

FARKLI TÜRDEKİ HAVA TEMİZLEME CİHAZLARININ PARTİKÜL MADDE VE FORMALDEHİT GİDERİM ETKİNLİKLERİNİN KIYASLANMASI

Parisa BABAEİ^{1(*)}, Ezgi ÖĞÜN¹, Gülen GÜLLÜ¹

¹Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara

ÖZET

İç ortam havasının iyileştirilmesine yönelik çözümler kirleticinin türüne, kaynağına ve yayılma şekline göre çeşitlilik göstermektedir. Bu çözümler kaynak kontrolü olabileceği gibi, havalandırma ile konsantrasyonun azaltılması ve sadece maruziyetin azaltılmasına yönelik çözümler de olabilmektedir. Günümüzde kullanılan birçok çeşit hava temizleyici bulunmaktadır. Hava temizleyicilerin verimliliği, sirküle ettiği hava oranı ve havayı filtreleme kapasitesine bağlı olarak değişmektedir. Son on yıldır özellikle masaüstü temizleyicilerin kullanımı artmıştır. İç ortamlarda kullanılan hava temizleme cihazları havadaki alerjenleri, partikül madde, biyoaerosoller, koku ve gaz kirleticilerin seviyelerinin kontrol edilmesine yardımcı olabilmektedir. Gerçekleştirilen bu çalışmada iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik, piyasada satılan iki farklı türdeki, foto plazma cihazı ve radikal üreterek hava temizlemeye yönelik geliştirilmiş portatif hava temizleme cihazları ve laboratuvar ortamında geliştirilmiş olan su filtreli hava temizleme cihazının ortamda bulunan partikül madde ve formaldehit giderim etkileri incelenmiştir. Hava temizleme cihazlarının iç ortamdaki etkinlikleri çember test denilen oda deneyi modelleri geliştirilerek gözlemlenmiştir. Hava temizleme cihazlarının hem etkin hem de etkin olmadığı koşullarda cam reaktörden belirli aralıklarla hava örnekleri alınarak ortamdaki partikül madde ve formaldehit konsantrasyon değişimleri izlenmiştir. Sonuçlara göre incelemesi yapılan hava temizleme cihazlarının iç ortam havasında partikül madde ve formaldehit konsantrasyonlarının azalmasında etkili olduğu, etki düzeyinin hava temizleme cihazına göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

İç ortam havası, Partikül madde, Formaldehit, Hava temizleme cihazı, çember testi.

ABSTRACT

The improvement of the indoor air varies according to the type, source and dispersion pattern of the pollutant. Solution for reduction of pollutant exposure can be source control, as well as solution for reducing concentration and exposure only. Today, there are many types of air cleaners available. The efficiency of the air purifiers varies depending on the air ratio and the air filtering capacity. Over the last decade, especially the use of desktop cleaners has increased. Indoor air purifiers can help control airborne allergens, particulate matter, bioaerosols, odor and gaseous pollutant levels. In this study, the effects of the removal particulate matter and formaldehyde by the Photo Plasma device, the radical generating portable air purifier and the air

(*) parisababaei@hacettepe.edu.tr

purifier with water filter were investigated. The activities of the air cleaners in the indoor environment were observed by developing chamber test model. In the conditions where the air cleaning devices were both effective and not effective, air samples were taken at regular intervals from the glass reactor and changes in the particulate matter and formaldehyde concentration in the environment were monitored. According to the results, it was determined that the air cleaning devices examined were effective in decreasing the concentrations of particulate matter and formaldehyde in the indoor air, and the reduction efficiency varied according to the air purifier type.

KEYWORDS

Indoor air, Particulate matter, Formaldehyde, Air purifier, chamber test model.

1. GİRİŞ

Kapalı ortam hava kirliliği, çevresel sağlık risklerinin arasında ilk beşde yer almaktadır. Genellikle bu riski gidermenin en iyi yolu, kirleticilerle kaynakları kontrol altına almak veya ortadan kaldırmak ve ortamı temiz dış hava ile havalandırmaktır. Bununla birlikte, havalandırma yöntemi hava koşullarına veya dış havada bulunan istenmeyen kirlilik seviyelerine göre sınırlandırılabilir. Bu önlemler yetersiz kalırsa, hava temizleme cihazı yararlı olabilir. Hava temizleme cihazlarının kirleticileri iç mekan havasından uzaklaştırması amaçlanmıştır. Bazı hava temizleme cihazları, tüm evdeki havayı temizlemek için bir evin merkezi ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC) sisteminin kanalına monte edilmek üzere tasarlanmıştır. Taşınabilir oda hava temizleyicileri havayı tek bir odada veya belirli alanlarda temizlemek için kullanılabilir, ancak bütün ev filtrasyonuna yönelik değildir.

