



# **ASHRAE Hava Yoluyla Bulaşan Hastalıklar Görüş Belgesi**

## **İklimlendirme Sistemleri Etkisi ve Öneriler**

**ASHRAE Yönetim Kurulu onay tarihi  
19 Ocak 2014**

**Teknoloji Konseyi teyit tarihi  
5 Şubat 2020**

**Son geçerlilik tarihi: 5 Ağustos 2020**

,

## KOMİTE ÜYELERİ

ASHRAE Hava Yoluyla Bulaşan Hastalıklar Pozisyon Belgesi, 12 Eylül 2012 tarihinde oluşturulan Hava Yoluyla Bulaşan Hastalıklar Pozisyon Belgesi Topluluk Komitesi tarafından Larry Schoen başkanlığında geliştirilmiştir.

**Lawrence J. Schoen**

Schoen Engineering Inc  
Columbia, MD

**Michael J. Hodgson**

OSHA - İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi  
Washington, DC

**William F. McCoy**

Phigenics LLC  
Naperville, IL

**Shelly L Miller**

Colorado Üniversitesi  
Boulder, CO

**Yuguo Li**

Hong Kong Üniversitesi  
Hong Kong

**Russell N. Olmsted**

Saint Joseph Mercy Sağlık Sistemi  
Ann Arbor, MI

**Chandra Sekhar**

Singapur Ulusal Üniversitesi  
Singapur, Singapur

### Eski Üyeler ve Katkıda Bulunanlar

**Sidney A. Parsons, PhD, merhum**

Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Konseyi  
Pretoria, Güney Afrika

### Yetkili Komiteler

Çevre Sağlığı Komitesi başkanları da *resen* üyeler olarak hizmet etmiştir.

**Pawel Wargocki**

Çevre Sağlığı Komitesi, Başkan  
Danimarka Teknik Üniversitesi  
Kongens, Lyngby, Danimarka

## REVİZYON / TEYİT / İPTAL TARİHLERİ

Aşağıda bu belgenin revizyon, teyit ve iptal tarihleri özetlenmektedir:

6/24/2009 — Yönetim Kurulu, Hava Yoluyla Bulaşan Hastalıklar konulu Görüş Belgesini onayladı

1/25/2012 — Teknoloji Konseyi, Hava Yoluyla Bulaşan Hastalıklar konulu Görüş Belgesinin teyidini onayladı

1/19/2014 — Yönetim Kurulu, Hava Yoluyla Bulaşan Hastalıklar konulu gözden geçirilmiş Görüş Belgesini onayladı

31/01/2017 - Teknoloji Konseyi, Hava Yoluyla Bulaşan Hastalıklar konulu Görüş Belgesinin teyidini onayladı

5/2/2020 - Teknoloji Konseyi, Hava Yoluyla Bulaşan Hastalıklar konulu Görüş Belgesinin teyidini onayladı

**Not:** ASHRAE Teknoloji Konseyi ve farkındalık komitesi her 30 ayda bir revizyon, teyit veya iptal önermektedir.

Not: ASHRAE pozisyon belgeleri Yönetim Kurulu tarafından onaylanır ve topluluğun belirli bir konudaki görüşlerini ifade eder. Bu belgelerin amacı, ASHRAE uzmanlığı dahilindeki konularla ilgilenen kişilere, özellikle sağlam kamu politikalarının hazırlanmasında yardımcı olacak alanlarda objektif ve yetkin alan bilgileri sağlamaktır. Bir başka amaç da ASHRAE'nin pozisyonunu üyeleri ve profesyonelleri için HVAC & R sanat ve bilimini ilerletme yolunda eğitici bir araç olarak sunmaktır.



## İÇİNDEKİLER

### ASHRAE Hava Yoluyla Bulaşan Hastalıklar için Görüş Belgesi

BÖLÜM	SAYFA
Özet .....	6
Yönetici Özeti .....	7
1. Konu .....	8
2. Önceki Çalışmalar .....	8
2.1 Bulaşıcı Hastalıklarda Bulaşmaya Giriş .....	8
2.2 Hava Yoluyla Enfeksiyonun Matematiksel Modeli .....	10
2.3 Hava Yoluyla Bulaşma Hangi Hastalıklar İçin Önemlidir? .....	11
3. Bina Sahipleri, İşletmeciler ve Mühendisler için Pratik Uygulamalar .....	12
3.1 Tesis Türüne Göre Farklı Yaklaşımlar .....	13
3.2 Havalandırma ve Hava Temizleme Stratejileri .....	13
3.3 Sıcaklık ve Nem .....	16
3.4 HVAC Dışı Stratejiler .....	18
3.5 Acil Durum Planlaması .....	18
4. Öneriler .....	19
5. Kaynakça .....	22

## ÖZET

Bulaşıcı hastalıklar birçok yolla yayılır. Tüberküloz ve bazı durumlarda influenza, soğuk algınlığı ve benzeri hastalıklar hava yoluyla bulaşır. Yayıma, ASHRAE'nin küresel lider ve başlıca teknik ve eğitimsel bilgi kaynağı olduğu ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemleri kanalıyla hızlanabilir veya kontrol edilebilir.

