



## Temizoda Uygulamaları

Furkan YILDIRIM<sup>a1,\*</sup>, Ahmet Korhan BİNARK<sup>b2</sup>

<sup>a</sup> *Istanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Yüksek Lisans Programı, İstanbul, Türkiye*

<sup>b</sup> *Istanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye*

Istanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (2020) 2 (2): 8-15

DOI: xxxxxx/xxxxxxx

ORCID Numaraları:

<sup>1</sup>0000-0003-3784-1236

<sup>2</sup>0000-0001-7504-7127

### YAYIN BİLGİSİ

Yayın geçmişi:

Gönderilen tarih: 09 Haziran 2020

Kabul tarihi: 29 Haziran 2020

Yayımlanma tarihi 27 Ağustos 2020

### Anahtar kelimeler:

Temizoda,

Partikül,

Hijyenik Klima Santralleri,

Filtreler,

İlaç Üretim Tesisi,

Hastane

### Key Words:

Cleanroom

Particles

Hygienic Air Conditioning

Filters

Pharmaceutical Production

Hospital

### ÖZET

Çalışmanın amacı, temizoda ve ilgili bazı terimleri açıklamak, temizodaların tarihçesine ve gelişim sürecine değinmek, uygulama alanlarından olan ilaç üretim tesisi ve hastaneleri örnekler üzerinden ele almak, ISO 14644-1 standardına göre temizodalarda istenen kriterleri ve kontrol parametrelerini açıklamaktır.

Temizodaların yapısal özellikleri, hijyenik klima santralleri ile tasarlanan havalandırma sistemleri ve kullanılan filtreler, alanları kullanan personelin giysileri ve alanlara giriş-çıkış prosedürleri, kullanılan malzeme ve ekipmanlar ele alınmıştır. Çalışmamızda temizoda uygulamalarına örnek olarak bir ilaç üretim tesisi ve iki ayrı hastanede yapılan gözlemler ve edinilen bilgiler paylaşılmıştır.

Çalışmada son olarak elde edilen sonuçlara, alanları kullanan personellerin önerilerine ve edindiğimiz bilgiler ışığında kendi önerilerimize yer verilmiştir.

### ABSTRACT

The aim of the study is to explain the cleanroom and some related terms, to touch on the history and development process of the cleanrooms, to address the pharmaceutical production facilities and hospitals which are the application areas, to explain the criteria and control parameters required in the cleanroom according to ISO 14644-1 standard.

The structural features of the cleanrooms, the ventilation systems and filters designed with hygienic air handling units, the clothes of the personnel using the areas and the entry-exit procedures, the materials and equipment used. In this study, observations and information obtained from a pharmaceutical manufacturing plant and two separate hospitals were shared as examples of cleanroom applications.

Finally, the results of the study, the suggestions of the staff using the fields and our own recommendations in the light of the information we have provided.

### 1. Giriş

Gözle görülemeyecek kadar küçük mikroorganizmalar, partikül olarak adlandırılan çok küçük boyutlardaki parçacıklar ve gözle görülebilen boyutlarda olup, kontrolü daha önceleri mümkün olmayan partiküller enfeksiyona, ölümcül bir hastalığa ve bir canlının hayatını kaybetmesine sebep olabilmektedir.

Hipokrat (M.Ö. 460 - 377), hastalıkların topraktan çıkan kötü hava ile su, yıldız, rüzgarların ve mevsimlerin etkisiyle oluştuğuna inanmıştır. Bu öğretiye “miasma teorisi” denilmiş ve 1859 yılında Fransız Kimyager Louis Pasteur miasma teorisini çürütmek için yola çıkana kadar kendi etki alanında kabul görmüştür. Pasteur, sorunun kaynağının havanın kendisinin değil, havadaki toz parçacıkları olduğuna inanıyordu. Ona göre toz bakteri taşıyor, yiyecek ve içeceklerde bulunduğu onları tüketen herkesi hasta ediyordu. Nitekim günümüz teknolojisi ile bunu kesin bir

şekilde söyleyebilmekteyiz.

Bakteri taşıyabilen bu partiküller, bir canlının hayatını tehdit edebildiği gibi, temizoda kavramı gelişip diğer parametreler ile birlikte kontrol altında tutulmadığı bir koşulda ileri teknoloji ile inşa edilmiş bir savunma sanayii ürününün içerisindeki bir mikroçipin üretim kalitesini düşürerek yanlış çalışmasına sebep olup çok sayıda insanın hayatını da tehdit edebilir. Aynı şekilde kontrol altına alınamayan partiküller, marketten satın aldığımız paketli bir yiyeceğe veya eczaneden aldığımız bir ilaca karışarak sağlığımızı tehdit edebilir.

Bir otomobil boyanırken yüzeye yapışabilecek bir partikülün, boyama işleminin tekrarlanmasına ve dolayısıyla zaman, iş gücü ve maddi kaynak kaybına sebep olabileceği düşünüldüğünde bu küçük partiküllerin büyük çapta bir etki alanına sahip olduğu ve ilaç, otomotiv, gıda, medikal, elektronik, bilişim ve savunma sanayii gibi birçok sektörden yakından ilgilendirdiği anlaşılmaktadır.

\* Sorumlu yazar.

E-mail adresi: [furkan.yildirim@outlook.com.tr](mailto:furkan.yildirim@outlook.com.tr) (Furkan Yıldırım)

Tüm bu sebepler neticesinde hassas bir çalışma ortamında içerideki partikül sayısının, ortam sıcaklığının, bağıl nemin, hava değişim sayısının, ihtiyaca göre gürültü, titreşim gibi değerlerin kontrol altında tutulması ihtiyacı hasıl olmuş ve temizoda kavramı ortaya çıkmıştır.

Ortamdaki toz ve bakteri varlığının asgari düzeye indirilmesiyle enfeksiyon ve ölümlü vakaların sayısının belirgin bir şekilde azaldığı görülmüş ve bu bir nevi dönüm noktası olmuştur. Günümüzde teknolojinin ve buna bağlı olarak filtre ve havalandırma sistemlerinin gelişmesiyle temizodalar yüksek standartlara ulaşmıştır.

Temizodaların önemi, ilgili tüm sektörler tarafından anlaşılmiş ve benimsenmiş, başarılı uygulayıcıları tarafından faydaları tecrübe edilmiştir. İlgili Türk Standartları, dünya çapındaki gelişmeler yakından takip edilerek güncellenmektedir. İlaç üretim tesisleri ve hastaneler, ilgili ulusal ve uluslararası standartların yanında çeşitli kılavuzlar ve bunlar kaynak alınarak kendi bünyelerinde oluşturdukları talimatlarla temizoda uygulamaları süreçlerini kontrol altında tutmaktadırlar. İlgili bakanlıklar ve bunlara bağlı müdürlükler tarafından gerçekleştirilen denetimlerin yanında iç denetimlerle de uygulamalar yakından takip edilmektedir.

