



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Covid-19 sürecinde mevcut hastanelerde mekanik sistemlerinde alınması gereken önlemler ve tecrübeler

Precautions to be taken and experiences in mechanical systems in existing hospitals under Covid-19

Yazarlar (Authors): M. Zeki YILMAZOĞLU¹, Ahmet DEMİRCAN²

ORCID¹: 0000-0001-7874-768X

ORCID²: 0000-0002-7993-8098

To cite to this article: Yılmazoğlu M.Z., Demican A., “Covid-19 sürecinde mevcut hastanelerde mekanik sistemlerinde alınması gereken önlemler ve tecrübeler”, *Journal of Polytechnic*, 26(1): 93-106, (2023).

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz: Yılmazoğlu M.Z., Demican A., “Covid-19 sürecinde mevcut hastanelerde mekanik sistemlerinde alınması gereken önlemler ve tecrübeler”, *Politeknik Dergisi*, 26(1): 93-106, (2023).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.860401

Covid-19 Sürecinde Mevcut Hastanelerde Mekanik Sistemlerinde Alınması Gereken Önlemler Ve Tecrübeler

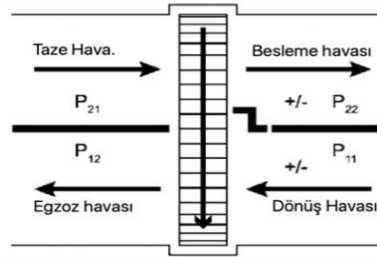
Precautions To Be Taken and Experiences in Mechanical Systems in Existing Hospitals Under Covid-19

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Mevcut hastanelerde mekanik tesisatta alınması gereken tedbirler belirtilmiştir. / Measures to be taken in mechanical installations in existing hospitals are stated.
- ❖ Modifiye edilmiş Wells-Riley denklemine göre hastanedeki alanlarda risk analizi yapılmıştır. / Risk analysis was performed in hospital areas according to the modified Wells-Riley equation.
- ❖ Mekanik havalandırmanın olmadığı hasta odalarında risk %31 olarak hesaplanmıştır. / The risk is calculated as 31% in patient rooms without mechanical ventilation.
- ❖ Riski azaltmak için havalandırmanın olmadığı mahallerde taşınabilir, HEPA filtreli, UV-C lambalı cihazların kullanılması önerilmiştir. / To reduce the risk, it is recommended to use portable, HEPA filtered, UV-C lamp devices in places where there is no ventilation.
- ❖ Virüsü kaynağında kontrol etmek için hasta başı seviyesinden egzoz yapılması önerilmiştir. / To control the virus at its source, it has been suggested to exhaust from the bedside level.

Grafik Özet (Graphical Abstract)

İklimlendirme sistemlerinde ısı geri kazanım uygulamasında basınç ilişkileri gösterilmiştir. / Pressure relations are shown in the heat recovery application in air conditioning systems.



Şekil. Atık ısı geri kazanım sisteminde basınçlandırma /**Figure.** Pressurization in the waste heat recovery system

Amaç (Aim)

Mevcut hastanelerde mekanik tesisatta alınması gereken önlemler özetlenmiştir. / The precautions to be taken in the mechanical installation in the current hospitals are summarized.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Çapraz bulaşın önlenmesi için negatif basınçlandırma örnekle açıklanmıştır. / Negative pressurization is explained by example to prevent cross contamination.

Özgünlük (Originality)

Mevcut hastanelerin mekanik sistemlerinde alınması gereken önlemler örnek uygulamalarla açıklanmıştır. / The precautions to be taken in the mechanical systems of existing hospitals are explained with sample applications.

Bulgular (Findings)

Mekanik havalandırma olmayan hasta odaları en yüksek riskli alanlar olarak bulunmuştur. / Patient rooms without mechanical ventilation were found to be the highest risk areas.

Sonuç (Conclusion)

Hastanelerde bulaşın önlenmesi için tesisat sistemlerinde alınması gereken önlemler uygulamalarla açıklanmıştır. / To prevent infection in hospitals, the precautions to be taken in mechanical systems are explained with applications.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The authors of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Covid-19 Sürecinde Mevcut Hastanelerde Mekanik Sistemlerinde Alınması Gereken Önlemler ve Tecrübeler

Araştırma Makalesi / Research Article

M. Zeki YILMAZOĞLU^{1*}, Ahmet DEMİRCAN²

¹Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

²Tıp Fakültesi, Acil Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 13.01.2021 ; Kabul/Accepted : 14.08.2021 ; Erken Görünüm/Early View : 20.09.2021)

ÖZ

SARS-CoV-2 (Covid-19) pandemisi hız kesmeden devam etmekte ve her geçen gün artan vaka sayıları ile karşılaşmaktayız. Bu süreçte bulaş riskinin kapalı alanlarda olması özellikle bu alanlardaki iklimlendirme sistemlerine dikkat çekmiştir. Mevcut durumda virüse karşı elimizdeki en iyi silahlar maske, fiziksel mesafe ve hijyendir. Ancak, kapalı alanlarda havalandırma ve iklimlendirme sistemleri ile bulaş riskinin azaltılması söz konusudur. Virüsün boyutları dikkate alındığında filtrasyon ve de UV-C lambaların kullanımı ve kapalı alandaki taze hava debisinin artırılması virüsün bulaş riskini oldukça azalttığını göstermiştir. Hastaneler, doğası gereği virüs yükünün en yoğun olduğu binalardır. Her ne kadar hastane içindeki mahallerin merkezi bir iklimlendirme sistemi olsa da bu süreçte bazı tedbirlerin alınması ve pandemi senaryoları düşünülmeden tasarlanmış olan bu cihazların da bulaş riskini minimize edecek biçimde çalıştırılması gerekmektedir. Özellikle negatif basınçlı odalar için geçici çözümler, yoğun bakımlarda basınçlandırmanın nasıl sağlanabileceği, klima santrallerinde alınabilecek önlemler, tesisat sisteminde dikkat edilmesi gereken konular vb. birçok önlem bu çalışmada ele alınmıştır. Ek olarak, pandemi senaryosuna göre çalıştırılması düşünülen bir yoğun bakım ünitesinde egzoz menfezinin gerektiğinde hastanın başının arkasına nasıl alınabileceği ile ilgili tasarım detayları da ele alınmıştır. Kapalı bir alanda Covid-19 enfeksiyon riski hesaplama aracının örnekler ile gösterimi de verilmiştir. UV-C sistemlerin uygulanmasında dikkat edilmesi gereken hususlar belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: SARS-CoV-2, Covid-19, Risk hesaplama, Yoğun bakım, Wells Riley, UV-C.

Precautions To Be Taken And Experiences in Mechanical Systems in Existing Hospitals Under Covid-19

ABSTRACT

The SARS-CoV-2 (Covid-19) pandemic continues without slowing down, and we are encountering an increasing number of cases every day. Within this period, the risk of contamination in closed areas has drawn attention especially to the air conditioning systems in these areas. In the current situation, the best weapons we have against the virus are mask, physical distance, and hygiene. However, it is possible to reduce the risk of contamination with ventilation and air conditioning systems in closed areas. Considering the size of the virus, filtration and the use of UV-C lamps and increasing the fresh air flow in the indoor area have shown that the risk of transmission of the virus is significantly reduced. Hospitals are the buildings where the virus load is the most intense by its nature. Although the spaces in the hospital have a central air conditioning system, some measures should be taken within this period and these devices, which were designed without considering pandemic scenarios, should be operated in a way to minimize the risk of contamination. Especially temporary solutions for negative pressure rooms, how to provide pressurization in intensive care units, measures that can be taken in air handling units, issues to be considered in the HVAC system, etc. many measures are discussed in this study. In addition, the design details of how the exhaust vent can be taken behind the patient's head when necessary in an intensive care unit that is planned to be operated according to the pandemic scenario are discussed. A demonstration of the Covid-19 infection risk calculation tool with examples in a closed area is also given. The points to be considered in the application of UV-C systems are specified.

Keywords: SARS-CoV-2, Covid-19, Risk calculation, Intensive care, Wells-Riley, UV-C.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İçinde bulunduğumuz SARS-CoV-2 (COVID-19) salgını sürecinde, virüs hakkında her gün ortaya yeni çıkan bilgiler ışığında virüsün bulaş yollarını dikkate alarak

çeşitli önlemler alınmaktadır. Temas ve hava yoluyla bulaş riski nedeni ile fiziksel mesafe ve maske kavramları hayatlarımıza girmiştir. Virüsün damlacıklar yoluyla bulaş riski, ortamın bağıl nemi ve mahalde hava hareketi nedeni ile hava yoluyla bulaş riskini de ortaya çıkarmaktadır. Özellikle hava yoluyla taşınan hastalıklarda çapraz bulaşma riskinin en aza indirilmesi

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta : zekiyilmazoglu@gazi.edu.tr

için kaynakta kontrol edebilme büyük önem taşımaktadır. Kaynakta kontrol amacıyla, enfekte olmuş kişilerden sağlık çalışanlarını korumak adına çeşitli havalandırma stratejileri devreye alınmıştır. Kuluçka süresi 5-7 gün arasında olan ve hastalığı hafif semptomlarla geçiren ancak bulaştırıcı olan kişilerden enfekte olmamış özellikle risk grubunda bulunan kişileri (65 yaş üstü, alt hastalığı olanlar vb.) korumak adına EVDE KAL çağırısı uygulanmıştır.

Temas yoluyla bulaş, doğrudan (dokunma, oral sekresyonlarla temas, cilt lezyonları, kan nakli vb.) ya da dolaylı (kontamine yüzey) olarak meydana gelmektedir. Hava yoluyla bulaş ise enfekte kişiden saçılan damlacıklar ve virüsün havada asılı kalarak özellikle kapalı ortamda bulunan diğer kişileri enfekte etmesiyle meydana gelmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) her ne kadar salgının ilk aylarında havada asılı kalma ile bulaş riskini dikkate almayıp yalnızca enfekte kişiden saçılan partiküllerle bulaş olduğunu belirtmiş olsa da özellikle iklimlendirme sistemleri açısından bu ikinci bulaş yolu ele alınmalıdır. 32 farklı ülkeden 239 araştırmacının imzasıyla (Morawska ve Milton, 2020) bu ikinci bulaş riskine dikkat çekmişlerdir ve sonrasında WHO bu bulaş yolunu da kabul etmiştir. Mikropartiküllerin özellikle resirküle cihazların kullanıldığı kapalı ortamlarda yüksek hızlarla daha fazla mesafelere taşınabileceği ortadadır. Bu riskin minimize edilmesi amacıyla bina türünden bağımsız olarak havalandırmanın artırılması, yüksek tutma kapasitesine sahip filtreleme ve ultraviyole lambaların kullanımı ve özellikle toplu taşıma ya da ortak kullanım alanlarında kalabalıkta bulunmama önlemleri önerilmiştir. Buna karşın, Faridi vd. (2020), virüsün hava yoluyla yayılımı için İran'da bir yoğun bakım alanında hava numuneleri ile testler yapmışlardır ve hasta yataklarının 2 m uzağından alınan numunelerin hepsi negatif çıkmıştır. Ancak, enfeksiyonların hemen hepsinin kapalı alanlarda olduğu durumu göz önüne alırsa hava yoluyla bulaş riski de somut kanıtlar olmasa da dikkate alınması gereken risklerin başında gelmektedir. Güney Kore ve Almanya'da okulların açılmasının ardından artan vaka sayıları ile okulların tekrar kapatılması bu virüsün özellikle kapalı alanlarda hava yoluyla bulaştığının en önemli mesneti olmaktadır.