En önemli kirleticiler arasında yer alan ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USA EPA)'nın altı yaygın kirleticisinden bir tanesi olan Partikül Madde (PM_{2.5} ve PM₁₀)'nin kimyasal kompozisyonu, reaksiyon özellikleri, kısa ve uzun aralıkta difüze olma özellikleri farklıdır. İç ortamda sigara içimi, ısıtma, yemek pişirme ve çeşitli iç ortam aktiviteleri (temizlik faaliyetleri, yürümek, dışarıdan ilave kişinin gelmesi ile ev içinde bulunan kişi sayısının artması gibi) iç ortamda toz yayılımına sebep olabilmektedir. Formaldehit kaynakları ise temel olarak; bina yapım maddeleri, sigara, MDF, kontrplak ve sunta gibi iç dekorasyonda geniş kullanım alanına sahip preslenmiş tahta ürünlerden oluşmaktadır (Lin and Yao, 1993). Sıcak ve nemli iklim, aşırı iç dekorasyon ve uygun düzenleme ve kontrol stratejisinin bulunmaması nedeniyle, bazen formaldehitin neden olduğu kanser riski birçok ofis binasında kabul edilebilir seviyeden (10⁻⁶) 100-1000 kat daha fazla olabilmektedir (Lee vd, 2002).

Mekanik hava filtreleri ve elektronik hava temizleyicileri partikül giderimi için kullanılan hava temizleme cihazları olarak tanımlanabilir. Mekanik hava filtreleri, parçacıkları tutan farklı boyuttaki gözenekleri olan bir elyafli veya metal filtreden havayı geçirirler (California Environmental Protection Agency, 2014). Ancak, yüksek konsantrasyonlarda bu partiküller hızla yere çökebildiklerinden iç ortamdan bu kirleticilerin mekanik filtrelerle giderimi mümkün değildir. Filtre sistemlerine sahip temizleme cihazlarının diğer bir dezavantajları da belli bir süre kullanımdan sonra filtre üzerinde biyolojik büyüme gözlemlenir ve buna bağlı olarak kokuya neden olabilen kaynaklar ortaya çıkar (Hyttine vd, 2007; Simmons ve Crow, 1995). Elektronik

hava temizleyicileri, partiküllerin elektrostatik yıkayıcılar gibi elektrostatik güç ile tutumuna yönelik geliştirilen cihazlardır. Bu tür hava temizleyiciler ozon ve ultra ince partikül üreterek akciğer hastalıklarına neden olabilirler (Alshawa vd, 2007; Waring vd, 2008; Waring ve Siegel, 2011).

Gaz fazı hava filtreleri, gaz kirleticilerini aktif karbon gibi gaz absorplama özelliği bulunan sorbentler üzerinde tutulmasını sağlayarak ortamdaki uzaklaştırmaktadır. İç ortamda gaz ve biyoaerosol kirleticilerinin yok edilmesini sağlayan ultraviyole ışınlama, fotokatalitik oksitleme ve ozon jeneratörü vb. hava temizleyiciler de bulunmaktadır (U. S. EPA, 2008).

Yapılan bu çalışmada piyasada satılan iki tür taşınabilir hava temizleme cihazlarının ve ev tipi üretilebilen su filtreli hava temizleme sisteminin ortamdaki önemli kirleticilerden olan partikül madde ve formaldehit seviyesini düşürme verimlilikleri araştırılmıştır.