İlk olarak Çin'in Vuhan Eyaleti'nde 2019 yılı aralık ayının sonlarında solunum yolu belirtileri (ateş, öksürük, nefes darlığı) gelişen bir grup hastada yapılan araştırmalar sonucunda 13 Ocak 2020'de tanımlanan Yeni Koronavirüs (COVID-19), bugüne kadar dünya çapında 188 ülke/bölgede milyonlarca insana bulaşmış ve yüzbinlerce insanın hayatını kaybetmesine sebep olmuştur. COVID-19, hasta bireylerin öksürmeleri aksırmaları ile ortama saçılan damlacıkların solunması ile bulaşmaktadır. Hastaların solunum parçacıkları ile kirlenmiş yüzeylere dokunulduktan sonra ellerin yıkanmadan yüz, göz, burun veya ağza götürülmesi ile de virüs alınabilmektedir. Kirli ellerle göz, burun veya ağza temas etmek risklidir ("COVID-19 Map",2020; "COVID-19", 2020). Bu süreçte tedavi gören hastalar için izolasyon tedbirlerinin ve temizodaların taşıdıkları hayati önem çok daha belirgin bir hale gelmiştir.

COVID-19'un kısa bir zaman diliminde çok fazla insanı etkilemesi sebebiyle ABD ve Avrupa ülkelerinde hastane kapasiteleri yetersiz kalmış, hastalara koridorlarda, yer yataklarında hizmet verilmeye çalışılmıştır. Otel ve fuar alanları hastane olarak kullanılmış, bazı bölgelere sahra hastaneleri kurulmuştur. Üretimi ve temini çok basit görünen maske ve çeşitli kişisel koruyucu donanımlar dahi bu salgın döneminde yetersiz kalmış, krizlere sebep olmuştur. Bu dönemde birçok sağlık çalışması da hastalığa yakalanmıştır.

Ülkemiz bu süreçte son zamanlarda sağlık sektörüne ciddi yatırımlar yapmış olmasının faydasını görmektedir. Bazı ülkelerde bulunamayan maskeler ülkemizde vatandaşa ücretsiz olarak dağıtılmaktadır. Güncel teknolojiler ile inşa edilen hastanelerimiz, temizodaları ve fedakar sağlık çalışanlarımız ile salgından etkilenmiş hastalara hizmet vermektedir. Bu zor dönemde büyük bir özveri ile yoğun mesai harcayan ve süreci başarılı bir şekilde yürüten devlet büyüklerimiz, fedakar sağlık çalışanlarımız ve güvenlik güçlerimize vatandaş olarak bizler de bulaş riskini azaltmak için evlerimizde kalarak dualarımız ile destek vermekteyiz. Ülkemizde de COVID-19 salgını sebebiyle hastaneler inşa edilmektedir, lakin bu hastaneler sahra hastanesi statüsünde olmayıp, kalıcı bir şekilde salgın atlatıldıktan sonra da kullanılacak şekilde tasarım ve inşa edilmektedirler.

Salgın hastalıkların varlığı ve ne kadar tehlikeli olabileceği Yeni Koronavirüs (COVID-19) sebebiyle tüm dünyaca hatırlanmıştır. Bundan sonraki süreçte sağlık sektöründeki atılımlar büyük önem arz etmektedir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Temizoda Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

Temizodanın temiz bir oda olduğu açıktır. Bununla birlikte bir temizoda özel bir anlama sahiptir ve ISO 14644-1 standardında havadaki parçacıkların konsantrasyonunun kontrol edildiği ve en aza indirilecek şekilde inşa edilen ve kullanılan oda olarak tanımlanır. Odanın içindeki ve diğer ilgili parametrelerin, örneğin parçacıkların girmesi, üretilmesi ve tutulması, sıcaklık, nem ve basınç gerektiği gibi kontrol edilir. Temizodalarda ihtiyaca göre ayrıca ses, aydınlatma, titreşim gibi parametreler de kontrol edilebilmektedir fakat bu temizodalara has bir durum değildir (Whyte, 2001).

Bilim tarihinde mikrobun hastalık sebebi olarak keşfi 19. yüzyılda Fransız bilgin Pasteur'a izafe edilmekle birlikte, Akşemseddin'in maddetü'l-hayat (sağlığın sermayesi) isimli eseri kaynak gösterilerek mikrobun aslında 15. yüzyılda İslam bilgin ve hekimi olan Akşemseddin tarafından keşfedildiği iddia edilmektedir. Akşemseddin, eserinde şu ifadelerle yer vermiştir: "Hastalıkların insanlarda teker teker ortaya çıktığını sanmak hatalıdır. Hastalık insandan insana bulaşmak suretiyle geçer. Bu bulaşma gözle görülemeyecek kadar küçük, fakat canlı tohumlar aracılığı ile olur." Bu ifadelerle Akşemseddin, mikrobun tarifini yapmış ve hastalıkları gözle görülemeyen canlıların meydana getirdiğini dünyada ilk kez ve mikroskopun icadından önce öne sürmüştür ("Mikrobun asıl kaşifi", 2019).

Şimdiye kadar aksini iddia eden bir araştırma yapılmadığı için temizodaların tarihte ilk kez hastanelerde yer aldığını söyleyebiliriz. Joseph Lister, Louis Pasteur ve Robert Koch gibi bilim adamları bakterilerin enfeksiyon sebebi olduğunu keşfetmişlerdir (Dişli, 2011). Lister, kanalizasyonların dekontaminasyonunda karbolik asitin (fenol) kullanımı ile kokunun bastırılmasının yanında kanalizasyonun bastığı tarlalarda otlayan hayvanların da parazit enfeksiyonlarına yakalanmadığını görmüştür. Bu gözlemlerin üzerine Lister, 1865 yılında yaralarda da fenolü denemiş ve başarılı olmuştur. Bu denemelerden sonra fenol cerrahide de başarılı bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır ("Temizoda ve ilaç endüstrisi", 2018).

Hipokrat (MÖ. 460-377), hastalıkların topraktan çıkan kötü hava ile su, yıldız, rüzgarların ve mevsimlerin etkisiyle oluştuğuna inanmıştır. Bu öğretiye "miasma teorisi" denilmiş ve salgın hastalıkların yaygın olduğu dönemde bu teoriye inanan hekimler şekil 1.'de görülen ilginç maskeleri kullanmışlardır. Gaga biçimindeki bu maskenin içi kuru otlar, çiçekler ve baharatlar gibi sağlıklı olduğuna inanılan hoş kokulu maddelerle dolduruluyordu ("Temizoda ve ilaç endüstrisi", 2018).