Pandemi döneminde klima santrali ve havalandırma stratejilerine yönelik tasarım ya da işletme hususları ön plana çıkmıştır. Kapalı alanlarda ısı konfor şartlarının da sağlanması gerekliliği hatta ısı stres ile vücudun bağışıklık sistemini bozmaması için ısı konforu sağlama zorunluluğu dikkate alınmalıdır. Pandemi öncesinde karışım havalı klima santralleri enerji verimliliği açısından ön plana çıkmıştı. Ancak, pandemi ile ortamdaki havanın bir miktar taze havayla karıştırılarak ortama verilecek olması özellikle büyük kapalı hacimler için bulaş riskini de beraberinde getirmektedir. Ek olarak, karışım şartlarına göre tasarlanmış olan klima santrallerinin, %100 taze havayla çalıştırılması durumunda serpantin ve kontrol sistemleri bu duruma uygun olmadığından iç ortamda ısı

konforsuzlukların oluşması kaçınılmaz olacaktır. Isı geri kazanımına sahip olan klima santralleri yaygın olarak bir döner rotor, çapraz akışlı bir ısı değiştiricisi ya da iki serpantinli ısı geri kazanım sistemlerini kullanmaktadır. Döner rotorlu ısı geri kazanım ünitelerinin sızıntı riski nedeni ile bu süreçte devre dışı bırakılması önerilmiştir. Ayrıca, bu sistemlerde montaj hataları nedeni ile sızıntı miktarı da artabilmektedir. Bununla birlikte, REHVA (2020) uygun fan yerleşimi ile bu sızıntı riskinin minimize edilebileceğini ve mahaldeki ısı konfor şartlarını da sağlamak adına bu ısı geri kazanım sistemlerinin de kullanılabileceğini önermiştir.

Partiküllerin havada asılı kalma ihtimali de göz önüne alındığında binaları pandemi döneminde alınması gereken önlemler konusunda ikiye ayırmak daha uygun olacaktır; hastaneler ve diğer kapalı alanlar. Hastaneler, enfekte olmuş kişilerin tedavilerinin yapıldığı yerler olduğu için bu binalarda çapraz bulaş riskini minimize etmek amacıyla diğer binalara göre daha farklı önlemlerin alınması kaçınılmazdır. Havalandırma anlamında mahale taze hava sağlanması, kontamine havanın egzoz edilmesi, mahal içindeki havanın taze havayla seyreltilmesi gibi stratejiler uygulanabilir. İklimlendirme/havalandırma anlamında SARS-CoV-2 (COVID-19) ile mücadele en önemli konuların başında mahaldeki taze hava miktarının artırılması gelmektedir. Bu nedenle, hastane alanlarında taze havanın sağlanması ve egzoz edilen havanın şartlarının ve mahallerin birbirleri ile basınç ilişkilerinin sağlanması gerekmektedir.

Bu çalışmada, kapalı alanlar için Covid-19 enfeksiyon riski hesaplama aracı ele alınmıştır. Bazı örnek vaka çalışmaları ile Wells-Riley modelinin geçerli olduğu durumlarda (tam karışmış ortam havası, belirli sürede ortama katılan doz miktarı, tek zonlu model) enfeksiyon riski yüzdesi ve olası yeni vaka sayıları gösterilmiştir. Ek olarak, mevcut hastanelerde iklimlendirme ve havalandırma tesisatında alınabilecek önlemlere yer verilmiştir ve Gazi Üniversitesi Hastanesi'nde mekanik tesisatta yapılmış değişiklikler özetlenmiştir. Bu makaledeki öneriler mevcut hastanelerde alınması gereken önlemleri kapsamaktadır, pandemi hastanesi olarak tasarlanan hastaneler genel olarak bu önlemleri kullansa da tasarım anlamında farklılıkları olduğu için bu kapsama dahil edilmemiştir. Bununla birlikte, tasarım aşamasında olan ve pandemi ile evrilen bazı tasarım yaklaşımlarına da özellikle yoğun bakımlar özelinde yer verilmiştir. Bu makaledeki öneriler iklimlendirme sistemi tipi, mahal durumu, kullanım amacı ya da farklı özellikleri ile irdelenmemiş ve tüm önlemler maddeler halinde belirtilmiş böylece bütünlüğün korunması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

2.1. Covid-19 Enfeksiyon Riski Hesaplama Aracı

Hava yoluyla yayılan hastalıklara ait literatürdeki mevcut çalışmalar (Fennelly vd. 2004, Wainwright vd. 2009, Xie

vd. 2009) öksürük ile yayılan partiküllerin bulaş riskini artırdığını göstermiştir. Bu şekilde kapalı ortamda yayılan partiküller sürüklenme, hava akımı ve yerçekimi etkisine maruz kalmaktadır ve bu salgının başından beri genel kanı, partikülün 1-2 m mesafede yerçekimi etkisi ile yere düşeceği idi (fiziksel mesafe koşulu). Ancak kapalı ortamın bağış nemi ve partikülün havada asılı kalma ve enfekte etme ihtimali kesinlikle göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle, öksürme, hapşırma, bağırma, yüksek sesle konuşma ve şarkı söyleme gibi eylemler özellikle kapalı ortamda bulaş riskini artıracaktır. Kapalı ortamda bulaş riskinin azaltılmasında havalandırma en etken yoldur. Sun vd. (2011) Çin’de öğrenci yurtlarında yapılan araştırmada ortalama hava debisi 5 L/(s.kişi) değerinden 1 L/(s.kişi) değerine azaltıldığında raporlanmış vaka sayısında 6 kat artış olduğunu bulmuşlardır. Salas ve Zarza (2020), çağrı merkezi, restoran ve otobüste meydana gelmiş olan vakaları derlemişlerdir. Çağrı merkezi vakasında 137 çalışandan 79’u pozitif çıkmıştır ve uzun süreli aynı ortamda bulunmanın enfekte olma riskini artırdığını göstermişlerdir. Restoran vakasında ise havalandırılmayan ve split klima kullanan bir restoranda hava resirkülasyonu ile bulaşın olduğu düşünülmektedir. Bu vakada da aynı ortamda 18 dakika kalan bir başka masada virüsün tespit edilemediği belirtilmiştir. Otobüsteki vakada ise toplam 23 kişi enfekte olmuştur. Otobüsteki klima sisteminin resirkülasyon modunda olduğu böylece taşıyıcıdan çok uzaktaki kişilerin de enfekte olmasını sağlamıştır. Bu da virüsün hava yoluyla taşınabileceğini göstermektedir. Özetle, taze hava ile havalandırılmayan ve aynı mekanda birden fazla kişiyle vakit geçirilmesi durumunda mahalde taşıyıcının olması ile enfeksiyon riski artmaktadır. Bu risk değerlendirmesi için modifiye edilmiş Wells-Riley denklemi (Eş. 1) bir olasılık yüzdesi vermektedir (Stephens, 2012).

$$P_{inf} = 1 - e^{-\frac{Iqpt}{V(\lambda_{vent} + k_{filt} + k_{dep})}} \quad (1)$$

Bu eşitlikte P olasılığı, I bulaştırıcı sayısını, q birim zamanda havaya katılan enfeksiyon doz miktarını, p

duyarlı kişilerin hacimsel pulmoner ventilasyon miktarını, t maruz kalma süresini ve V iç ortam hacmini, k_{filt} filtrasyon ile partikül tutma verimini, k_{dep} partikülün birikmesini ve λ_{vent} taze hava hacimsel debisini ifade etmektedir. Çağrı merkezi örneğine dönecek olursak, hesaplama aracının validasyonu için burada bulunan 137 kişi için 1 bulaştırıcı olduğu kabulü ile 8 saat mesai süresince Wells-Riley denkleminden %57,6 olasılık yani 79 yeni vaka olacağı sonucu ortaya çıkar. Bu hesaplamada pulmoner ventilasyon miktarı 0,48 m³/h, taze hava debisi 215 m³/h ve SARS-CoV-2 için enfeksiyon doz miktarı 48 1/h (Dai ve Zhao, 2020) olarak kabul edilmiştir. Tüm değişkenler sabit iken modifiye edilmiş Wells-Riley denklemiindeki havalandırma, filtrasyon ve birikim değerleri de göz önüne alındığında ve ASHRAE 62.1’deki belirtilen ofisler için gerekli havalandırma debisi (1180 m² ofis alanı ve 137 çalışan için) 2507 m³/h olarak bulunacaktır ve bu da yaklaşık saatlik hava değişimi sayısının 0.76 olması anlamına gelecektir. Bu durumda %90 tutma verimine sahip bir filtre için olasılık yaklaşık %1 olarak bulunabilir. Bu da yeni vaka sayısının 1 olması anlamına gelecektir. Taze havanın ya da havalandırmanın kapalı alanlardaki önemi Çizelge 1’de gösterilmiştir. İklimlendirme sistemleri bu nedenle bulaş riskinin kontrol edilmesinde büyük öneme sahiptir. Ancak, doğru tasarlanmış, otomasyon sistemlerine doğru cevap verebilen ve uygun olarak işletilen iklimlendirme ve havalandırma sistemleri ile bu başarılabılır.