1.1. Çalışmada kullanılan hava temizleme cihazları ve özellikleri

Hidroksil üretimi yöntemi ile hava temizleme cihazı. Hava Dezenfeksiyon Birimleri (AD), doğal ortamın açık alanlarda havayı koruduğu ve dezenfekte ettiği yolları çoğaltmak için İngiliz mikrobiyologları, enfeksiyon kontrol uzmanları ve mühendisleriyle birlikte geliştirildi. Ünite, bir reaktif içeren iyonize edilmiş ve ozon izleriyle reaksiyona girerek hidroksil 'serbest radikallerin' üretilmesini sağlayan bir sarf malzemesi kartuşu ile birlikte kullanılmak üzere tasarlanmıştır. İşlemin bu kadar etkili olmasının nedeni, hidroksil radikallerinin, bir hidrojen atomu eksikliği olan yüksek reaktif moleküller olması, yani hemen hemen anında (bir saniyenin altında) bir odayı dolaşarak hidrojen atomu ile karşılaşana kadar aramaya devam etmesi anlamına gelir. Her kartuş havayı yaklaşık üç ay boyunca sürekli arıyor olabilir.

Foto-plazma Hava Arıtıcı. Foto-plazma hava arıtıcısı, foto-plazma, foto-katalitik ve anyonun reaksiyonu ile çalışır. Plazma, güçlü ultra-viyola ışınları tarafından üretilmektedir. Plazmanın üzerindeki elektriksel enerji partikülleri parçalar ve yok eder. Foto-kataliz, yüksek enerjili ultraviyole ışınları ile fotosentez katalitik reaksiyon olarak tepki verebilir. Bu mekanizmayla çalışan hava temizleme cihazlarında büyük ölçüde serbest radikal üretilir ve yüksek enerjili ultraviyole ışınları yansması ile iyonlar oksitleştirilir. Bu iyonlar havadaki partiküllere ve diğer kirleticilerle yüklenir ve onları parçalayarak havadan bertaraf eder.

Su bazlı hava temizleme sistemi. Su bazlı hava temizleme sistemi şu parçalardan oluşmaktadır.

1. Akvaryum hava motoru ve hava boruları
2. Suda kabarcık oluşumunda kullanılan akvaryum hava taşı
3. 5 litrelik hacme sahip su deposu

Sistem hava motoru aracılığı ile emilen havanın, hava taşından geçirilmesi ile oluşan hava kabarcıklarının 5 litrelik hacimde ve 35 cm yükseklikteki sulu ortamdan geçerek kapalı ortama filtre edilmiş havanın verilmesi esasına dayanmaktadır. Sistemin çalışma prensibi hava kabarcıklarının sulu ortamda kat ettiği mesafede su ile temas etmesi ve bu sürtünme nedeni ile hava kabarcığı içerisinde olduğu varsayılan vorteksler aracılığı ile hava kabarcığı içerisinde bulunan gaz ve parçacıkların sulu ortama geçmesi esasına dayanmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

Gerçekleştirilen bu çalışmada iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik kullanılan 3 farklı hava temizleme cihazının ortamda bulunan partikül madde ve formaldehit bileşiklerinin giderim etkisi incelenmiştir. Ayrıca, iç ortam kirleticilerinin seviyelerinin belirlenmesi sırasında sıcaklık ve nem ölçümleri de yapılmıştır.

Hava temizleme cihazlarının iç ortamdaki etkinlikleri çember test denilen oda deneyi geliştirilerek incelenmiştir. Bu amaçla çalışma kapsamında kullanılan oda deneyi modeli Şekil 1’ de gösterilmiştir. Oda modeli eşit kenarlardan oluşan 1 m³ hacme sahip hava sızdırmaz cam malzemeden yapılmıştır. Modelde cam küp içindeki havanın sirkülasyonunu sağlamak için 4 adet fan kullanılmıştır. Sistemin dezenfeksiyonu için cam küpün iç duvarlarına 220 volt 50 hz özellikte 6 adet UV floresan lamba sabitlenmiştir. Floresan lambaların açılıp kapanması sistem dışındaki kontrol düğmesi ile sağlanmaktadır ve bu lambalar sistemin dezenfeksiyonunu sağlamak üzere kullanılmaktadır. Sistemin temizlenmesi, gerekli olduğu durumda cam küp içinden hava örneği alınabilmesi gibi amaçlarla cam küp kenarlarında açılıp kapanabilen hepa filtre aparatlı vanalar bulunmaktadır.