ASHRAE, havalandırma oranları, hava akış rejimleri, filtrasyon ve ultraviyole antiseptik ışınlama (UVGI) da dahil olmak üzere HVAC sistemleri yoluyla havadaki bulaşıcı hastalık taşınımını kontrol eden spesifik teknikler konusunda araştırmaları desteklemeye devam edecektir.

ASHRAE, her tür tesisin asgari olarak en son uygulama standartlarına ve yönergelerine uymasını tavsiye eder. ASHRAE'nin 62.X Standartları birçok farklı tesis tipinde havalandırma işlemlerini ve Standart 170 ise sağlık yapıları için asgari iklimlendirme/havalandırma gereklilikleri tanımlar. Havadaki bulaşıcı hastalıkları kontrol altına almak ve yeni bulaşıcı ajanların neden olabileceği muhtemel salgınlara karşı hazırlıklı olmak için, yeni ve mevcut sağlık hizmeti sunum ve bekleme alanları, kalabalık barınaklar ve benzeri tesisler, ASHRAE'nin *İç Hava Kalitesi Rehberi* (2009)'nde belirtilen teknikleri kullanarak bu belgelerde belirtilen minimum gereksinimleri veya daha iyisini sağlamalıdır.

## YÖNETİCİ ÖZETİ

Bu belge (PD) ASHRAE üyelerine ve diğer paydaşlara şu konularda bilgi sağlamak için yazılmıştır:

- Bulaşıcı hastalıkların sağlığa etkileri ve bulaşma yolları
- Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinin tasarım, kurulum ve işletme uygulamaları
- Günlük operasyon ve acil durumlar için tesis yönetim ve planlamasını destekleyici araçlar

Temas (hem doğrudan hem de dolaylı), büyük damlacıklar ile bulaşma ve bulaşıcı mikroorganizmalar içeren havadaki partiküllerin solunması dahil, birçok hastalık bulaşma yolu vardır. HVAC uzmanları, hastalıkların bulaşmasını önlemede öncelikle havadaki partiküllerle bulaşan hastalıklara odaklanırlar.

## 1. KONU

Hastalıkların hava yoluyla bulaşma potansiyeli genel olarak bilinmekte, ancak hangi hastalıkların öncelikle hava yoluyla, hangilerinin kısa mesafeli damlacıklar yoluyla, hangilerinin doğrudan veya dolaylı temas ya da bir veya birden fazlasının kombinasyonu olarak yayıldığı konusunda belirsizlikler devam etmektedir.

Havalandırma ve hava akışı uygulamaları, sadece belirli hastalıkların bulaşmasını kontrol altına almada etkilidir. Binalarda uygulanabilen çok çeşitli havalandırma ve hava akış uygulamaları vardır.

Bu çalışmada belirtilenler öncelikli olarak insandan insana bulaşan hastalıklar için geçerli olsa da, burada yer alan prensipler mikroorganizmaları hava yoluyla yayılan *Legionella spp.* ya da küf sporları içeren organik madde içeriği bulunan bina su sistemleri gibi çevresel kaynaklardan oluşan enfeksiyonlar için de geçerlidir.<sup>1</sup> Böyle bir bulaşığın kontrolünde ilk adım, havada yayılmadan önce onu kaynağında yok etmektir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1 Bulaşıcı Hastalıkların Aktarımına Giriş

Bu belge, bulaşıcı hastalığın enfekte olmuş bir kişiden diğer bir kişiye mikroorganizma içeren havada asılı partiküller (aerosoller) yoluyla yayılmasını kapsar ki buna *çapraz bulaşma* ya da *insandan insana bulaşma* denir.

Bu belge, doğrudan veya dolaylı temas ile maruz kalma yollarını kapsamaz. Doğrudan temas, dokunma, öpüşme, cinsel temas, oral sekresyonlarla temas, cilt lezyonları, kan nakli veya intravenöz enjeksiyonlar gibi ilave yollarla olan yüzey temaslarıdır. Dolaylı temas, kontamine kapı tokmağı ya da sandalye, koltuk, yatak başları gibi enfeksiyonla teması olan ve enfeksiyon nakletme özelliği olan cansız bir ara yüzeyle temastır.