Şekil 1. Salgın hastalıklardan korunmak için maske kullanan bir hekim ("Temizoda ve ilaç endüstrisi", 2018)

İngiltere'de çöplerin çoğu, şehrin ana su kaynakları olan

kuyulara veya Thames Nehri'ne dökülüyordu. Zamanın varlıklı insanların Thames Nehri'nden alınan su örneğine mikroskop ile baktıktan sonra dehşete kapılmaları resmedilmiştir (Şekil 2.). Londra halkı, su kaynaklarının kirlenmesi ile salgın hastalıkların sebebi olan kendi atıklarını yemeye ve içmeye başlamıştı. 1859 yılında Fransız Kimyager Louis Pasteur, Hipokrat'ın miasma teorisini çürütmek istemiş ve havanın kendisinin değil, havadaki toz parçacıklarının sorunun kaynağı olduğuna inanmıştır. Ona göre toz bakteri taşıyor, yiyecek ve içeceklerde bulunduğu onları tüketen herkesi hasta ediyordu ("Temizoda ve ilaç endüstrisi", 2018).

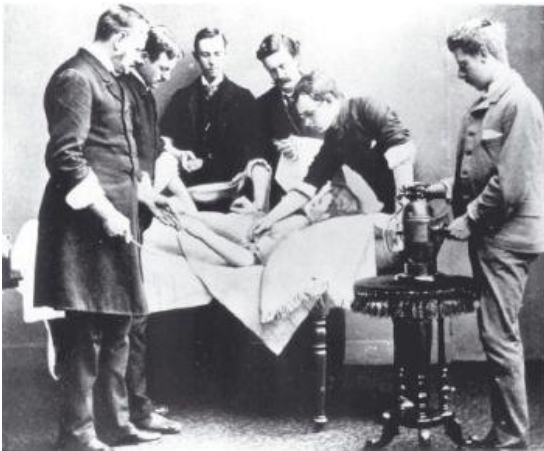


Şekil 2. Thames nehriinden alınan su numunesine bakan bir kadın ("Temizoda ve ilaç endüstrisi", 2018)

Hastanelerin bakterilerden arındırılması gerektiğini düşünen Joseph Lister (1827-1912) ise cerrahların ellerinde, cerrahi aletlerde ve yaraların üzerinde fenol kullanmış, toz parçacıklarına karşı önlem olarak da havaya fenol püskürtmüştür. Bu önlemlerle bakteri kaynaklı enfeksiyonlar önemli ölçüde azalmış ve bu çalışmalar temizodalar için bir temel oluşturmuştur (Whyte, 2001).

Hastane odalarındaki kirliliğin uzaklaştırılmasında hava akış biçiminin önemli olduğunu savunan Sir John Simon (1816-1904), bir yazısında hava akışının içeriden dışarıya doğru olması gerektiğini ve bunun yapay hava akışı sağlayabilecek bir sistem ile yapılabileceğini belirtmiştir (Hürtürk, 2000).

1889 yılında İskoçya Aberdeen Kraliyet Reviri'ndeki ameliyathanede Lister'in spreyi ile havaya fenol püskürtüldüğü görülmektedir (Şekil 3.) (Whyte, 2001).

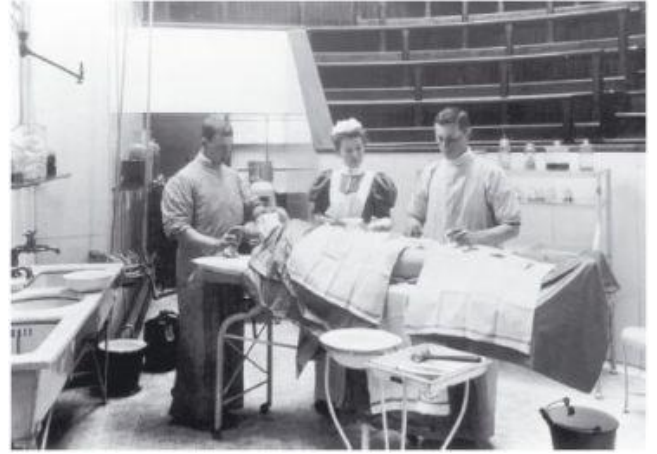


Şekil 3. Aberdeen Kraliyet Reviri (Whyte, 2001)

O zamanlar ameliyat kıyafeti olarak genellikle frak

giyiliyordu ve bu fraklar eski, kan ve iltihap bulaşmış halde idiler (Şekil 3.). Cerrahlar zaman zaman önlük veya elbise giymiş, fakat bunlar bakterilerden değil, kan ve iltihaptan korunmak için giyilmiştir (Whyte, 2001).

Edinburgh'daki Kraliyet Reviri'nde çekilen bir fotoğraf (Şekil 4.), zamanında modern bir temizodayı ve çalışanlarını göstermektedir (1890).



Şekil 4. Edinburgh Kraliyet Reviri (1890) (Whyte, 2001)

Cerrahların önlük giydikleri, eldiven, maske ve bone takmadıkları görülmektedir. Öğrencilerin, ameliyatları izleyebildikleri balkon bölümü de görülmektedir. İzleyicilerin de bakteri kaynağı olmasının o dönemde önemsenmediği anlaşılmaktadır. Ayrıca zeminin ahşap olduğu ve odada kirlilik kontrolü konusunda bunun gibi bazı zafiyetlerin olduğu görülmektedir (Whyte, 2001).

Beyin cerrahisinin babası olarak kabul edilen Sir William Macewen (1848-1924), Almanya ve ABD'deki diğer cerrahlar ile yaraya giren bakterileri öldürmekten önce orada bulunmalarını önlemeye yönelik aseptik teknikler geliştirmişlerdir. Bu süreçte aletlerin kaynatılmasına başlanmış, cerrah ve hemşirelerin ellerinin iyice temizlenerek bakterilerden arınması için yoğun çaba gösterilmiştir. 20. yüzyıla girildiğinde, cerrahi amaçla kullanılması için tasarlanan önlük, maske ve eldivenler kullanılmaya başlanmıştır. Bunlar ameliyat öncesinde, bugünkü kadar güçlü bir şekilde olmasa da buharla sterilize edilebiliyordu. Yapılan araştırma sonuçları ve keşifler doğrultusunda geliştirilen bu yöntemler temizoda uygulamalarının temelini oluşturmuştur (Whyte, 2001).

1950'lerin başında, Kuzey Carolina'daki Western Elektrik Şirketi, ürettiği jiroskopların tamamına yakınının hatalı olduğunu ve bunun nedeninin üretim alanındaki toz olduğunu tespit etmiştir. Üretim alanının tozdan arındırılması için üretim odasının inşa edilmesi gerektiğine karar verilmiş, bu mekan AC Corporation tarafından tasarlanmış ve inşası 1955'te tamamlanmıştır (Whyte, 2001).