Bu ofis örneğinden yola çıkarak kapalı alanlarda bulaş riskinin hesaplanması adına bir hesaplama aracı geliştirilmiştir (İnternet, 24 Aralık 2020, Yılmazoğlu, 2020). Bu hesaplama aracının ara yüzü Şekil 1’de gösterilmiştir. Riskin hesaplanmasında mahaldeki kişi sayısını, bulaştırıcı kaynak sayısını, mahalde bulunma süresini ve birim zamanda havaya katılan enfeksiyon doz miktarını belirtmek gerekmektedir. Ek olarak, mahal tipi ASHRAE 62.1’e göre mahale verilmesi gereken taze hava miktarını ve saatlik hava değişim sayısını belirleyecektir. Mahalin alanı ve yüksekliği ile saatlik hava değişimi miktarı toplam hava debisi ile bulunacaktır. Saatte mahale katılan doz miktarı değeri kullanıcının tanımlaması için serbest bırakılmıştır. Bu

Çizelge 1. Ofis için havalandırma miktarının ve filtrasyonun Wells-Riley denklemlerine göre olasılık ve yeni vaka sayısı (Probability and number of new cases according to Wells-Riley equations of ventilation quantity and filtration for the office)

Taze Hava Debisi (m ³ /h)	Wells-Riley		Modifiye Wells-Riley	
	Olasılık (%)	Yeni Vaka (kişi)	Olasılık (%)	Yeni Vaka (kişi)
200	60,2	81,0	10,6	15,0
500	30,8	43,0	4,4	6,0
1000	16,8	23,0	2,2	3,0
1500	11,6	16,0	1,5	2,0
2000	8,8	12,0	1,1	1,5
2500	7,1	10,0	0,9	1,2
5000	3,6	5,0	0,4	0,6

değer aktiviteye göre değişmektedir ve mahalde bir süper yayıcının olması durumunda önemli bir belirsizliğe yol açacaktır. Mahalde havalandırma için üç farklı opsiyon düşünülmüştür. Bunlar doğal havalandırma (pencerelerin açık olması durumu), merkezi havalandırma (klima santralleri ya da mekanik sistemlerle mahale havanın sağlandığı durum) ve kullanıcı tanımlı debidir. Pandemi süresince talep kontrollü havalandırma sistemlerinin (CO₂ temelli) devre dışı bırakılması gerektiği ve sistemin sürekli işletmede tutulması gerektiği düşünülürse f_{HVAC} değeri 1 olarak düşünülebilir. Ancak, binanın tipine göre, örneğin bir ofis binası ise mesai saatlerinden 2 saat sonra ve mesai başlamadan 2 saat önce sistem devreye alınacağından bu oran mesai süresince düşünülmelidir ve fanların hızının kontrol sistemi ile azaltılmadığı her durumda 1 alınmalıdır. Sistemlerin sürekli olarak %100 taze hava ile çalıştırılması gerektiği göz önüne alınır, Wells-Riley denklemindeki filtrasyon ve resirkülasyon durumları maske özelinde değerlendirilmelidir. Mahaldeki kişilerin maske takmadığı durum filtrasyonun olmadığı durum olarak düşünülmelidir. Partikül tutma verimi ise maskenin özelliklerine ve tutma verimine göre yüzdesel olarak belirtilmelidir.

Bu değerlerin yerine yazılması ile olası yeni vaka sayısı ve olasılık yüzdesel olarak hesaplanabilmektedir. Çizelge 2'de hastanelerde bazı kritik alanların enfeksiyon riski sonuçları verilmiştir. Özellikle arena tipi yoğun bakımlar, sağlık personelinin maruziyeti düşünüldüğünde tekli yoğun bakım odalarına göre riskin 3 kat arttığını göstermektedir. Bu nedenle, yoğun bakımların tekli odalar halinde tasarlanması bundan

sonraki süreçte büyük önem taşımaktadır. Mekanik sistemde egzozların hasta başı seviyesinden ya da hasta başı üzerinden yapılması enfeksiyon riskini azaltacaktır. Geçici bir önlem olarak tavandan tabana perdelerle hastaların ayrımının faydalı olacağı düşünülmüştür. Ancak, her bir hasta için egzoz ve besleme menfezlerinin olması durumu dikkate alınmalıdır. İzolasyon odalarında hava değişim sayısının daha yüksek olması ve tekli olarak tasarlanması riskin daha da azalmasını sağlamıştır. Bu nedenle yoğun bakımlara hava beslemesinin klima santrali el veriyorsa artırılması gerekmektedir. Ameliyathanelerde ise saatlik hava değişim sayısının 25 olması durumunda riskin %1'in altında olması sonucu ortaya koymuştur. Bu süreçte kritik mahallerden birisi de hasta odalarıdır. Ülkemizdeki hastanelerde hasta odalarında genellikle havalandırma olmaması yalnızca doğal havalandırmayı ve enfiltrasyonla hava değişiminin dikkate alınmasına neden olmuştur. Bu durumda özellikle hasta odalarında riskin %31 seviyelerinde olabileceği bulunmuştur. Bu nedenle, bu odaların mekanik sistemlerle mutlaka havalandırılması gerekliliği bulunmuştur.

Sonuçlar birçok etkene göre duyarlılık gösterse de bu analiz ile bir yaklaşım yapılması mümkündür. Ek olarak, mekanik olarak havalandırılan hacimlerde enfeksiyon riskinin ciddi biçimde azaldığı da gösterilmiştir. Bu nedenle yeni tasarlanacak binalarda mekanik havalandırma bir lüks sayılmaktan çıkarılıp bir gereklilik olarak projelerde ve uygulamalarda ele alınmalıdır. Nefes yoluyla ilgili hemen hemen tüm hastalıkların kaynağının iç ortam havasının kötü olması gerçeği

Model	Kullanıcı Parametreleri			Kabul Edilen/Alınan Değerler		
Veri Girişi	Parametre Adı	Birim	Değer	Parametre Adı	Birim	Değer
Olasılık Yüzdesi	Enfeksiyona Duyarlı Kişilerin Sayısı (S)	kişi	30	Partikül Boyutu (d _{partikül})	nm	160
Yeni Vaka Sayısı	Bulaştırıcı Sayısı (I)	kişi	1	Erişkin Birey İçin Ortalama Solunum Miktarı	nefes/dk	16
	Maruz Kalma Süresi (t)	saat	0,6		ml/nefes	500
	Birim Zamanda Havaya Katılan Enfeksiyon Doz Miktarı (g)	qph/h	48	Pulmoner Ventilasyon Miktarı (p)	m ³ /h	0,48
	Mahal Parametreleri			Elde Edilen Sonuçlar		
	Mahal Tipi	-	Sınıf/Derslik	Yeni Vaka Sayısı (C)	kişi	0,38
	Alan	m ²	35	Olasılık	%	1,28
	Yükseklik	m	2,6			
	Filtrasyon	-	Var			
	HVAC İşletme Oranı (f _{HVAC}) 0 ≤ f ≤ 1	-	1			
	Partikül Tutma Verimi (η _{partikül})	-	0,75			
	Hacim	m ³	91			
	Havalandırma Türü	-	Mekanik Havalandırma			
	* Havalandırma Debisi	m ³ /h	615,6			
	ACH	-	6,76			
	* "Mekanik Havalandırma" için havalandırma debisi ASHRAE 62.1'e göre hesaplanmaktadır.					

BENİ OKU ### CALCULATOR Derslik_Ornek +

Şekil 1. Covid-19 enfeksiyon riski hesaplama aracı kullanıcı ara yüzü (Covid-19 infection risk calculator user interface)

Çizelge 2. Hastanelerdeki belirli alanlarda enfeksiyon riski yüzdeleri (Percentages of infection risk in specific areas in hospitals)

	Hasta Sayısı	Personel Sayısı	Alan, m ²	Yükseklik, m	Saatlik hava değişimi sayısı, 1/h	Debi, m ³ /h	Maruziyet süresi, h	Risk, %
Yoğun Bakım Arena	10	5	230,8	3,2	6	4430	8	18,8
Yoğun bakım Tekli	1	1	10,9	3,2	6	210	1	5,34
İzolasyon Odası	1	1	10,9	3,2	12	419	1	2,71
Ameliyathane	1	6	50	3,2	25	4000	2	0,57
Hasta odası	1	1	21	3	0,2	12,6	0,2	31

dikkate alınır, günümüzün büyük bir kısmını geçirmekte olduğumuz kapalı alanlarda mekanik havalandırma ile iç çevresel konfor sağlanabilir.

2.2. Mevcut Hastanelerde Mekanik Tesisat Önlemleri ve Gazi Üniversitesi Hastanesi Tecrübeleri

Normal işletme koşullarında ameliyathaneler, yoğun bakımlar, acil servis alanları, hasta odaları, görüntüleme odaları vb. alanlardaki toplam hava, resirküle edilebilecek hava, saatlik hava değişim sayıları standartlarla belirlenmiştir (DIN 1946-4, ANSI/ASHRAE/ASHE 170-2017). Bu standartlara ek olarak Sağlıkta Kalite Standartları da (T.C. Sağlık Bakanlığı) hastanelerde olması gereken asgari koşulları sunmaktadır. Küresel çapta bir pandemi durumunu herkes yeni tecrübe ettiği için bu standartlarda yakın bir gelecekte pandemi durumu ile ilgili bir ek yapılması kaçınılmazdır. Aşağıda ASHRAE (2020) tarafından hazırlanmış olan hastanelerde alınması gereken önlemler özetlenmiştir ve Gazi Üniversitesi Hastanesi'nde alınan önlemler bu önerilere göre değerlendirilmiştir.

- **Acil servis, yoğun bakım, görüntüleme odaları ve pandemi hasta katlarında taze hava ve egzoz havası değişim sayıları artırılmalıdır.** Bu alanlarda resirkülasyonlu merkezi klima santralleri kullanılıyorsa santralde resirkülasyon yapılmamalı ve egzoz edilen hava, taze havayla karıştırılmadan uzaklaştırılmalıdır. Acil serviste triyaj ve bekleme alanı negatif basınçta tutulmalıdır ve bu alanlarda minimum saatlik 12 hava değişimi sağlanmalıdır. Pandemi koşullarının olmadığı durumda minimum saatlik 12 hava değişiminin en az 2'sinin taze hava olması şartı bulunmaktadır. Karışım havası damperinin kapalı tutulacağı göz önüne alınır, bu alanlardan alınan havanın uygun şekilde direkt olarak egzoz edilmesi gerekmektedir. Pandemi sürecinde de bu alanlarda komşu alanlara göre negatif basınç ilişkisi korunmalıdır ve karışım havası damperi kapatılmalıdır.

Tecrübe: Gazi Üniversitesi Hastanesi'nde özellikle Acil Servis ve triyaj alanlarının havalandırma durumları dikkate alınmıştır. Havalandırmanın yeterli olmadığı mahallerde HEPA filtre ve UV-C lambalardan oluşan taşınabilir hava temizleme cihazları yerleştirilerek mahaldeki havanın temizlenmesi sağlanmıştır.