Hava yoluyla maruz kalma, (1) enfekte kişinin yaklaşık 1 m kadar çevresine düşen damlacıklar ve (2) saatlerce havada asılı kalabilen ve uzun mesafelere taşınabilen küçük partiküller yoluyla gerçekleşir. Akut enfeksiyonu olan bir hastanın ürettiği damlacıkların ve küçük partiküllerin iletim aerobiolojisi Şekil 1'de gösterilmektedir.

Büyük damlacıklar ağır olduklarından ve yer çekimi etkisi altında hızla yere düştüklerinden, buharlaşma yoluyla çapları azalıp aerosol haline gelmedikleri sürece, genel seyreltme, basınç farkları ve emiş havalandırması, damlacık konsantrasyonlarını, hızlarını ve hareket yönlerini önemli ölçüde etkilemez. Damlacık çekirdekleri terimi, havada büyük damlacıkların kuruyarak küçük parçacıklar haline geldiği durumu tarif etmek için kullanılır (Siegel ve diğ. 2007).

Bu pozisyon belgesinin kapsamı, aktarım tipleri içinden, HVAC sistemleri de dahil olmak üzere hava yoluyla çok uzun mesafeler kat edebilen aerosollerle sınırlıdır. Hava yolu, aerosol, ve damlacık çekirdeği gibi terimler bu pozisyon belgesi boyunca buna atıfta bulunmak için kullanılacaktır. HVAC sistemleri daha büyük partikülleri sürüklememektedir.

Damlacıklar ve küçük parçacıklar arasındaki boyut sınırı, kütle medyan aerodinamik çapı (MMAD) olarak 2,5 ila 10 µm şeklinde tanımlanmıştır (Shaman ve Kohn 2009; Duguid 1946; Mandell 2010). 30 µm veya daha büyük çaplı parçacıklar da havada asılı kalabilirler (Cole ve

1 ASHRAE'nin Legionella konusundaki yaklaşımı için bkz. ASHRAE (2012a). Okuyucular, bu su kaynaklı patojenin bulaşımının hafifletilmesi konusunda şu kaynaklara başvurabilirler: (ASHRAE 2000; CDC 2003; gelecek ASHRAE Standardı 188; OSHA 1999; SA Health 2013 ve WHO 2007). ASHRAE'nin küf ve nem konusundaki yaklaşımı için bkz. ASHRAE (2013d).



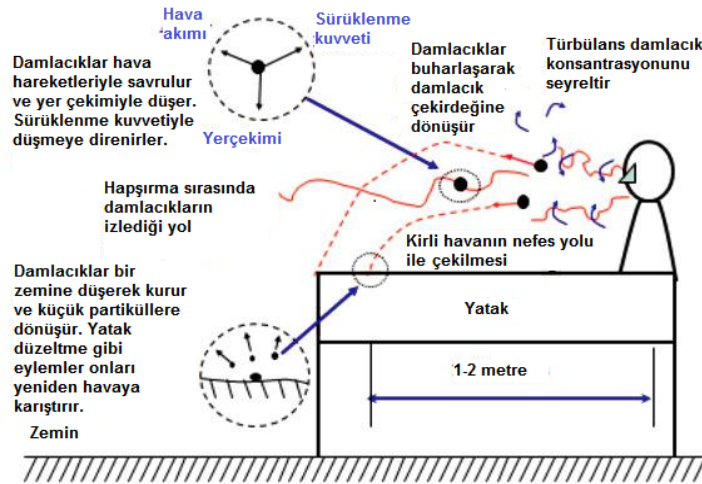
Cook 1998). Xie ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalar (2007), büyük damlacıkların ilk salım sırasında 50 ila 100  $\mu\text{m}$  çapında olabildiğini göstermektedir. Tang ve diğerleri (2006) büyük damlacık çapı için  $>60 \mu\text{m}$ , küçük damlacık çapı için  $<60 \mu\text{m}$  ve damlacık çekirdekleri için  $<10 \mu\text{m}$  MMAD olan bir skala benimsemiştir. Tam boyut sınırlamasının nasıl olacağından ziyade, büyük damlacıkların ve küçük parçacıkların farklı davrandığını ve küçük parçacıkların havada daha uzun kalabildiğini bilmek daha önemlidir.

Havada taşınan küçük parçacıklar tipik olarak öksürme, hapşırma, bağıırma ve daha az ölçüde şarkı söyleme ve konuşma ile üretilir. Hasta ve çok enfekte bireylerde nefes alıp vermek bile bu tür partiküllerin yayılmasına neden olabilir (Bischoff 2013). Öksürükle yayılan parçacıkların, hastalar ve hastalıklara bağlı olarak çok küçükten çok büyüğe kadar geniş bir çap aralığında olduğu düşünülmektedir (Riley ve Nardell 1989).