Şekil 5. Western Elektrik'teki jiroskop üretim odası (Whyte, 2001)

Personel, sentetik kumaş giysiler giymekte ve giysilerini soyunma odasında değiştirmektedir. Malzemeler partikül oluşumunu en aza indirecek ve kolay temizlenebilecek türden seçilmiş, toz tutabilecek çatlak ve köşeler en aza indirilmiş, aydınlatma gömme olarak tasarlanmıştır. Odaya girmeye gerek kalmadan kullanılabilir pass through pencereler kullanılmıştır (Whyte, 2001).

## 2.2. ISO 14644-1 Standardı

Temizodalar için temel standart olan ve ilgili tüm endüstrileri kapsayan ISO 14644 standart serisinin 1. bölümü ISO 14644-1, ISO 14644-1:1999'un yerini alan, yayınlanan son versiyonu ISO 14644-1:2015, TSE'nin yapmakta olduğu Türkçeleştirme çalışmalarında "Temizodalar ve Bunlarla İlgili Kontrollü Ortamlar-Bölüm 1: Parçacık Derişimi İle Hava Temizliğinin Sınıflandırılması" ismi ile anılmaktadır.

Parçacık derişimine göre ISO hava temizliği sınıfları Tablo 1.'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Parçacık Derişimine Göre ISO Hava Temizliği Sınıfları

| ISO Sınıf Numarası (N) | Aşağıda gösterilen boyutlara eşit ve daha büyük olan parçacıklar için izin verilen maksimum konsantrasyonlar (parçacık/m <sup>3</sup> ) aşağıda gösterilmiştir. |        |        |          |         |        |
|------------------------|---|--------|--------|----------|---------|--------|
|                        | 0,1 µm  | 0,2 µm | 0,3 µm | 0,5 µm   | 1 µm    | 5 µm   |
| 1                      | 10  | -      | -      | -        | -       | -      |
| 2                      | 100   | 24     | -      | -        | -       | -      |
| 3                      | 1000  | 237    | 102    | 35       | -       | -      |
| 4                      | 10000   | 2370   | 1020   | 352      | 83      | -      |
| 5                      | 100000  | 23700  | 10200  | 3520     | 832     | -      |
| 6                      | 1000000   | 237000 | 102000 | 35200    | 8320    | 293    |
| 7                      | -   | -      | -      | 352000   | 83200   | 2930   |
| 8                      | -   | -      | -      | 3520000  | 832000  | 29300  |
| 9                      | -   | -      | -      | 35200000 | 8320000 | 293000 |

ISO 14644-1, hava hacmindeki parçacık derişimi bakımından hava temizliği sınıflarını belirler ve örnekleme yerlerinin seçimi de dahil olmak üzere temizlik sınıflarını belirlemek için standart test yöntemini tarif eder. Ölçümler için minimum örnekleme yeri sayısı tanımlanmıştır.

Standartta ayrıca ilgili terim ve tanımlara yer verilmiş, sınıflandırma kriterleri açıklanmıştır. Belirlenen hava temizliği (ISO sınıfı) gerekliliklerine uygunluğun gösterilmesi için yapılacak test ve ölçüm prosedürleri açıklanarak test raporlarının hangi bilgileri içermesi gerektiği ve ne şekilde oluşturulması gerektiği tarif edilmiştir.

Standartın eklerinde ise hava temizliğinin sınıflandırılması için referans yöntemi, sınıflandırma hesaplama örnekleri, parçacık sayısı ve boyutlandırılması, örnekleme prosedürü, parçacık büyüklüğü eşik değerlerinin belirlenmesi ve test araçlarına ilişkin bilgiler sunulmuştur.

## 2.3. Temizodaların Yapısal Özellikleri ve Kullanımı

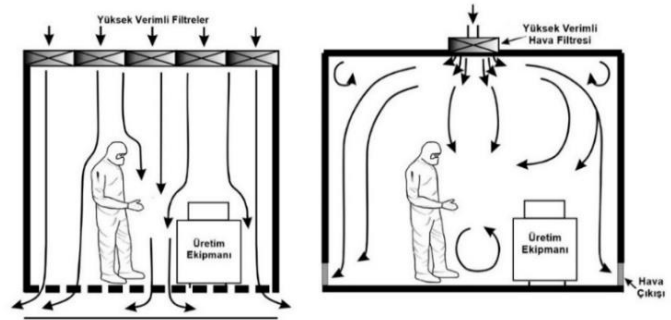
Bir temizoda inşa sürecinde gerekli tasarım standartları,

kullanılabilecek malzemeler ve temizodanın kullanım amacı göz önünde bulundurulmalıdır. İnşa aşamasından sonra uygunluk kontrolü için testler yapılmalıdır. Temizoda, kullanıma açıldıktan sonra sürekli olarak izlenmeli ve testlerle uygunluğu denetim altında tutulmalıdır. İşletme aşamasında ilgili prosedürlere uyularak temizoda içerisinde yapılan üretim ve/veya işlemlerin kirliliğe maruz kalmaması sağlanmalıdır. Temizodanın amacına hizmet edebilmesi için öncelikle doğru malzeme ve metotlar ile inşa edilmesi gerekmektedir (Whyte, 2001).

### 2.3.1. Havalandırma Sistemleri

Ortamdaki toz ve bakteri varlığının asgari düzeye indirilmesiyle enfeksiyon ve ölümlü vakaların sayısının belirgin bir şekilde azaldığının görülmesi bir nevi dönüm noktası olmuştur. Günümüzde havalandırma sistemleri ve filtrelerin gelişmesiyle temizodalar yüksek standartlara ulaşmıştır.

Temizoda uygulamalarında iki çeşit akım formu vardır. Bunlardan biri, ortama belirli bir değerin üzerinde hızda basılan havanın karışık akış oluşturması ile oluşan "tek yönlü olmayan hava akımı", diğeri ise ortama sabit hızda basılan havanın düz bir doğrultuyu takip ederek oluşturduğu tek yönlü hava akımıdır. Tek yönlü hava akımına sahip olan temizodalar tek yönlü olmayan hava akımının bulunduğu temizodalara nazaran yüksek temizlik düzeyi sağlar ve çok daha fazla miktarda hava kullanır (Whyte, 2001).



Şekil 6. Tek yönlü ve tek yönlü olmayan akım tipleri (Whyte, 2001)

Bu havalandırma sistemlerinde kullanılan filtreleri, "bir akışkandaki (sıvı veya hava) yabancı maddeleri süzüp ayıran alet veya aletlerden oluşan düzenek" olarak tanımlayabiliriz. Temizodalar için doğru filtrelerin seçilmesi, temizoda içerisindeki ekipmanların sağlıklı çalışması ve buralarda yapılan çalışmaların başarılı olmasında önemli bir etkidir.