- **Pandemi hasta katı olarak ayrılan hasta katının hastanenin diğer alanları ile ilişkisi basınçlandırma ile kesilmelidir.** Hasta odalarında koridora göre negatif basınç ilişkisi sağlanmalıdır. Hasta odasında taze hava ya da egzoz sistemi bulunmuyorsa doğal havalandırma sağlanmalıdır. Doğal havalandırma her ne kadar WHO (2009) tarafından bir enfeksiyon kontrol yöntemi olarak kabul edilmese de pandemi döneminde özellikle havalandırma sistemi olmayan hastane bölümlerinde kullanılmak zorundadır. Odanın negatif basınçta tutulması için egzoz hasta odasının banyosunda bulunan egzoz sistemi sürekli çalıştırılabilir.

Tecrübe: Hasta odalarında merkezi bir iklimlendirme sistemi olmadığı için dış hava koşullarının el verdiği sürece doğal havalandırma yapılması sağlanmıştır. Ek olarak tuvaletlerdeki egzoz fanlarının sürekli açık tutulması sağlanmıştır.

- **Yoğun bakımlarda basınç ilişkisinin kurulması sağlanmalıdır.** Yoğun bakımlar arena şeklinde tasarlanmışsa basınç ilişkisinin sağlanması ile bulaş riskinin azaltılması için temelde iki yaklaşım vardır. Birincisi, mahali negatif basınca getirmek ki bu VAV (variable air volume- değişken hava debili) ya da CAV (constant air volume- sabit hava debili) sistemleri ile ayarlanabilir. İkinci yaklaşım ise yoğun bakımın normal işletme koşulunda olduğu gibi pozitif basınçta saatlik minimum 6 hava değişimi (2'si taze hava) ile çalışmaya devam etmesi ki karışım damperinin kapalı olması gerekir ve yoğun bakım arenasının girişindeki giriş holünün negatif basınçta tutulması gerekir. Böylece yoğun bakım arenasından giriş holüne aynı şekilde koridordan da giriş holüne doğru geçen infiltrasyon havası bu alanda tutulacaktır ve

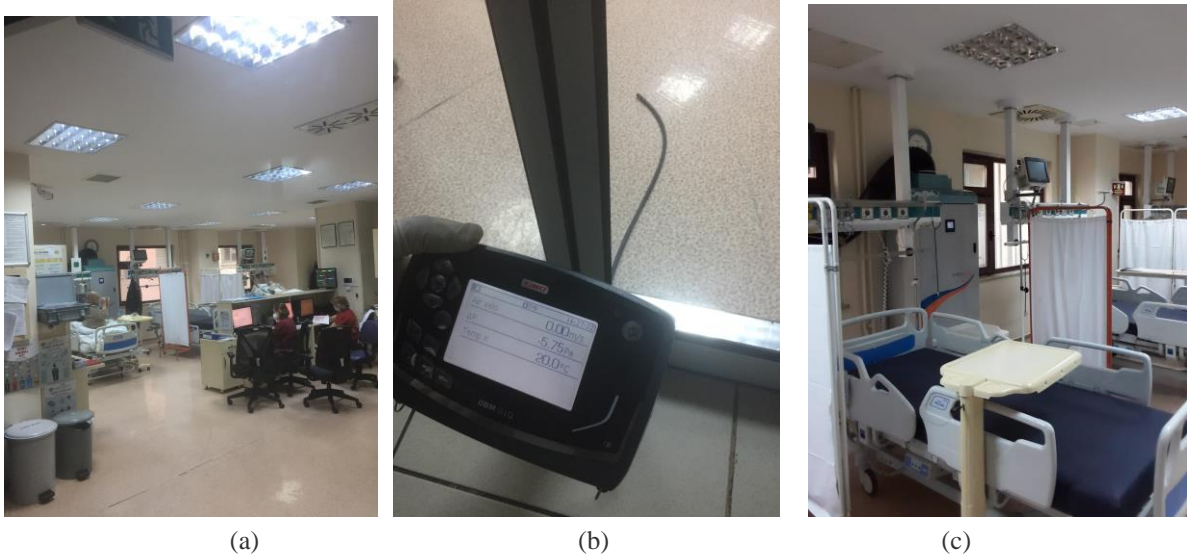
kontamine hava hastanenin diğer bölümlerinden ayrılacaktır. Yoğun bakım arenasından egzoz edilen hava, taze hava alış menfezi ile yeterli mesafe yok ise ya da yaya geçişinin olması muhtemel bir yer ise HEPA (H13) filtreden geçirilerek dış ortama bırakılabilir.

Tecrübe: Şekil 2'de arena şeklinde olan bir yoğun bakım için bir hava temizleme sistemi ile mahali negatif basınçta tutma işlemleri gösterilmiştir. İlk yapılan incelemeler sonucunda VAV ve CAV sisteminde ve otomasyonda bazı aksaklıklar tespit edilmiştir. Bu nedenle ayrı bir sistem ile klima santralinde ya da kanallarda bir revizyona gitmeden mahaldeki havanın temizlenerek dışarı atıldığı ve mahali de negatif basınçta tutabilecek bir sistemin uygulanmasına karar verilmiştir. Şekil 2b mahalın -5,75 Pa negatif basınçta tutulduğunu göstermektedir. Şekil 2c'de ise sistemin yerleşimi gösterilmiştir. Bu ek sistem alttan havayı emmekte iki kademe filtre ve her bir filtrenin yüzeylerine bakan ultraviyole lambalardan (UV-C) sonra HEPA filtre üzerinden havayı dışarıya egzoz etmektedir. Sistemin dış ortamla bağlantısı bir esnek kanal sistemi ile sağlanmıştır. Bununla birlikte, Yenidoğan yoğun bakım ünitesinde mahalın tamamının negatif basınçta tutulması istenmiştir ve buna göre ayarlamalar yapılmıştır.

kumanda ediliyorsa mümkün olabilen en yüksek frekansta çalıştırma düşünülebilir. Ancak, motorun soğutma sisteminin de bu duruma el vermesi gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır. Ek olarak, bir giriş holünün olmadığı durumda geçici bir giriş odası yapılarak yine bu alanın negatif basınçta tutulması sağlanmalıdır. Bu geçici giriş odası koridordaki minimum mesafeyi daraltmamalıdır. Bu nedenle arenaya girişte böyle bir geçici odanın kurulması daha uygun olacaktır ve geçici holü negatif basınçta tutabilecek alternatifler değerlendirilmelidir.

Tecrübe: Mahaldeki basınç ilişkisinin korunması gereken alanlarda vantilatör ve aspiratör fanlarında basınç ilişkisi maksimum debiye göre ayarlanmıştır. Giriş holünde bir negatif basınç uygulaması koridor genişliğini azaltacağı için düşünülmemiştir. Ancak, koridor genişliğinin yeterli olduğu mevcut hastanelerde veya bölümlerde bu uygulama çapraz bulaşı önlemek düşünülmelidir.

- **Hastanedeki sıcaklık ve bağıl nem ayarları değiştirilmemelidir.** Mahallerin sıcaklık ve nem aralıkları, saatlik hava değişim sayıları ve komşu mahallerle basınç ilişkileri ASHRAE 170-2017 standardında belirtilmiştir. Bağıl nemin %40-60 aralığında tutulması önemlidir. Bağıl nemin optimum



Şekil 2. Yoğun bakım arenasında yapılan havalandırma çözümleri (Ventilation solutions in the intensive care arena)

- **Basınç kaybını ve debi azalmasını karşılamak için invertör ile frekansı ya da fan kasnak sistemini ayarlayın.** Normal işletme koşullarına göre tasarlanmış olan klima santrallerinde egzoz tarafında bir filtre karışım havalı bir klima santrali seçilmemiş ise uygulanmamaktadır. Bu nedenle ilave edilecek HEPA filtrenin santrale ve mahale olan etkileri dikkatle irdelenmelidir. Basınç kaybının artmasıyla debide bir azalma meydana geleceği için fanın tahrik sisteminde yapılabilecek bazı çözümler söz konusudur. Bunlar arasında fan kayış-kasnak sistemi ile tahrik ediliyorsa çap değişikliği ya da invertör ile

değerden fazla olması ısıl konforsuzluk, düşük olması ise bağırsıklık sistemini zayıflatarak diğer hastalıklara neden olabilir.

Tecrübe: Klima santrallerinde merkezi bir buhar üretim sisteminin kullanılması son yıllarda terk edilmiştir. Bunun yerine, klima santrallerinde elektrotlu nemlendirme sistemi daha sıklıkla kullanılmaktadır. Mevcut hastanelerde bakımı en çok ihmal edilen ya da genellikle çalıştırılmayan ekipmanlar nemlendiricilerdir. Hastanenin bulunduğu iklim bölgesindeki nem tahminlerine bakılarak çalışmayan cihazların devreye alınması gerekmektedir. Bu durum, özellikle ısıtma

sezonunda havanın ısıtılmasıyla bağıl nemin azalmasına neden olacaktır. Hastanede sıcaklık ve nem ile ilgili mevcut ayarlar korunmuştur.

• **Bakım planı dışında filtre değişimi ve kanal temizliği yapmayın.** Planlanan periyotlarda kişisel koruyucu ekipmanlarla bakım işlemleri gerçekleştirilmelidir. Klima santrallerinin pandemi döneminde hiç kapatılmayacağı kabul edilerek bakım ve temizlik periyotları sıklaştırılabilir. Filtreler iki defa poşetlendikten sonra tıbbi atık olarak muamele edilmelidir. Klima santrali fanları sadece temizlik veya filtre değişimi sırasında kapalı kalmalı bunun dışında hiçbir şekilde kapatılmaması sağlanmalıdır.

Tecrübe: Hastanede bakım işleri planlandığı biçimde devam etmektedir. Bu süreçte bakım personeli kişisel koruyucu ekipmanlarla bakımları yapmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3 Filtre değişiminde kişisel koruyucu ekipman kullanımı (Use of personal protective equipment in filter change)

- **Hastanede kullanılmayan poliklinik, yemekhane, boş tutulan hasta katları, işlem alanları vb. gibi bölümlerdeki havalandırmalar kapatılmayıp düşük devirde çalıştırmaya devam ettirilmelidir.** Bu durum hastane içindeki basınç ilişkilerine bağlı olarak hava akımını sağlayacaktır. Pandemi katının basınç ilişkisi ile izole edildiği düşünülürse böylece tüm mahallerde istenen taze hava sayıları sağlanabilecektir.

Tecrübe: Mevcut olan klima santrallerinin çalıştırılması sağlanmıştır.