Şekil 1. Testlerin yapıldığı cam oda modeli

Cihazların ortam havasındaki partikül madde konsantrasyonunu azaltmada etkili olup olmadığının test edilmesi amacıyla partikül madde kaynağı olarak sigara dumanı kullanılarak oda deneyi gerçekleştirilmiştir.

Bu amaçla çalışmada kullanılan sızdırmaz cam odaya 2 dk’lık süre ile partikül madde konsantrasyonu yoğun olan sigara dumanı verilmiştir ve partikül miktarı 100 µg/m³ ‘e kadar yükseltilmiştir ve sonrasında partikül kaynağı kapatılarak ölçümlere başlanmıştır. Ortamdaki partikül madde miktarı, 6 saniye aralıklar ile elektronik kayıt sağlayan, ışık saçımı prensibine göre çalışan PM1, PM2.5 ve PM10 konsantrasyonlarını eş zamanlı olarak ölçebilen “Grimm Environmental Dust Monitor (EDM) 107” toz konsantrasyonu ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Deney sonuçları PM2.5 konsantrasyonları üzerinden verilmiştir. Ölçümler odanın içinde

cihazların herbiri çalışır durumdayken ve cihaz yerleştirilmeden aynı başlangıç koşulları sağlanarak 130 dakika süre ile ikişer tekrar yapılarak dört deney seti ile gerçekleştirilmiştir.

Yapılan bu çalışma da iç ortam havasında formaldehit giderimi ölçümlerinde ‘aktif örnekleme metodu’ kullanılmıştır. İç ortam havasında formaldehit örnekleme ve analiz metodu olarak EPA Method 323 kullanılmıştır (EPA Metot-323, 2003). Bu deneyde, kullanılan oda modeli olan 1 m³ hacimli odaya içinde 1 ml %60 oranında distile su ile seyreltilmiş formalin çözeltisi bulunan bir kap yerleştirilmiş, hızla buharlaşma eğiliminde olan formaldehitin oda içinde zamana karşı formaldehit konsantrasyon değişimi 10’ar dakika aralıklarla toplamda 70 dak boyunca incelenmiştir. Her 10 dakikada bir cam odadan 10 dak boyunca 300 ml hava örneği vakum pompası ile çekilerek içinde 20 ml distile su bulunan yıkama şişesinden geçirilmiş, ortamda bulunan formaldehitin yıkama şişesindeki suda çözünmesi sağlanmıştır. Örnekleme süresi sonunda 20 ml suda toplanan hava örnekleri kolorimetrik bir yöntem olan Asetil aseton yöntemi ile renklendirilerek formaldehit konsantrasyonu spektrofotometrik yöntem ile tayin edilmiştir.

2.1. Formaldehit Konsantrasyonunun Hesaplanması

Gaz yıkama şişesinin içindeki 20 ml.lik saf suyun içine alınan hava örneklerindeki gaz fazındaki formaldehitin miktarının tespit edilmesi için aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır:

2.1.1. Sıvı fazdaki örneklerde bulunan formaldehit miktarı

Analiz edilen örneğin Spektrofotometre’de 412 nm dalgaboyunda ölçülen absorbans değerine karşılık gelen konsantrasyon (C1 mg/L) değeri, Asetilaseton reaktifi ile hazırlanan standartlar ile hesaplanan kalibrasyona ait eşitlik ile belirlenmiştir. Örneğin gaz yıkama şişesinde bulunan toplam miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned} &1 \text{ Litre'de} && C1X \text{ mg fromaldehit var.} \\ &20 \text{ ml.de (gaz yıkama şişesinde toplanan hacim)} && gx \text{ gram formaldehit var} \\ &gx = ((C1X \text{ mg formaldehit} * 20\text{ml.})/1L)*(1g/1000\text{mg})*(1L/1000\text{ml}) \end{aligned}$$