### 2.3.2. Yapısal Özellikler

Temizodalar, partikül oluşturmayan ve kolayca temizlenebilen malzemelerden oluşmalıdır ve hava sızdırmayacak şekilde inşa edilmelidir. Toz birikimini azaltmak ve temizliği mümkün kılmak için ulaşılamayan alanları olmamalı, raf gibi elemanların izdüşüm alanları en aza indirilmelidir. İç yüzeyler pürüzsüz, gözeneksiz, tozuma ve toz tutmayan, mikrobiyolojik oluşumlara müsaade etmeyen, kimyasal salınım yapmayan, temizlik maddelerine karşı dayanıklı ve kolay temizlenebilen malzemelerden imal edilmiş olmalıdır. Ek ve birleşme yerleri minimum düzeyde tutulmalı, hava sızdırmazlığı sağlanmalıdır.

Yüzeylerin boyanması pek önerilmemekle birlikte özel boyalar kullanıldığında kabul edilebilir bir çözümdür. Boyaların ortama uçucu madde salınımı yapması ve kuruyunca kırılğan hale gelmeleri olumsuz özelliklerindedir.

Duvarlarda yapısal malzeme olarak paslanmaz çelik, kırılmaya dirençli cam, eloksallı alüminyum vb. kullanılabilir (Özkaynak, 1994).

Alanların büyük olması, ortamın kontrolünün zorlaşması, alan içerisinde farklı kirlilik seviyelerinin oluşabilmesi, partiküllerin tahliye süresinin uzaması gibi olumsuzluklara sebep olacağından, temizodaların ihtiyacı karşılayacak boyutlarda tasarlanması önemlidir (Çiçek, 2007).

Temizoda zemininde aşınmaya, çizilmeye, çatlamaya, kimyasal maddelere karşı dayanıklı malzemeler tercih edilmelidir. İstenen bu özellikleri sağladığı için epoksi zemin kaplaması bu alanlarda tercih edilebilmektedir, ihtiyaçlar ve maliyetler göz önünde bulundurularak vinil veya alüminyum malzeme de tercih edilebilmektedir. Havalandırma sistemi, emiş zeminden yapılacak şekilde tasarlandıysa zemin delikli inşa edilmektedir (Özkaynak, 1994).

Temizodaların tavanında filtreler, hava kanalı, sprinkler tesisatı, aydınlatma armatürleri gibi elemanlar bulunabildiği için tavan tasarımı duvar ve zeminlere göre daha karmaşıktır. İhtiyaç duyulması halinde tavanın içerisindeki tertibata müdahale edilmesine imkan verecek şekilde asma tavan malzemesi olarak çeşitli ebatlarda modüler elemanlar kullanılır. Bu elemanlar, temizodadaki diğer yüzeylerde olduğu gibi toz tutmayan ve toz oluşumuna sebep olmayan malzemelerden imal edilmiş olmalıdır. Ortamdaki hava akışından etkilenip yerlerinden oynamamaları için tavanın taşıyıcı karkasına sabitlenmelidirler.

Temizodaların dış duvarlarına genellikle pencere yapılmamaktadır. Bunun sebebi, pencerenin açılır tip olması durumunda kontrolü mümkün olmayacak bir kirlilik kaynağı olması, açılmaz tip olması durumunda ise sıcaklık farkı sebebiyle yoğuşma ihtimali, ısı kaybı / kazancı gibi hususlardır. İç duvarlarda yapılacak pencereler ise odaya girmeye gerek kalmadan içerideki çalışmaların gözlemlenebilmesini sağlar. Bu pencereler; açılmaz tipte, kenarlarının sızdırmazlığı sağlanmış ve üzerinde bulunduğu duvar ile girinti / çıkıntı yapmayacak şekilde (pass through pencere) imal edilmelidir (Whyte, 2001) , (Çiçek, 2007).

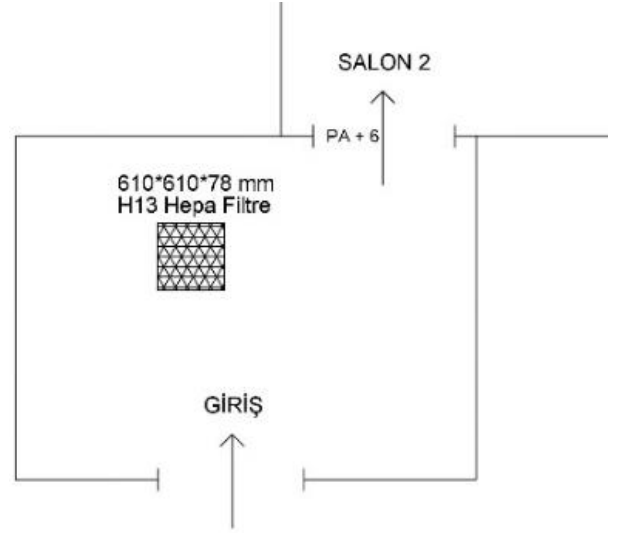


Şekil 7. Temizodada pencere örneği ("Windows for Terra", 2019)

Pencerede panjur kullanılacaksa, panjur kontrollü alanın dışında kalacak veya iki camın arasında olacak şekilde uygulanmalıdır.

Temizodaların, çevresindeki mahaller ile arasında mümkün olduğunca az sayıda geçiş noktası bulunmalıdır. Temizoda giriş-çıkışlarında (acil çıkış kapısı hariç), hava kilidi olarak adlandırılan ve iki kapıdan oluşan, HEPA filtre yardımıyla temiz hava sağlanan küçük odacıklar inşa edilmeli; giriş ve çıkış kapıları aynı anda açılmayacak düzende çalışmalı, iki kapıda da kapının arkasını görebilmek için pencere

bulunmalıdır. İhtiyaç halinde interkom tesisatı yapıp, temizodaya girmeden içerideki personel ile iletişim kurulması sağlanmalıdır.



Şekil 8. Bir ameliyat salonunun girişinde hava kilidi

## 2.4. Temizoda Kullanım Alanları

Temizodaların temeli sağlık sektörüne dayansa da günümüzde üretimde yüksek hassasiyet ve kalite gerektiren elektronik, yarıiletken, mikromekanik, optik, nanoteknoloji, biyoteknoloji, otomotiv, gıda, ilaç, medikal, bilişim endüstrisi ve savunma sanayii gibi alanlarda da kendine yer bulmaktadır. Temizodalara karşı artan bir talep olduğundan kullanım alanları da gün geçtikçe artmaktadır.

Elektronik, yarıiletken, mikromekanik, optik ve nanoteknoloji endüstrileri toz partiküllerinin problem olduğu endüstrilerdir ve bunların mikrometre boyutundaki varlığı bile üretilen ürünün çalışmasını engelleyebilmekte veya kullanım ömrünü kısaltabilmektedir (Whyte, 2001).