- **Hangi mahallerin pozitif hangilerinin negatif basınçta tutulması gerektiğine karar verilmelidir.** Pandemi hastası olmayıp acil işlemler için hastanede bulunan hastaların olduğu bölümlerdeki egzoz havası kısılarak veya duruma göre kapatılarak pozitif basınç sağlanmalıdır.

Tecrübe: Pandemi öncesinde bekleme salonlarında iki borulu fan coil ile soğutma sistemi ihalesi yapılmıştır. Bu

süreçte bu yapım işi devam etmektedir. Hastanede bekleme salonlarında bekleyen hasta sayısının fazla olmaması bu işlerin tamamlanabilmesi için uygun olmuştur. Ancak, her ihtimale karşı mevcut durumda bekleme salonlarından geçmekte olan iki büyük shaftın kapakları menfez gibi kullanılarak baca etkisi ile bekleme salonlarındaki havanın değişimi sağlanmıştır.

- **Merkezi klima santrallerinin egzoz fanlarının atış ağızlarının, taze hava cihazlarının emis ağızlarından ve insanların geçiş bölgelerinden ve nefes alma zonundan uzaklaştırılması gerekir.** Bu konuda kontroller yapılarak egzoz ve taze hava emis arasındaki 10 metrelik mesafe sağlanmıyorsa kanalların atış yönleri değiştirilebilir ya da çıkışta bir damper ile atış yönü ayarlanabilir. Mevcut yapının durumuna göre bu düzenlemeler mümkün değilse egzoz atış ağızlarına HEPA filtre veya UV-C cihazları koyulabilir.

Tecrübe: Hastanedeki merkezi iklimlendirme santralleri genellikle %100 taze havalı olarak tasarlanmıştır ve vantilatör ve egzoz hücreleri yakın değildir. Bu nedenle istenen mesafe sağlandığından ilave bir damper, filtre ya da UV-C uygulamasına gerek kalmamıştır. Karışım havalı santrallerde ise bir risk tespit edilmemiştir.

- **Hasta odaları, poliklinikler ve genel hacimlerde kullanılan resirküle hava ile çalışan fancoil, split klima ve VRV/F cihazlarının hava şartları izin veriyorsa tamamen kapatılması gerekmektedir.** Birçok kişinin bir arada bulunabileceği idari ofislerde ve genel alanlarda havalandırma imkanı bulunmuyorsa bu sistemler kesinlikle kapatılmalıdır. Doğal ve mekanik havalandırma imkanlarının olmadığı hacimler için dışardan taze hava alma imkanları araştırılmalıdır. Bu alanlarda ısı konfor şartlarının sağlanabilmesi için mahal perimetrede ise fan-filtre ünitesi ile taze hava sağlanabilir. Bu imkan da yok ise portatif HEPA filtreli hava temizleme cihazlarının kullanılması önerilmektedir.

Tecrübe: Tüm resirküle cihazların kullanımı durdurulmuştur. Yalnızca tek kişilik ofislerde kullanıma izin verilmiştir.

- **Tuvalet fanlarının, hastanedeki diğer egzoz fanları gibi 7/24 çalışması sağlanarak bu alanların negatif basınçta tutulması gerekmektedir.** Tuvalet egzoz sistemleri başka bir mahalle bağlantılı olmadığı için kat içinde havanın sürekli olarak buraya doğru yönlendirilmesi sağlanabilir. Ancak egzozun yapıldığı yer herhangi bir başka taze hava kanalına yakın olmamalıdır.

Tecrübe: Tüm tuvalet fanları çalışır pozisyonda tutulmaktadır.

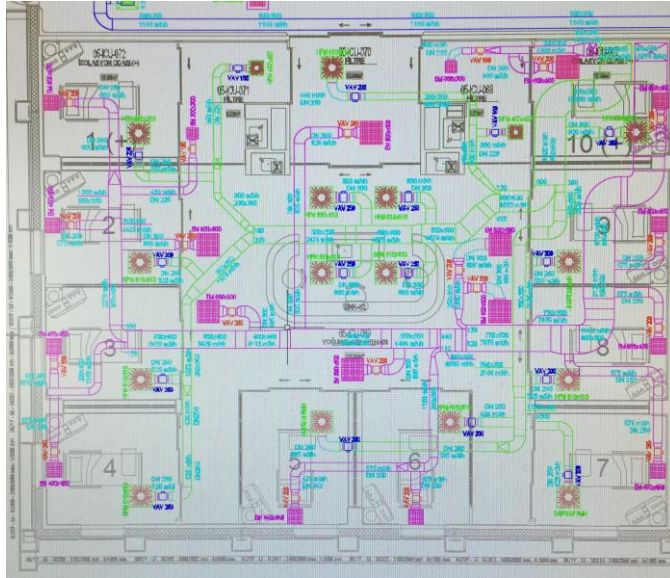
- **Tuvalet kapakları sifon çalıştırıldığında virüsün havaya karışmasının önlenmesi için mutlaka kapalı olmalıdır ve bu konuda kullanıcıları bilgilendirici panolara hazırlanmalıdır.** Sifon açıkken sifonun çalıştırılması tuvaletten yaklaşık 1.5 metre yüksekliğe kadar aerosollerin çıkabildiği gösterilmiştir.

Tecrübe: Tüm tuvaletlerde bilgilendirme amaçlı görseller hazırlanmıştır.

• **Tuvalet alanlarında bulunan yer süzgeçlerine düzenli olarak su dökülerek sifonunun çalışmasını sağlanması ve kuru kalmasının önlenmesi gerekmektedir.** Aynı işlem hasta odalarındaki duşlar için de düzenli olarak yapılmalıdır. Bu durum aynı zamanda Lejyonella ile mücadelede de tesisat sistemindeki ölü bacaklardaki suyu da uzaklaştıracağı için önemlidir. Böylece duş başlığındaki suyun uzun süreler kalmaması ve süzgeçlerin de kuru kalmaması sağlanacaktır.

yapılması gerekmektedir. Mevcut durumlarda hasta odalarında taze hava imkanı yok ise yine fan-filtre üniteleri ya da taşınabilir HEPA filtreli hava temizleme cihazları önerilmektedir. HEPA filtreye sahip hava temizleme sistemi karantina odaları ya da Covid (+) hastalar için ayrılmış olan hasta odaları için riski minimize edecektir.

Tecrübe: Hastanede hasta odalarında bir taze hava sistemi bulunmamaktadır. Bu nedenle dış hava şartları el



(a)



(b)

Şekil 4. Tasarım aşamasındaki bir yoğun bakım ünitesinde hava kanallarının yerleşimi (a) egzoz menfezi normal durum ve pandemi koşulları bağlantı detayı (b) (Layout of air ducts in an intensive care unit at the design stage (a) connection detail of the exhaust vent normal and pandemic conditions (b))



(a)



(b)

Şekil 5. Triage alanının acil servis önünde konumlandırılması (a) Numune alma kabini ve karantina odası (b) (Positioning the triage area in front of the emergency room (a) Sampling cabinet and quarantine room (b))

Tecrübe: Tüm temizlik personeli bu konuda uyarılmıştır ve süzgeçlerin kuru kalmaması sağlanmıştır.

• **Hasta odaları mümkün olduğu kadar ayrık halde havalandırma sistemlerine bağlanmalıdır.** İstenildiği zaman manuel olarak cam açılabilir. Bazı güvenlik tedbirleri nedeni ile bunlar kapatılmışsa içeriye taze havanın girmesine imkan sağlayacak kadar açılabilir hale getirilmelidir. En az saatte 2 defa taze hava beslemesi

verdiği sürece camların açık tutulması önerilmiştir. Dış hava koşulları imkan vermiyorsa belirli aralıklarla mahalin havalandırması pencerelerin açılması ile sağlanmıştır.

• **Hasta odalarının değişim sırasında sürekli dezenfeksiyonunu sağlayın.** Odayı servise almadan önce dezenfeksiyon işleminin yapılması ve odanın en az 2

saat havalandırılmasını sağladıktan sonra yeni hasta kabulünü yapılması gerekmektedir.

Tecrübe: Hasta değişiminde önerilen dezenfeksiyon sistemi uygulanmaktadır.

Yoğun bakımlarla ilgili önemli bir başka konu arenadaki hasta yataklarının ayrılması işlemi ve egzoz menfezinin konumudur. Arena şeklinde tasarlanmış hasta yataklarının fiziksel bariyerler (plastik perdelerle tavandan zemine kadar kapatılarak ayrılması ve sızdırmazlığının sağlanması) ile yapılabilir. Mümkünse hasta yatağının başı tarafından ağız seviyesine yakın bir bölgeden (yaklaşık zeminden 90 cm yükseklikte) havanın sürekli HEPA filtre üzerinden geçirilerek egzoz edilmesini sağlanabilir. Proje aşamasında olan 40 yataklı yoğun bakım katında ayrı odalar şeklinde tasarlanmış olan 9 normal ve 1 izolasyon odasından oluşan bir yoğun bakım servisi için hava kanallarının yerleşimi Şekil 4a’da gösterilmiştir. Egzoz menfezlerinin konumu hasta yatak başının üzerinde olacak biçimde konumlandırılmıştır. Bu konumlandırmada amaç, pandemi durumunda direkt olarak ilave bir kanal ile yerden 90 cm yükseklikte emişin sağlanması ve virüsün kaynağa kontrol edilmesinin sağlanmasıdır. Şekil 4b normal durum ve pandemi durumunda menfeze bağlantı detaylarını göstermektedir. Normal durumda egzoz ana kanalına bir esnek kanal vasıtasıyla bağlanacak plenum içinde pandemi durumunda ilave kanalın bir esnek kanal ile bağlanabilmesini sağlayacak bir ek parçanın bırakılması düşünülmüştür. Pandemi durumunda plenum içinde bir esnek kanal bağlantısı ile egzoz emiş mesafesi zeminden 90 cm yüksekliğe indirilecek ve böylece virüsün mahal içine yayılmadan kaynağından uzaklaştırılması sağlanabilecektir.

Acil servislerde Covid(+) şüphesi olan hastalar ayrı bir bölgeden alınmalı ve tutulmalıdır. Bu alanların da negatif basınçta olduğundan ve HEPA filtre ile egzoz edilen havanın yukarıdaki önlemlerle ile uzaklaştırıldığından emin olunmalıdır. Bununla birlikte şüpheli hastaların ayrı bir girişten acil servis içine alınma olasılığı bulunmuyorsa havalandırılan bir çadır sistemi ile belirtisi olanların bu alanlara yönlendirilmesi ve acil servise girmeden karantinaya alınmaları sağlanabilir. Şekil 5 böyle bir çadır sistemini ve sürüntü testlerinin alındığı kabini ve karantina alanını göstermektedir.