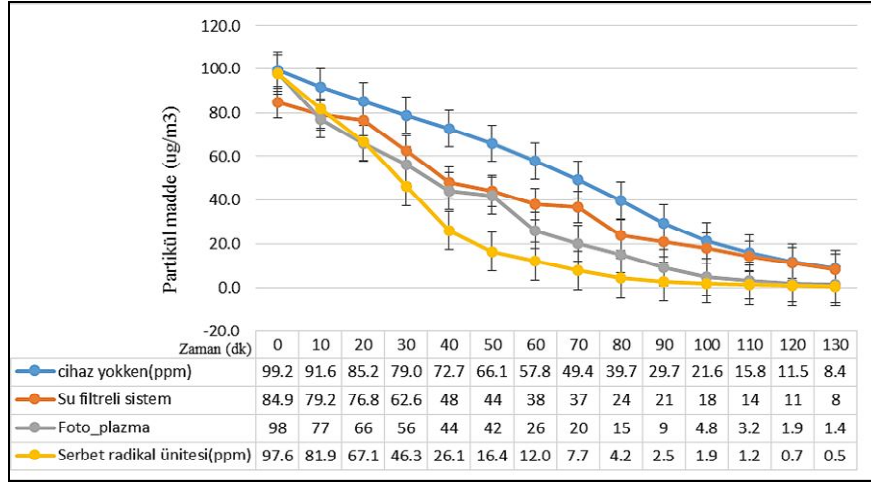
$$C1X \text{ (mg)} = C1 \text{ (mg/L)}/(1 \text{ L})$$

gx= Gaz yıkama şişesindeki 20 ml. hacmindeki saf suyun içindeki formaldehit miktarı (g).

3. SONUÇLAR

3.1. Partikül Madde Giderim Etkinliği Sonuçları

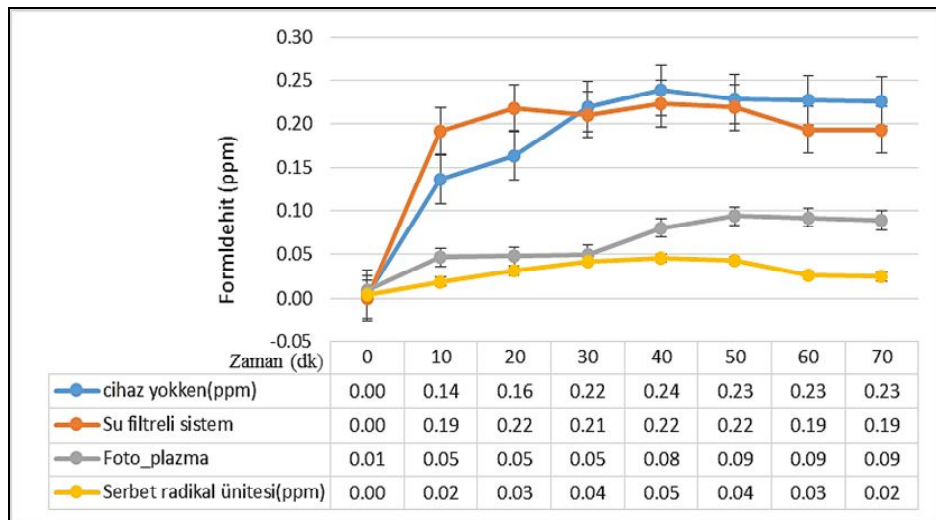
Hazırlanan cihazlı ve cihazsız deney setleri için, 130 dakika içerisinde gerçekleştirilen ölçümlerin sonuçları şekil 2’de verilmiştir. Grafiklerden de görüldüğü gibi kapalı ortamda bulunan partikül madde konsantrasyonunun azalmasında deneylerde kullanılan herhangi bir hava temizleme cihazı çalışmadığında yapılan ölçümlerde, ilk 50 dak içinde giderim verimi %33 iken, serbest radikal ünitesi, foto plazma ve su filtreli sistemi cihazlarının çalıştığı durumda PM2.5 giderim verimi sırasıyla %81, %56 ve % 41 düzeyinde olduğu gözlenmiştir. 100. Dakika sonunda ise sırasıyla %95, %93 ve %67 oranında giderim sağlanmıştır. Bu sonuçlar, incelemesi yapılan tüm cihazlar içinde serbet radikal üreten cihazın iç ortamda oluşan partikül madde miktarının azalmasında en etkili cihaz olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. Partikül madde (PM 2.5) konsantrasyonunun azalması