Sağlık endüstrisi, temizodaların büyük bir kullanıcısıdır; çünkü mikroorganizmalar veya kir, hastalara sağlık endüstrisi ürünleri yoluyla enjekte edilmemeli veya hastalara verilmemelidir. Hastane ameliyat odaları ayrıca yara enfeksiyonunu en aza indirmek için temizoda teknolojisini kullanır (Whyte, 2001).

### 2.4.1. İlaç Üretim Tesislerinde Temizodalar

Sanofi Türkiye'nin, ziyaret talebimize olumlu yanıt verip bizi Lüleburgaz'daki ilaç üretim tesislerine davet etmeleri üzerine bir ilaç üretim tesisindeki temizoda uygulamalarını gözlemlene bulduk.

Sanofi Türkiye 1600'ün üzerinde çalışanı ile 16 tedavi alanında 139 farklı tip ürün ile hizmet vermektedir ve ülkemizin en büyük 2. ilaç firmasıdır. İlaç Ar-Ge'sinde 1. sırada yer almakta olup 50 Ar-Ge çalışanı bulunmaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Ar-Ge Merkezleri Endeksinde 2014 verilerine göre 165 merkez içerisinde 3üncü, ilaç Ar-Ge merkezleri arasında 1. ilan edilmiştir. Bayer Türkiye'nin İstanbul'daki fabrikasını kapatmasıyla burada üretime alınan 100 milyon kutu/yıl ilaç üretimi miktarı ile birlikte toplamda 390 milyon kutu/yıl ilaç üretim kapasitesine sahip olmasıyla Türkiye'nin en yüksek üretim kapasitesine sahip ilaç üretim tesisi olma özelliğini kazanmıştır.

Bu üretim tesisinde dört ayrı temizlik sınıfında temizodalar bulunmaktadır ve bunlar ISO 4.8, ISO 5, ISO 7 ve ISO 8 sınıflarına tekabül etmektedir. Markanın, ilgili standartları da referans olarak kendi bünyesinde hazırladığı dokümanlar ile

temizoda sınıflarına göre fiziksel ve mikrobiyolojik kontrol parametreleri belirlenmiştir. Fiziksel kontrollerde temizodanın durağan ve çalışır durumda, farklı boyutlardaki partiküllerin birim hacimde izin verilen azami sayıları, temizodaların onları çevreleyen diğer alanlar ile arasındaki basınç farkları, tek yönlü hava akımında hava akış hızı, bir saatteki hava değişimi sayısı, sıcaklık ve nem değerleri verilmiştir. Mikrobiyolojik kontrollerde ise durağan ve çalışır durumda, birim hacimde, temas plakalarında, personel kıyafetleri ve eldivenlerde izin verilen azami koloni oluşturan birim sayıları verilmiştir.

İnceleme yaptığımız üretim tesisinde temizodalardaki partikül sayısı, odalar arası basınç farkları, hava akış hızı, sıcaklık ve nem gibi parametreler de bilgisayar sistemleri ile takip edilebilmektedir.

Üretim alanlarına girişte soyunma odasında bone, maske, üst kıyafet ve mavi galoş giydik. İlaç dolumu, etiketleme ve paketleme proseslerini ve çeşitli partikül sayım cihazlarını gözlemledik. Temizodalarda havanın akış yönünü ve hareket doğrultusunu gözlemek için duman jeneratörleri kullanılmaktadır. Temizodalarda çeşitli amaçlara hizmet eden birçok makine ve ekipman bulunmaktadır, alanlarda kullanılacak eldivenlerin delik olup olmadığını kontrol için dahi cihazlar bulunmaktadır.

Tesisin işleyiş ve kontrollerinde ISO Standartları, TSE Standartları ve GMP Kılavuzları referans alınmaktadır.

#### 2.4.2. Hastanelerde Temizodalar

Hastanelerdeki temizoda uygulamalarını yerinde görmek üzere altı farklı hastane belirledik. Çalışmamızın konusu ve amacını açıklayan bir rapor ile T.C. İstanbul Valiliği İstanbul İl Sağlık Müdürlüğü'ne başvurumuzu yaptık. İl Sağlık Müdürlüğü'nün, hastanelerle yazışmaları neticesinde altı hastaneden iki tanesi talebimize olumlu yanıt verdiler. Gözlem yaptığımız hastaneleri A ve B hastaneleri olarak isimlendirdik. Çoğunlukla A hastanesindeki gözlemlerimizi sizlere aktaracağız.

A hastanesinde teknik kontroller klima teknisyeni, klima teknikeri, makine mühendisi, elektrik teknisyeninden oluşan dört kişilik bir ekip tarafından yapılmaktadır. Teknik cihaz ve ekipmanların bakımları, yapılan yıllık bakım sözleşmeleri kapsamında yetkili firmalar vasıtasıyla ve standartlar gereği altı aylık periyotlarla gerçekleştirilmektedir.

Klima santrallerinde kullanılan H13 sınıfı HEPA filtreler altı ayda bir değiştirilmektedir.

Hastane bünyesindeki ekipçe yapılan denetimlerin haricinde, Sağlık Bakanlığı ve İstanbul İl Sağlık Müdürlüğü ekipleri tarafından periyodik kontrol ve denetimler yapılmaktadır. Hastane bünyesinde yapılan tüm iş ve işlemler, ilgili ulusal ve uluslararası standartlar ve hastanenin kalite yönetim birimi tarafından oluşturulan işleyiş prosedürü ve talimatlara göre yapılmaktadır.

Tüm ameliyat salonlarında sıcaklık, nem, basınç vb. değerler düzenli olarak takip edilmektedir. Salonların sıcaklığı geniş bir aralıkta ayarlanabilmekle birlikte genellikle 20–23 °C arasındadır. Protez ve implant uygulamalarında ortam sıcaklığı 17–18 °C ye kadar düşebilmektedir. Hastanın durumuna göre de ameliyat salonunun sıcaklığına müdahale edilebilmektedir, çocuk hastalarda salonun sıcaklığı yetişkinlere kıyasla biraz daha yüksek ayarlanmaktadır.

Ameliyathanede görev alan tüm personel, içeriye girişin ilk aşaması olarak ilgili talimatlar doğrultusunda sivil kıyafetlerini soyunma odalarında değiştirip, terlik, maske, bone ve ameliyat giysilerini giymektedirler, ameliyathaneden çıktıklarında ise bunları kirli alandaki kutulara atmaktadırlar. (Şekil 9.)



Şekil 9. Soyunma odası ve kirli kova

Hekim ve hemşireler salona girmeden önce talimatlar doğrultusunda cerrahi el yıkama ünitelerinde ellerini yıkamaktadırlar. Yıkama işleminden sonra steril boks gömleği, prosedürüne uygun şekilde giyilip kapalı yöntem ile cerrahi eldiven giyilerek cerrahi işleme hazır hale gelmektedir.