• **Ameliyathanelerde yalnızca belirli ameliyathanelerin Covid (+) hastalar için ayrılması gerekir.** Bu ameliyathanelerin iklimlendirme sistemleri kontrol edilmelidir. Bazı ameliyathanelerde iki ameliyathaneye tek bir hijyenik santralden şartlandırılmış hava sağlanmaktadır. Bu durumda ameliyathaneler arasında bir sızıntı oluşmadığından emin olunması gerekmektedir. Ameliyathanelere hizmet veren klima santralleri genellikle %100 taze havalıdır. Ancak son yıllarda ASHRAE’nin enerji verimliliği yaklaşımı ile taze hava miktarları ve minimum bağıl nem düzeyi azaltılmıştır ve klima santralinde karışım havasının kullanılabilmesi önerilmiştir. Son durumdaki sıcaklık, bağıl nem ve hava miktarları ASHRAE 170-2017’de

mevcuttur. Karışım havalı klima santrallerinde pandemi döneminde resirkülasyonun devre dışı bırakılması gerekir. Ancak, bu durumda oluşabilecek sıcaklık ve nem ayarları ile ilgili hoşnutsuzluklar hakkında ameliyathane personeline bilgi verilmesi gerekmektedir. Resirküle hava kullanmayan Covid (+) hastalar için ayrılan ameliyathanelerin negatif basınçta çalıştırılması, ilk tasarımın buna göre yapılmaması nedeni ile oldukça zordur ve klima santrali tarafında ciddi revizyonlar gerektirecektir. Bu nedenle, bu ameliyathanelerin olduğu gibi pozitif basınçta çalışmaya devam etmesi ancak, ameliyathaneye girmeden önce negatif bir bölgenin yaratılması çözüm olacaktır. Genellikle birçok ameliyathanede personel ve sedye girişlerinin ayrı olduğu ve lavaboların bulunduğu giriş alanları mevcuttur ve bu alanın negatif basınçta tutulması ve havanın bu alandan dışarıya HEPA filtrelerle egzoz edilmesi uygun bir çözümdür.



Şekil 6. Covid (+) hastalar için ayrılmış olan ameliyathane giriş holünde negatif basınçlandırmanın sağlanması (Ensuring negative pressurization in the operating room entrance hall reserved for Covid (+) patients)

Ameliyathaneler yapıları gereği binanın ortasında (çekirdeğinde) ya da basınçlandırmayı ve antibakteriyel yüzeyleri sağlamak için bina kabuğundan ayrı bir yapı elemanı içinde konumlandırılır. Şayet bu negatif alandan egzoz edilecek havanın dışarıya atılmayacağı kadar bir uzaklık söz konusu ise (bağlantıların esnek kanallarla yapılacağı ve bu kanallarda yüksek basınç kaybı olması nedeni ile havanın etkin bir şekilde uzaklaştırılmaması durumu) egzoz mevcut egzoz kanalına verilebilir. Burada dikkat edilmesi gereken konu, diğer ameliyathanelere bu havanın sızmasının önlenmesidir. Negatif basınç şartlarını oluşturmak için mahalde -2,5 Pa değerinin sağlanması ve duman yöntemi ile havanın aktığı yönün kontrol edilmesi gerekmektedir. Ameliyathane girişinde böyle bir mahalın olmadığı ve/veya gün ameliyatlarının yapıldığı ameliyathaneler de hastanelerde mevcut olabilir. Son yıllardaki bazı mimari tasarımlarda lavaboların steril alan içinde konumlandırıldığı

ameliyathanelerde geçici olarak bu fiziksel ayrımın yapılması zorunludur. Bu amaçla plastiklerden oluşan ve tavandan ve tabandan sızdırmazlığı sağlanmış olan bir ara hol oluşturulabilir ve bu holün de yukarıda belirtilen negatif basınç şartlarını sağlaması gerekmektedir.

• **Yangın damperlerinin konumuna göre katın tamamının negatif basınçta tutulması da değerlendirilebilir.** Covid (+) hastalar için ayrılmış olan servislerdeki hasta odalarında koridora sızıntının önlenmesi için odanın negatif basınçta tutulması önemlidir.

Tecrübe: Bir uygulama yapılmamıştır.

• **Karantina alanlarında negatif basınç ve egzoz konumu şartları sağlanmalıdır.** Hastanelerde karantina alanlarının da negatif basınçta tutulması ve bu alanlardan egzoz edilecek havanın HEPA filtre üzerinden geçirilerek herhangi bir taze hava alış menfezinin ya da insanların bulunduğu bölge yakınına atılmaması tavsiye edilir.

Tecrübe: Hastanede iki adet karantina odası negatif basınçta tutulacak şekilde düzenlenmiştir.

• **Gastrointestinal endoskopi uygulaması aeresol üreten bir prosedür olduğu için bu işlemde negatif basınçlı izolasyon odalarının ya da bronkoskopi odalarının kullanılması gerekebilir.** Bronkoskopi odalarında saatlik en az 12 hava değişiminin olduğunu, odanın negatif basınçta olduğunu ve %100 taze havalı bir klima santrali kullanıldığının teyit edilmesi gerekir (ASHRAE 170-2017). Ülkemizde bu şartlara sahip bronkoskopi odaları oldukça azdır. Bu nedenle aeresol üreten prosedürler için geçici de olsa uygun mahalın sağlanması bu dönemde büyük önem taşımaktadır. Entübasyon işlemi için pleksiglastan yapılan siperlikler kullanılabilir.

Tecrübe: Bir uygulama yapılmamıştır.

• **UV-C sistemlerin kullanılması özellikle klima santrallerinde oldukça önemlidir.** 200-280 nanometre dalga boyundaki UV-C ışını yüksek enerjisi ile virüslerin, bakterilerin ve mantarların DNA/RNA sarmalını kopartmak sureti ile etkisiz hale getirebilir. Bu yöntemin uygulanabilirliği hakkında Covid-19 için bir çalışma olmasa da diğer koronavirüslerde etkenliği gösterilmiştir (Kowalski, 2006). Bu nedenle özellikle klima santrallerinde bu tarz sistemlerin kurulması bu süreçte oldukça önemlidir. Ancak, bu konuda uygulama dozu ve süresi hakkında bir uzmana danışılması yerinde olacaktır. UV ışınının etkenliği için örnek olarak klima santrallerindeki tasarım esasları göz önünde bulundurularak verilirse, 2.5 m/s hızdaki havada 30 cm yakınlıkta (soğutma serpantinine) 0.12 saniyede tam sonuç alınabilir. UV radyasyonu insanlara direkt temasta zararlıdır. Uzun süre ve yoğun temas sonucu insan derisinde erime veya direkt bakan kişilerin retinasında ciddi sorunlara yol açabilir. Bu nedenle, etkenliği onaylı olan ürünlerin tercih edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Tecrübe: Hastanedeki klima santrallerinde UV-C uygulaması yoktur. Ancak, ameliyathanelerde yüzey dezenfeksiyonu sağlaması için ameliyat sonrası UV-C lambaları çalıştırılmaktadır (Şekil 7). Bunun dışında üst

oda UV-C (upper room UV-C) sistemleri ameliyathane girişine konulmuştur. Bekleme salonlarında da üst oda UV-C sistemi kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 7. Ameliyat sonrası yüzey dezenfeksiyonu için UV-C lamba uygulaması (UV-C lamp application for surface disinfection after surgery)

• **Hastanelerdeki tuvaletlerde el kurutma makineleri kullanılmamalıdır.** Tuvaletlerin sürekli olarak egzoz fazlarının açık olduğu kontrol edilmelidir. Teması minimize etmek için fotoselli sabunluklar ve musluklar önerilmektedir.

Tecrübe: El kurutucuları iptal edilmiştir.

• **Su sebilleri, otomatlar vb. ortak kullanım hizmetleri devre dışı bırakılmalıdır ya da sürekli olarak dezenfekte edilmelidir.**

Tecrübe: Su sebilleri ve genel kullanımdaki otomatlar devre dışı bırakılmıştır.

• **Hastanelerde temas riskini minimize etmek için tüm kapılar otomatik geçişle geçilecek biçimde ayarlanmalıdır.**

Tecrübe: İmkân dahilinde tüm kapılar otomatik geçişe çevrilmiştir.

• **Yangın projesinin gözden geçirilerek kat içindeki yangın zonları ayrık mahal olarak çalıştırılabilir.** Pandeminin ikinci bir pik yapması ya da mevcut kapasitenin üzerine çıkılması beklenen durumlarda aynı klima santralinden beslenen, yangın projesine göre aynı duman zonunda bulunan tek bir mahal bu yükü kaldırmak üzere planlanabilir.

Tecrübe: Hastane yangın projesi yeniden hazırlanmıştır. Ancak pandemi süreci nedeni ile ihale yapılamamıştır. Mevcut durumda herhangi bir değişiklik gerçekleştirilmemiştir. Ancak, yangın projesi ve uygulaması olan mevcut hastanelerde zonlama ele alınmalıdır.

• **Ameliyathanelerin yoğun bakıma dönüştürülmesi gerekebilir.** İkinci pik durumunda ameliyathanelerin yoğun bakıma dönüştürülmesi gerekirse ameliyathanelerdeki saatlik hava değişim sayısı azaltılarak ve girişte bir negatif basınç mahalı oluşturularak kullanılabilir. Girişte negatif basınç zonu oluşturulmaması büyük risk oluşturacaktır.

Tecrübe: Böyle bir uygulamaya gerek kalmamıştır.

• **Oksijen, medikal gaz ve vakum altyapısının kontrol edilmesi gerekmektedir.** Oksijen tankındaki evaporatör yüksek miktarda talep karşısında çok hızlı biçimde buz

tutabilir. Kriyojenik tanktan oksijen akışının sağlanması amacıyla evaporatör üzerindeki buz oluşumunun önlenmesi gerekmektedir. Basınçlı hava ve vakum sistemlerinin periyodik bakımlarının aksatılmaması ve sıkıntılı ekipmanlar varsa özellikle değiştirilmesi gerekmektedir. Basınçlı hava 10 barda üretilir ve kullanım alanlarından önce istenilen basınca getirilerek kullanım sağlanır. Burada sistem izin veriyorsa basınç düşürülerek hava debisinin artırılması sağlanabilir. Özellikle seperatör ve kimyasal kurutucuların bakımları ihmal edilmemelidir bir arıza durumunda tüm hasta hattına yağ ya da su damlacıklarının dolması istenmeyen sorunlara ve can kaybına yol açabilir.