3.2. Formaldehit Giderim Etkinliği Sonuçları

Çalışmada kullanılan üç farklı türdeki hava temizleme cihazlarının çalıştığı ve hiçbir temizleme cihazının çalışmadığı durumda kapalı ortamda yapılan formaldehit ölçüm sonuçları Şekil 3'de verilmektedir. Şekil 3' den de görüldüğü gibi 70 dakikalık örnekleme süresi içerisinde gerçekleştirilen ölçümler sırasında oda içerisinde serbest radikal üreten ve foto_plazma cihazları çalıştırıldığında kapalı ortamda bulunan formaldehit konsantrasyonunun artmadığı, su filtreli sistemi ve herhangi bir cihaz çalıştırılmadığında ise formadehit seviyesinin ortam içinde hızla artarak 0.23 ppm'e kadar ulaştığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar serbest radikal üreten ve foro_plazma cihazlarının iç ortamda oluşan formaldehit miktarının giderilmesinde önemli oranda etkili olduğunu, su filtreli sistemin ise ortam havasındaki formaldehit gideriminde etkili olmadığını göstermektedir.



Şekil 3. Formaldehit Konsantrasyonunun değişimi

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Test edilen hava temizleyicileri, kapalı ortamda bulunan kirleticiler için belirli bir giderim etkinliğine sahip oldukları tespit edilmiştir. Ancak, cihazlarda kullanılan teknolojiler, performans farklılıklarını ortaya koymaktadır. Test edilen cihazlara bağlı olarak, partikül madde (PM 2.5) giderim etkinliğinin % 95 ila % 67 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Deney sisteminde ölçülen formaldehit miktarının azalmasında su filtreli sistem etkin bir azaltım verimi göstermezken kullanılan diğer iki hava temizleme cihazı (serbest radikal üreten ve foto plazma) ortamda bulunan formaldehit miktarının artmasına izin vermemektedir. Test sonucuna göre, serbest radikal üreten hava temizleyicisi hem partikül madde hemde formaldehit gideriminde en iyi performansa sahiptir.

Her ne kadar bu çalışma ve literatürde bulunan benzer çalışmalar hava temizleme cihazlarının performanslarını ortaya koysa da, bu testler kısa süreli ve laboratuvarında kontrollü test odalarında yapılan çalışmalara dayalı oldukları için kesin ve net bir sonuç ortaya koymayabilir. Bu yüzden, bu tür çalışmaların gerçek ortam koşullarında uzun süreli deneylerle ortaya konulması, ortam havasında gözlenen değişimlerin hedef kirletici gideriminin yanı sıra neden olabileceği ikincil kirletici parametrelerin de incelenmesi bu cihazların performansı hakkında daha net bir sonuç ortaya koyabilecektir.

KAYNAKLAR

- Lin, J.M. and Yao, Y.H., 1993. Formaldehyde in Conventional Homes in Taiwan, Environment International. 19, pp.561-568.
- Lee, Yen-I; Lin, Hsin-Hsu; Chiang, Che-Ming., 2002. Effective Ventilation Control Strategy on Office Buildings in Taiwan by CO₂ and HCHO Concentration Evaluation," ROC 14th Building Research Conference (in Chinese).
- Environmental Protection Agency., 2014. Air Cleaning Devices For The Home.
- Hyttinen, M., P. Pasanen, M. Bjorkroth, P. Kalliokoski., 2007. Odors and volatile organic compounds released from ventilation filters, Atmos. Environ., 41, 4029-4039.
- Simmons, R.B., and S.A. Crow., 1995. Fungal colonization of air filters for use in heating, ventilating, and air conditioning (HVAC) systems, J. Ind. Microbiol., 14, 41-45.
- Alshawa, A., A.R. Russell, S.A. Nizkorodov., 2007. Kinetic analysis of competition between aerosol particle removal and generation by ionization air purifiers, Environ. Sci. Technol., 41, 2498-2504.
- Waring, M.S., Waring, J.A. Siegel, R.L. Corsi., 2008. Ultrafine particle removal and generation by portable air cleaners, Atmos. Environ., 42, 5003-5014.
- Waring, M.S., and J.A. Siegel, The effect of an indoor air quality in a residentil room, Indoor Air, 21, 267-276, 2011
- U.S. EPA., 2008. Guide to Air Cleaners in the Home, <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/guide-air-cleaners-home>, Erişim tarihi: 11 Eylül 2017.