Şekil 10. Cerrahi el yıkama üniteleri

Ameliyathane kontrol panosu ile medikal gazlar, sıcaklık, nem ve basınç değerleri, aydınlatma durumu kontrol edilebilmektedir. Müzik yayını yapabilmekte ve dışarıyla iletişim için eller serbest dahili telefon bulundurmaktadır. Sıcaklık, nem, oda basıncı ve filtre kirlilik düzeyi için limit değerler aşıldığında sesli ve görsel ikazda bulunmaktadır. Kontrol panosu üzerinden debi, damper, UV (ultraviyole) lamba, gaz tahliye, elektrikli ısıtıcı ve klima kontrollerinin yapılmasına imkan sağlamaktadır.

A hastanesinde, 4 tanesi tek yönlü hava akışlı olmak üzere toplam 9 ameliyat salonu bulunmaktadır. Özellikle beyin cerrahi ve ortopedi operasyonlarında enfeksiyon riski yüksek olduğundan, bunlar tek yönlü hava akımı olan salonlarda gerçekleştirilmektedir.

Ameliyat salonlarında ilk dikkat çeken mimari detay, duvarların ve tavanın bir bütün olarak kubbe şeklinde tasarlanmış olması ve bu sayede toz birikiminin önüne geçilmesidir. Salonda bulunan tek kenar, bu kubbemsi yapı ile

zeminin birleştiği kenardır. (Şekil 11.)



Şekil 11. A hastanesinde bulunan bir ameliyat salonu

Tek yönlü hava akımına sahip bir ameliyat salonu şekil 11.'de görülmektedir, tavan kısmına bakıldığında tek yönlü hava akış ünitesi ve aydınlatma armatürlerinin, herhangi bir girinti/çıkıntı yapmayacak şekilde tavan ile hemyüz olduğu görülmektedir, bu detay da toz birikiminin önüne geçmek için yapılan bir uygulamadır.

Ameliyat salonunun fotoğrafında da görülebilen ameliyat lambası, mikrop kırıcı UV armatür ve emiş menfezi şekil 12.'de yakından gösterilmiştir.



Şekil 12. Ameliyat lambası, UV armatür ve emiş menfezi detayı

Tüm ameliyat salonlarını besleyen hijyenik havalandırma sisteminin mühendislik tasarımında basma hava debisi ile emme hava debisi oranı %45 – 50 olacak şekilde tasarlandığı görülmüştür. Ameliyat salonları hacmi ile orantılı olarak her bir salonun havası saatte yirmi kez ve üzeri değişmektedir.

3 No.lu ameliyat salonu yaklaşık 45 m<sup>2</sup> alana ve 136 m<sup>3</sup> hacme sahiptir. Havalandırma sisteminde H13 sınıfı HEPA filtreler kullanılmıştır. Basma hava debisi 3400 m<sup>3</sup>/sa, emme hava debisi ise 1700 m<sup>3</sup>/sa civarındadır. Ameliyat salonunun giriş kısmında hava kilidi bulunmaktadır, bu kısımda da HEPA filtre bulunmakta olup ameliyat salonu ile arasında +5 Pa basınç farkı vardır. Daha önce salonda yapılmış bir ölçümde sıcaklık 19,3 °C, bağıl nem ise % 43,3 olarak ölçülmüştür. Partikül ölçümleri salonun 5 farklı noktasından yapılmış olup partikül ölçümleri, hava hız ve debileri, sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri, negatif/pozitif fark basınçlarının dışında HEPA filtre sızdırmazlık testleri de yapılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde ameliyat salonu ISO Class 7 dahilinde olduğu tespit edilmiştir.

Hastane bünyesindeki tüm birimler yaptıkları iş ve işlemlerde, ilgili ulusal ve uluslararası standartları, kılavuzları, hastane bünyesinde oluşturulan işleyiş prosedürü ve talimatları referans almaktadırlar, çalışmalar modern ekipman ve cihazlar kullanılarak yürütülmektedir. Her birim için çok detaylı yazılı talimatlar bulunmakta olup bunların hepsini sizlere aktarmak mümkün olmayacaktır.

A ve B hastanelerinde ameliyat salonlarındaki gezimiz esnasında duvarların muhtelif yerlerinde ekipman ve/veya sedyelerin çarpması ile meydana geldiğini düşündüğümüz ufak zedelenmeler dikkatimizi çekmiştir. Duvarlardaki bu zedelenmeler, uzun vadede mikroorganizma üreyebilecek bir ortam oluşturmanın yanında sıvanın tozuyarak ortamın hava kalitesinin düşmesine ve partikül sayısının kontrol edilmesinin güçleşmesine sebep olabilecektir. Ayrıca B hastanesindeki ameliyat salonlarında bazı hava emiş menfezlerinin önlerinin muhtelif ekipmanlarla kapatılmış olduğu gözlemledik. Bütün ekipmanların doğru bir şekilde çalıştığı kabulü ile tasarlanan havalandırma sistemlerinin, hava akışını bozacak bu tip yanlış uygulamalar sebebiyle tasarlandıkları şekilde doğru çalışmaları mümkün olmayacaktır. Söz konusu insan sağlığı olunca bunun hayati bir yanlış olduğu ortadadır.

A hastanesinin yenidoğan yoğun bakım ünitesinde sorumlu hemşire ile yaptığımız görüşmede, yeni inşa edilen bir hastane olmasına rağmen fiziki imkanların pek yeterli olmadığı, bu düzeyde bir ünitenin daha büyük alanlara, daha çok kuvüze ihtiyacı olduğu bilgisini aldık. Alanlar tasarlanırken hastane mimarisine hakim teknik personellerin alanları kullanan hastane personelleri ile iletişim halinde olmalarının daha faydalı olacağını belirttiler. Hastane açıldıktan sonra ünite iki kez tadilat işlemi yapıldığını, bu işlemler öncesinde veya işlemler esnasında kendileri ile fikir alışverişi yapılmadığı bilgisini aldık.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmanın amacı, temizoda ve bazı ilgili kavramları açıklamak, temizodaların tarihçesine değinmek, ilaç üretim tesisi ve hastanelerdeki uygulamaları yerinde görüp temizoda uygulamaları konusunda mevcut durumu aktarmaktır.

İlgili ISO 14644-1 standardı da referans alınarak temizoda ve ilgili kavramlar açıklanmış, örnekler üzerinden bu alanlardaki iş ve işlemlerin yürütülmesinde yol gösterici olan işleyiş prosedürü ve talimatlardan bölümler sunulmuştur.