Şekil 8. Oksijen sistemi evaporatöründeki karlanma (Icing on the oxygen system evaporator)

Tecrübe: Gazi Üniversitesi Hastanesinde basınçlı hava sistemi geçmiş yıllarda yaşanmış olan tecrübeler nedeni ile 2017 yılında yağsız kompresör olarak değiştirilmiştir. Bu süreçte yedekli bir yağsız kompresör alt yapısı kurulmuş olup hava hattı ile ilgili bir sıkıntı bugüne kadar bildirilmemiştir. Oksijen hattı ise kriyojenik tanklarla tedarik yöntemi ile devam etmektedir. Her ne kadar pandemi döneminde artan oksijen talebi yukarıda belirtildiği gibi olumsuz bir etkiye sebebiyet verebilecek olsa da bu durum teknik servis personeli ile sürekli izlenmektedir. Ek olarak, oksijen tedarikinin sıkıntıya girmesi durumuna karşılık hastane için basınç dalgalanmalı (pressure swing) yöntem ile üretilebilirlik ve sürdürülebilirlik analizleri yapılmıştır. Ancak, maliyet açısından etkin bulunmamıştır. Buna karşın, oksijen tedarikinin sorun olabileceği yerlerde bu alternatifte ele alınmalıdır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Bu çalışmanın hazırlandığı sırada dünya genelinde vaka sayısı yaklaşık 91 milyon ve ölüm sayısı yaklaşık 2

milyon'dur (11 Ocak 2020- <https://www.worldometers.info/coronavirus/>). Covid-19 nedeni ile hayatlarını kaybeden sağlık çalışanları sayısı Türk Tabipleri Birliği açıklamasına göre 300'ü geçmiştir (29 Aralık 2020). Pandeminin hızını kesmediği, hatta artırdığı bu süreçte özellikle yaşamlarımızı sürdürmek zorunda olduğumuz kapalı alanlarda bir dizi önlemin alınması gerekmektedir. Kapalı alanlarda alınacak önlemleri bina tipine göre değerlendirdiğimizde hastaneler ve diğer yapılar olarak bir genelleme yapılabilir. Hastanelerin içindeki mahallerde de farklı uygulamaların olabileceği göz önünde bulundurulduğunda diğer binalara göre daha farklı tedbirlerin alınması kaçınılmazdır. Hastane yapılarını ise mevcut hastaneler ve pandemi hastaneleri olarak değerlendirmek daha uygun olacaktır. Pandemi hastaneleri zaten bir salgın durumu ile mücadele edebilmek adına kurulduğu için tüm basınç ilişkileri, hastane işleyişi, iklimlendirme ve altyapı sistemleri gereklilikler göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Mevcut hastaneler ise bir pandemi senaryosu düşünülmeden tasarlanmıştır ve bina işletimi sırasında bu pandemi senaryosuna göre geçici uygulamalar büyük sorunlara neden olabilmektedir. Bu çalışmada mevcut bir hastanede pandemi durumunda alınması gereken önlemler ve tesisat sisteminde yapılması gereken düzenlemeler özetlenmiştir ve uygulamaların sonuçları belirtilmiştir. Ek olarak, yeni yapılacak yoğun bakımlar için kaynakta enfeksiyonu uzaklaştırma adına havalandırma sisteminde yeni bir düzenleme de ortaya koyulmuştur. Havalandırma, enfeksiyon kontrolü anlamında hastanelerdeki en kritik konuların başında gelmektedir ve direkt olarak basınç ilişkisinin sağlanması ile enfeksiyon kontrolü sağlanabilmektedir. Ancak mevcut hastane altyapıları ya da otomasyon sistemleri bu duruma cevap verebilecek nitelikte değildir. Merkezi iklimlendirme sistemleri anlamında karışım havalı, ısı geri kazanımlı ve %100 taze havalı sistemlerde alınabilecek önlemler birbirinden farklıdır. Resirküle havayı kullanan fancoil ya da split klima sistemleri ise mahalde yeterli havalandırma bulunmuyorsa kapatılmalıdır. Doğal havalandırma bir çözüm gibi dursa bile dış ortam şartlarına bağlı olması ve kontrol edilememesi nedeni ile bir alternatif olarak düşünülmemelidir. Ancak, hasta odalarında bir merkezi yüksek tutma verimine sahip filtrelerin kullanımı düşünülse de basınç kaybındaki artış iklimlendirme sistemi bu basınç farkına göre tasarlanmadığı için gerek istenilen debinin sağlanamaması gerekse motorlardaki aşırı yüklenme nedeniyle oluşabilecek ısınma ve yangın riski nedeni ile ihtiyatla değerlendirilmelidir. Aynı şekilde UV-C lambaların kullanımını da bu süreçte ele alınan bir başka konu olmuştur. Pandeminin önce özellikle merkezi iklimlendirme sistemlerinde soğutma serpantininden sonra yapılan uygulama ile yoğuşmanın neden olduğu yüzeyde film tabakasının oluşması engellenmekte ve böylece bakım ve işletme maliyetleri de azaltılabilmekteydi. Ancak, lambaların maliyeti ve bakım sorunları bu sistemlerin terk edilmesine neden

olmuştu. Pandemi ile gerek merkezi santrallerde gerekse oda üstü uygulamalarla bu sistemler tekrar önem kazanmış ve kullanılmaya başlanmıştır. Ancak, doğru miktarda dozlama ve uygun şartlarda kullanım ile istenilen etkinin alınabileceği belirtilmelidir ve konunun profesyonelleri ile çalışılması gerekmektedir. Buna ek olarak, üst oda (upper-room) UV-C sistemleri ile özellikle bekleme salonlarında doğru seçim ve işletme koşulu ile pozitif bir etki sağlanabilecektir. Bu sistemlerin montajında dikkat edilmesi gereken konu lambanın zeminden yüksekliğidir. Mahal içindeki kişilerin lambayı direkt olarak görmemesi bir koruyucu kanatçık sisteminin arasından UV-C'nin mahalın üst kısmına etki etmesi gerekmektedir. Mahaldeki kişilerin etkisi ile hava üst zona doğru taşınacaktır ve burada UV-C ışınları virüsleri etkisizleştirecektir. Mahaldeki yaşam alanı bölgesinde (alt zon) 8 saatlik maruziyet süresinde geniş bant ışınım için 30 J/m^2 , 254 nm dalga boyundaki ışınım için 60 J/m^2 değerlerini geçmemesi gerekir. Bu değerler radyometre ile ölçülerek hesaplanabilir ve yine bu cihazların etkenlikleri mahaldeki mikrobiyolojik testlerle de belirlenmiş olmalıdır. Tavan yüksekliğinin 2.4 m olduğu bir mahalde 30 W gücünde bir lambanın yaklaşık 19 m^2 için yeterli olabileceği gösterilmiştir. Tavan yüksekliğinin 3 m olduğu durumda ise 30 W gücünde bir lamba için yaklaşık 24 m^2 'lik bir alan yeterli olacaktır.

Hastanelerde merkezi iklimlendirme sistemleri mekanik havalandırma ve basınç ilişkilerinin sağlanması adına önemli bir yere sahiptir. Bu süreçte %100 taze hava ile çalışma yaklaşımı ile havanın mahal içindeki resirkülasyonu önlenmiştir. Bununla birlikte, bu sistemlerin son yıllarda karışım havalı olarak tasarlanmış olması ve %100 taze hava ile çalıştırılması mahaldeki konfor şartlarının da bozulması anlamına gelecektir. Özellikle döner tip ısı geri kazanım üniteleri konusunda bazı çekinceler oluşmuştur. Ancak, REHVA (Şekil 9) uygun basınçlandırma koşullarının sağlanması ile bu tip ısı geri kazanım cihazlarının kullanılabilirliğini belirtmiştir. Bu tip ısı geri kazanım ünitelerine sahip merkezi iklimlendirme sistemlerinde fan pozisyonlaması uygun olsa da yaklaşık %3-5 arasında sızıntı riski bulunmaktadır. Bir tasfiye sektörü (purge section) ilavesi ile bu sızıntı riski de minimize edilebilir. Ek olarak, bu tip bir ısı geri kazanım ünitesinin kullanıldığı yerlerde rotorun çevresel kaçaklarının önlenmesi için rotor etrafındaki contaların da değiştirilmesi ya da kontrol edilmesi gerekmektedir.

Tasfiye (purge) sektörü, tekerin dönüşünden kaynaklanan (taşıma ile) sızıntıyı pratik olarak ortadan kaldıran bir cihazdır. Konumu ve ayarı (açısı), fanların konfigürasyonuna ve basınç ilişkilerine bağlı olarak üretici kılavuzuna göre düzenlenmelidir. Bu kapsamda taşıma (carry over) ile ilgili olarak, yani egzoz tarafından gelen ve ısı değiştiricisinde kalan ve daha sonrasında besleme tarafına geçen hava miktarının ve/veya yüzdesinin belirlenmesi için Eş. 2 kullanılır.

$$c = \frac{r^2 \cdot \pi \cdot l \cdot f \cdot n}{120 \cdot q} \cdot 100 \quad (2)$$

Bu eşitlikte, c; taşıma (carry-over) yüzdesini (tasfiye sektörü yokken), r; rotorun çapını (m), l; rotorun enini (m), n; rotorun dönüş hızını (dev/dak), q; besleme havası debisini (m^3/s) ve f; rotorun porozitesini (yaklaşık 0,95) belirtmektedir. Rotorun dönmesi ile arada kalan hava için bir purge bölümünün olması yıkama etkisi ile besleme havası tarafına karışmayı minimize eder. Purge bölümü besleme havası tarafında konumlandırılmalıdır (Şekil 10).

