wang, J., Li, Y., Liu, X., Cao, X. (2020) Virus Transmission from Urinals, *Physics of Fluids* 32, 081703, 2020.
- [2] Kedare, J., Kharat, S., Tawde, S., Effectiveness of Constructed Indoor Air Purifier to Enhance Indoor Air Quality, *European Journal of Engineering Research and Science*, Vol. 5, No. 12, December 2020.
- [3] Versoza, M., Heo, J., Ko, S., Kim, M., Park, D., Solid Oxygen-Purifying (SOP) Filters: A Self-Disinfecting Filters to Inactivate Aerosolized Viruses, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020.
- [4] Payet, S., Bouloud, D., Madelaine, G., Renoux, A., PENETRATION AND PRESSURE DROP OF A HEPA FILTER DURING LOADING WITH SUBMICRON LIQUID PARTICLES, *Journal of Aerosol Science*, Vol. 23, No. 7, pp. 723-735, 1992.
- [5] Y.C. Ahn, S.K. Park, G.T. Kim, Y.J. Hwang, C.G. Lee, H.S. Shin, J.K. Lee, Development of high efficiency nanofilters made of nanofibers, *Current Applied Physics*, 6, pp. 1030-1035, 2006
- [6] Li, Y., Wang, X., Chen, X., Can a toilet promote virus transmission? From a fluid dynamics perspective, *Physics of Fluids*, 2020
- [7] Bluysen, P., Ortiz, M., Zhang, D., The effect of a mobile HEPA filter system on ‘infectious’ aerosols, sound and air velocity in the SenseLab, *Building and Environment* vol. 188, 2021
- [8] Mousavi, E., Pollitt, K., Sherman, J., Martinello, R., Performance analysis of portable HEPA filters and temporary plastic anterooms on the spread of surrogate coronavirus, *Building and Environment* vol. 183, 2020
- [9] Park, D., Joe, Y., Piri, A., An, S., Hwang, J., Determination of Air Filter Anti-Viral Efficiency against an Airborne Infectious Virus, *Journal of Hazardous Materials* vol. 396, 2020
- [10] Phu, H. MD, Park, Y., Andrews, A., Marabella, I., Abraham, A., Mimmack, R., Olson, B., Chaika, J., Floersch, E., Remskar, M., Hume, J., Fischer, G., Belani, K., Hogan Jr., C., Design and evaluation of a portable negative pressure hood with HEPA filtration to protect health care workers treating patients with transmissible respiratory infections, *American Journal of Infection Control* vol. 48, 2020
- [11] Johnson, D., Lynch, R., Marshall, C., Mead, K., Hirst, D., Aerosol Generation by Modern Flush Toilets, *Aerosol Sci Technol* vol. 43, 2013
- [12] Y. Jin, L. Cai, Z. Cheng *et al.*, “A rapid advice guideline for the diagnosis and treatment

of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infected pneumonia (standard version),” *Mil. Med. Res.* **7**, 4 (2020)

[13] G. E. Flores, S. T. Bates, D. Knights, C. L. Lauber, J. Stombaugh, R. Knight, and N. Fierer, “Microbial biogeography of public restroom surfaces,” *PLoS One* **6**(11), e28132 (2011).

[14] K. A. N. Aithinne, C. W. Cooper, R. A. Lynch, and D. L. Johnson, “Toilet plume aerosol generation rate and environmental contamination following bowl water inoculation with *Clostridium difficile* spores,” *Am. J. Infect. Control* **47**, 515–520 (2019).

[15] D. Lacanette, A. Gosset, S. Vincent, J.-M. Buchlin, and É. Arquis, “Macroscopic analysis of gas-jet wiping: Numerical simulation and experimental approach,” *Phys. Fluids* **18**, 042103 (2006).

[16] M. Mahdavi, M. Sharifpur, and J. P. Meyer, “A novel combined model of discrete and mixture phases for nanoparticles in convective turbulent flow,” *Phys. Fluids* **29**, 082005 (2017).

[17] J. K. Gupta, C.-H. Lin, and Q. Chen, “Flow dynamics and characterization of a cough,” *Indoor Air* **19**, 517–525 (2009).