Bu çalışma için yabancı menşeli bir markanın, ülkemizdeki ilaç üretim tesisinde ve iki farklı devlet hastanesinde gözlemler yapılmış, ilgili yöneticiler ve alanları kullanan personeller ile görüşülmüştür. Bu görüşmeler ile hem işleyiş prosedürleri hakkında bilgi alınmış hem de özellikle hastanelerde alanları bizzat kullanan personellerin görüşleri ve mevcut imkanların haricindeki istekleri sorulmuştur. Hastane personelleri, temizoda kapsamındaki alanların tasarım ve inşa sürecinde görev alan teknik insanların alanları bizzat kullanacak hastane personelleri ile istişare etmesinin, ihtiyaçlarının tam olarak anlaşılmasının çok önemli olduğunu dile getirmişlerdir.

Alanların fiziksel özellikleri ve ilgili ISO standardına göre hangi temizlik sınıfında oldukları aktarılmıştır. Kontrol parametreleri açıklanmış olup örnek üzerinden ilgili değerler paylaşılmıştır.

6 No.lu ameliyat salonunda daha önce yapılan bir partikül sayımı sonucu ile alanın ISO Sınıf 7 kapsamında olduğu görülmüştür. Ölçümler 1 ft<sup>3</sup> te bulunan 0,3, 0,5 ve 5 mikron ebatlarındaki partikülleri göstermektedir (Tablo 2.).

Başlangıç Zamanı: 2018-08-05 21:00:15  
Bitiş Zamanı: 2018-08-05 21:01:42

| Tarih ve Saat |          | Ölçüm Noktası | Örnekleme Süresi (sn.) | 0.3 µm | 0.5 µm | 5 µm |
|---------------|----------|---------------|------------------------|--------|--------|------|
| 2018-08-05    | 21:00:15 | A             | 10                     | 20600  | 1380   | 120  |
| 2018-08-05    | 21:00:36 | B             | 10                     | 32500  | 2100   | 60   |
| 2018-08-05    | 21:00:59 | C             | 10                     | 20100  | 1320   | 240  |
| 2018-08-05    | 21:01:19 | D             | 10                     | 15400  | 1740   | 60   |
| 2018-08-05    | 21:01:42 | E             | 10                     | 28500  | 2100   | 60   |

**Tablo 2.** Elde Taşınabilir LPC (Laser Particle Counter/Lazer Parçacık Sayıcı) Veri Alma Yazılımı Raporu

Hastanelerde bazı aksaklıklar dikkat çekmiştir, alanlardaki yoğun trafik sebebiyle de oluşmuş olabileceğini tahmin ettiğimiz durumlar, ameliyathane duvarlarında bazı ufak zedelenmeler ve bazı hava emiş menfezlerinin önünün kapatılmasıdır. Duvarlardaki bu zedelenmeler, alttaki alçı ve türevi malzemelerin tozuma yaparak alanlardaki kirlilik kontrolünün güçleşmesine sebep olabilecektir. Bazı hava emiş menfezlerinin önünün muhtelif ekipmanlar ile kapatılmış olması ise çok daha ciddi bir problem olup havalandırma sisteminin tasarlandığı şekilde çalışmamasına sebep olacaktır.

#### 4. Sonuç

Temizodalar, mimari projelendirme aşaması ile başlayıp tesisin tamamlanmasından sonra uygunluk testleri ile kullanıma hazır hale getirilene kadar geçen süreçte ilgili tüm hususlar dikkate alınarak oluşturulmaktadır.

Bir hastane, tasarım aşamasında iken hastane personelleri ile fikir alışverişi yapıp, hastanenin inşa edildiği bölgenin demografik yapısı ve ihtiyaçları da değerlendirildiği takdirde, alanların kullanıma açılmasından sonra gündeme gelebilecek tadilat durumlarının sayısının da azalacağını düşünmekteyiz. Tadilat gerektiren durumlarda, alanlar boş iken gerekli tamiratların ivedilikle yapılması ve tamiratlar sonrasında temizlik işlemlerinin yapılarak herhangi bir kalıntı bırakılmaması sağlanmalıdır.

Hava emiş menfezlerinin önünün kapatılması gibi hava akışını bozacak durumlar sebebiyle kirlilik kontrolü güçleşecektir. Söz konusu insan sağlığı olunca bunun hayati bir yanlış olduğu ortadadır.

Yeni Koronavirüs (COVID-19)'e yakalanan ve bu süreçte tedavi gören hastalar için izolasyon tedbirlerinin ve temizodaların taşıdıkları hayati önem çok daha belirgin bir hale gelmiştir. Salgın hastalıkların varlığı ve ne kadar tehlikeli olabileceği tüm dünyaca bir kez daha hatırlanmıştır. Bundan sonraki süreçte sağlık sektöründeki atılımlar büyük önem arz etmektedir.

Temizodaların tasarımı, inşası ve kullanımında referans alınan standartlar ve alanları kullanan firma veya kuruluşların kendi bünyelerinde oluşturdukları yazılı talimat ve işleyiş prosedürleri, çağın ihtiyaçlarına ve teknolojik gelişmelere göre şekillenmekte ve yenilenmektedir. Bu standartlar ile denetim altında tutulacak temizodalar sürekli daha iyiye giderek, ihtiyaçları doğrultusunda insanoğluna hizmet vermeye devam edecektir.

#### Kaynaklar

- COVID-19 Map. (2020, 15 Mayıs). Erişim adresi: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
- COVID-19 (Yeni Koronavirüs Hastalığı) Nedir?. (2020, 20 Nisan). Erişim adresi: <https://covid19bilgi.saglik.gov.tr/tr/covid-19-yeni-koronavirus-hastaligi-nedir>
- Çiçek, E. (2007). Endüstriyel temiz oda tasarımı ve bir ilaç üretim tesisinde uygulaması (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 297 s.
- Dişli, E. (2011). Temiz oda iklimlendirme sistemi tasarımına etki eden parametrelerin teorik olarak incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, Türkiye, 94 s.
- Hürtürk, Ş. (2000). Temiz Oda Tasarımı ve Bir Ameliyathaneye Uygulanarak Projelendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 161 s.
- Özkaynak, F.T. (1994). Temiz oda tasarımı ve klima sistemleri. Tetisan A.Ş. Teknik Yayınları, İstanbul.
- Whyte, W., (2001). Cleanroom Technology: Fundamentals of Design, Testing and Operation, (1st ed.). The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- Temizoda ve ilaç endüstrisi. (2018, 19 Ekim). Erişim adresi: <https://www.gmpegitimi.com/>
- Mikrobun Asıl Kaşifi: Akşemsettin. (2019, 25 Kasım). Erişim adresi: <http://gencdergisi.com/2818-mikrobun-asil-kasifi-aksemsettin.html>
- Windows for Terra BioSafe® Cleanrooms. (2019, 25 Kasım). Erişim adresi: <https://www.terrauniversal.com/biosafe-cleanroom-windows-for-modular-cleanrooms.html>