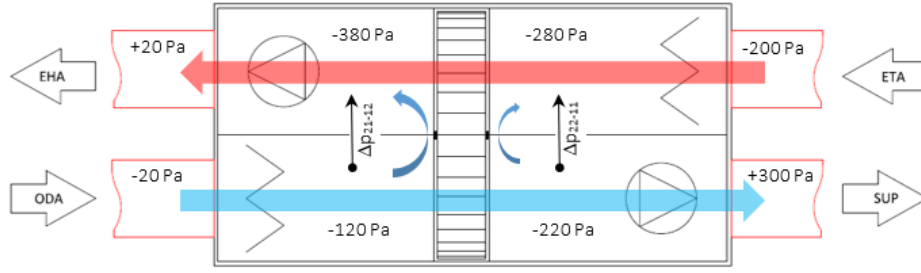
Purge kısmının büyüklüğü eşanjörün ısı verimini de etkiler. Olması gerekenden büyük bir purge bölümü ısı veriminin azalmasına neden olacaktır. Bu nedenle purge kısmının boyutlandırılması da önemlidir. Genellikle 2,5 ve 5°'lik tasarımlar mevcuttur. Purge kısmının boyutunun belirlenmesinde ise Eş. 3 kullanılır.

$$\alpha = \frac{l \cdot n \cdot 6}{v} \quad (3)$$

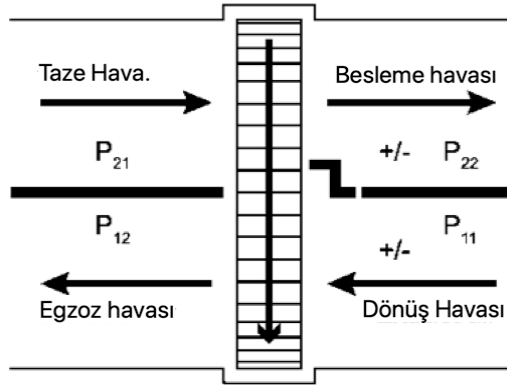
Bu eşitlikte l; rotorun enini (m), n; rotorun devrini (dev/dak) ve v; purge kısmındaki havanın hızını (m/s), ve α ; purge kısmının açısını vermektedir. Bu eşitlikte en önemli parametre purge kısmındaki havanın hızıdır ve statik basınç koşullarına bağlıdır.

Klima santrallerinde yapılabilecek bir diğer önlem ultraviyole lambaların kullanımudur. Ultraviyole enerji görünür ışıktan daha kısa dalga boyuna sahiptir ve dört dalga boyu aralığında sınıflandırılır: UV-A, 400-315 nm, UV-B, 315-280 nm, UV-C 280-200 nm ve vakum UV. Bunlar arasında DNA'ya zarar vererek virüs ve bakterileri etkisiz hale getiren dalga boyu UV-C'dir ve optimum 253,7 nm dalga boyuna sahiptir. Klima santrallerinde ya da kanal içi ultraviyole lamba uygulamalarında dikkat edilmesi gereken en önemli konu maruz kalma süresidir. Bir virüsün ya da bakterinin etkisiz hale getirilmesi için hava akımında belirli bir süre ultraviyole ışına maruz kalması gerekmektedir. Klima santrallerinde ya da difüzörlerde böyle bir uygulama için hedef virüs ya da bakteri için maruziyet süresinin belirlenmesi gerekmektedir (Kowalski, 2006 ve Kowalski 2002).

Yoğun bakımların önemi yatak sayısı anlamında pandemi sürecinde bir kez daha anlaşılmıştır. Yoğun bakım tasarımında izolasyon odaları pozitif basınçlı, negatif basınçlı ya da kombine tipte olabilir. Pozitif basınçlı izolasyon odaları hastanın enfeksiyona açık olduğu durumlarda hastayı korumak için negatif basınçlı izolasyon odaları ise hastanın solunum yoluyla bulaşabilen bir enfeksiyonu olduğunda personeli ve diğer hastaları korumak için tasarlanır. Bir hastanede izolasyon odalarının sayısı toplam yatak sayısının yaklaşık %1'i kadardır. Pandemi sürecinde bu kadar az yatak sayısı hasta odalarının, ameliyathanelerin, tüm yoğun bakım arenasının vb. geçici çözümlerle (Shadpour, 2020 ve Hyttinen, 2011) negatif basınçlı izolasyon odaları gibi kullanılmasını sağlayacaktır.



Şekil 9. Döner tip ısı geri kazanım ünitesinde basınçlandırma ile sızıntının minimize edilmesine ait en iyi konfigürasyon seçeneği (REHVA) (Best configuration option for minimizing leakage with pressurization in rotary type heat recovery unit)



Şekil 10. Tasfiye sektörünün konumlandırılması (Positioning the purge sector)

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada pandemi sürecinde mevcut hastanelerde tesisat sistemleri ile ilgili alınması gereken önlemler özetlenmiştir ve Gazi Üniversitesi Hastanesi'nde gerçekleştirilmiş olan uygulamalar açıklanmıştır. Virüsün (Covid-19) yayılımı tüm dünya ülkelerini etkilemiştir ve kapalı alanlar bulaş riskinin en yoğun olduğu yerlerdir. Havalandırma, kapalı alan içindeki virüs yükünü azalttığı için kapalı alanlarda riski minimize etmek adına en etkili önlem olarak karşımıza çıkmaktadır. Covid-19 enfeksiyon riski hesaplama aracı da farklı bina tiplerinde farklı havalandırma durumları için tam karışmış oda ve tek zon koşullarında Wells-Riley denklemi ile enfeksiyon riski yüzdesini hesaplayacak bir yaklaşım önermektedir.

Hastaneler doğaları gereği virüs yükünün en yoğun olduğu kapalı alanlardır. Bu binalarda mekanik havalandırma ile mahallerin iklimlendirilmesi ve basınçlandırması sağlanır. Pandemi döneminde özellikle negatif basınçlı izolasyon odalarının yetersizliği nedeni ile tesisat anlamında geçici çözümler kullanılarak negatif basınçlı oda sayısı artırılabilir. Yoğun bakımların pandemi senaryolarına göre tasarımında bazı değişikliklere gidilmesi kaçınılmazdır. Özellikle pandemi durumunda tüm yatakların negatif basınçlı izolasyon odası gibi çalıştırılması, hasta yatağına yakın bir yerden ayrı bir egzoz sistemi havanın egzoz edilebilir hale getirilmesi ya da yoğun bakımların giriş holüne negatif basınçın sağlanması gibi alternatifler düşünülebilir. Bu süreçte dikkatle değerlendirilmesi gereken bir başka konu basınçlı hava ve oksijen

sisteminin uygunluğudur. Oksijen genellikle kriyojenik olarak depolanır ve gaz fazında geçerken evaporatörde bir buz tabakası oluşur. Bu buz tabakası oksijen debisinin artmasıyla artacaktır. Evaporatördeki buzlanma sürekli takip edilmelidir. Basınçlı hava sisteminde ise sistem imkan veriyorsa kompresördeki basınç bir miktar azaltılarak serbest hava debisi artırılabilir. Hastaneler bu süreçte virüsün kontrol edilebilmesi anlamında en önemli binalardır ve bu binaların işletiminde hayati öneme sahiptir. Mevcut hastanelerde geçici çözümlerle sağlık sistemindeki yük azaltılabilir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

M. Zeki YILMAZOĞLU: Ulusal ve uluslararası Covid-19 çalışma gruplarında yer alarak tesisat sektörü ile ilgili güncel bilgilerin toplanmasını ve uygulanmasını sağlamıştır. / By taking part in national and international Covid-19 task groups, he provided the collection and implementation of up-to-date information about the HVAC sector.

Ahmet DEMİRCAN: Gazi Üniversitesi Hastanesi Başhekimi ve Koronavirüs Bilim Kurulu üyesi olarak

bilgi üretimi ve uygulamaların hayata geçirilmesini sağlamıştır. / As the Chief Physician of Gazi University Hospital and a member of the Coronavirus Science Board, he provided information production and implementation of applications.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur. / There is no conflict of interest in this study.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] ASHRAE Position Document on Infectious Aerosols, https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/pd_infectiousaerosols_2020.pdf, (2020).
- [2] Dai H., Zhao B., “Association of infected probability of COVID-19 with ventilation rates in confined spaces: a Wells-Riley equation based investigation”, medRxiv 2020.04.21.20072397; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.21.20072397>, (2020).
- [3] <https://elpais.com/ciencia/2020-06-06/radiografia-de-tres-brotos-asi-se-contagiaron-y-asi-podemos-evitarlo.html?ssm=whatsapp>, (2020).
- [4] Hyttinen M., et al., “Airborne Infection Isolation Rooms – A Review of Experimental Studies”, *Indoor Built Environment*, 20: 6, 584-594, (2011).
- [5] Faridi, S., et al. “A field indoor air measurement of SARS-CoV-2 in the patient rooms of the largest hospital in Iran”, *Science of the Total Environment*, 725, 138401. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138401>, (2020).
- [6] <http://gazi.edu.tr/posts/view/title/universitemiz.-kovid-19-bulasma-riskini-hesaplayan-veni-bir-yontem-gelistirdi-261070>, (2020).
- [7] <https://www.ttdm.org.tr/covid-19/covid-19-enfeksiyon-hesaplama-araci>, (2020).
- [8] Kowalski W.J., “*Aerobiological engineering handbook*” McGraw-Hill, New York, (2006).
- [9] Kowalski W.J., Bahnfleth W.P., “UVGI design basics for air and surface disinfection”, *HPAC Engineering* 72(1):100-110, (2002).
- [10] Morawska L., Milton D.K., “It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19”, [published online ahead of print, 2020 Jul 6]. *Clin. Infect. Dis.*, doi:10.1093/cid/ciaa939, (2020).
- [11] Fennelly K.P., Martyny J.W., Fulton K.E., Orme I.M., Cave D.M., Heifets L.B., “Cough-generated aerosols of Mycobacterium Tuberculosis: A new method to study infectiousness”, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 169: 604–609, (2004).
- [12] REHVA, Covid-19 Guidance Document, August 2020, “How to operate HVAC and other building service systems to prevent the spread of the coronavirus (SARS-CoV-2) disease (COVID-19) in workplaces”, (2020).
- [13] Shadpour F., “Makeshift Negative Pressure Patient Rooms In Response to Covid-19”, *ASHRAE Journal*, July 2020, 24-31, (2020).
- [14] Stephens B., “HVAC filtration and the Wells-Riley approach to assessing risks of infectious airborne diseases”, *NAFA Foundation Report*, (2012).
- [15] Sun Y., Wang Z., Zhang Y., Sundell J., “In China, students in crowded dormitories with a low ventilation rate have more common colds: Evidence for airborne transmission”, *PLOS ONE*, 6(11):e27140, (2011).
- [16] Xie X.J., Li Y.G., Sun H.Q., Liu L., “Exhaled droplets due to talking and coughing”, *Journal of The Royal Society Interface* 6:S703–S714, (2009).
- [17] Wainwright C.E., Frances M.W., O’Rourke P., Anuj S., Kidd T.J., Nissen M.D., Sloots T.P., Coulter C., Ristovski Z., Hargreaves M., Rose B.R., Harbour C., Bell S.C., Fennelly K.P., “Cough-generated aerosols of Pseudomonas aeruginosa and other Gram-negative bacteria from patients with cystic fibrosis”, *Thorax*, 64: 926–931, (2009).
- [18] Yılmazoğlu M.Z., “Kapalı Alanlar için Enfeksiyon Riski Hesaplama Aracı”, *TTMD Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi*, Sayı 127, 76-79, (2020).