Fennelly ve diğerleri (2004) doğrudan tüberküloz hastalarından çıkan öksürük aerosolünün ölçümlerini yapmışlardır. Hastalar, üç ila dört koloni oluşturan ünitelerden (koloni oluşturan ünite - CFU, yaşayan, büyüyen ve enfeksiyöz olan organizmaların sayısına dair kültürleme tekniklerini kullanarak oluşturulan doğrudan bir ölçüdür) maksimum 633 CFU içerene kadar enfeksiyöz aerosol üretmiştir. Bu çalışmada ölçülen boyut dağılımları, öksürük kaynaklı aerosollerdeki canlı partiküllerin çoğunun hemen solunabilir olduğunu ve 0,65 ila 3,3  $\mu\text{m}$  arasında değiştiğini göstermektedir. Wainwright ve diğ. (2009) ayrıca kistik fibroz hastalarının öksürük aerosollerini ölçmüş ve *Pseudomonas aeruginosa* ve diğer Gram-negatif bakterileri içeren, yaşayan öksürük aerosollerinin % 70'inin  $<3,3 \mu\text{m}$ 'lik parçacıklar olduğunu kaydetmişlerdir. Pozitif oda havası örnekleri, öksürük aerosollerinde yüksek sayımlarla ilişkilendirilmiştir.

Bununla birlikte, birçok hastalık için öksürük partikül boyutu dağılımlarını tam olarak tanımlamak veya tahmin etmek için yeterli veri yoktur<sup>2</sup>. Onları daha iyi karakterize etmek için ilave araştırmalara ihtiyaç vardır (Xie ve diğ. 2009).

Parçacık büyüklüğü, havada süspansiyon ve aktarım konuları arasındaki ilişki 1950'lerde netleşmeye başlamıştır. Farklı yollar, uzun yıllar boyunca bulaşıcı hastalıklar pratiğinde geliştirilmiş farklı kontrol stratejileri gerektirir ve günümüzde artık bulaşıcı hastalık ve hastane epidemiyolojisi konularında uygulama standartları vardır. Enfeksiyon Kontrol ve Epidemiyoloji Profesyonelleri Derneği tarafından sağlanan [www.apic.org](http://www.apic.org) adresindeki profesyonel uygulama belgelerine bakılabilir.



Şekil 1 Damlacık süspansiyonu: enfekte bir hasta tarafından üretilen damlacıkların ve havada asılı küçük parçacıkların aerobiolojisi.

2 Öksürük partikül boyutu dağılımlarının, enfekte olmuş kişinin salgı viskozitesine, orofarenks (kabaca boğaz denilebilir) ve hava yollarının anatomik yapısına ve hastalık özelliklerine bağlı olarak değişmesi muhtemeldir.

Pek çok hastalığın, yatkın olan insanlar yaklaşık 1 ila 2 m arasında yaklaştığında daha yüksek bulaşma oranlarına sahip olduğu görülmüştür<sup>3</sup>. Bu kısa mesafede, hastalığa yatkınlığı olan kişi, enfekte olmuş kişiden, hem solunabilen büyük damlacıklara hem de havada taşınan parçacıklara (bkz. Şekil 1) önemli ölçüde daha fazla maruz kalmaktadır. Nicas ve Jones (2009) yakın temasın damlacık serpinthesine maruziyet yarattığını ve küçük parçacıkları ve solunabilir damlacıkları soluma maruziyetini maksimuma çıkardığını öne sürmüşlerdir. Bu nedenle, değişen boyutlarda parçacıklar / damlacıklar yakın mesafeden aktarıma katkıda bulunabilir (Li 2011).

Bu tür kısa mesafeden maruz kalmaları önlemek için, ister damlacık, ister havada asılı partikül yoluyla olsun, enfekte olan ve yatkın olan arasında 2 m mesafe bırakmanın koruyucu olduğu düşünülür ve seyreltici havalandırma gibi yöntemler etkili değildir.

## 2.2 Hava Yoluyla Enfeksiyonun Matematiksel Modeli

Riley ve Nardell (1989), genellikle Wells-Riley Denklemi olarak bilinen ve hava yoluyla enfeksiyonlara dair standart bir model sunan Eşitlik 1'i ortaya atmışlardır. Tüm matematiksel modeller gibi, bu modelin de sınırlamaları ve kabulleri vardır. Burada; C :yeni vakaların sayısını, S : enfeksiyona yatkın kişilerin sayısını, I : bulaştırıcı sayısını, q: enfeksiyöz aşamadaki bir vaka tarafından birim zamanda havaya katılan enfeksiyon doz miktarını, p: yatkın kişilerin birim süre başına hacimsel olarak pulmoner ventilasyon oranını, t: maruz kalma süresini ve Q ise verilen temiz veya dezenfekte edilmiş havanın hacimsel debisini ifade etmektedir.

$$C = S \left( 1 - e^{-\frac{Iqpt}{Q}} \right) \quad (1)$$

Bu ifade, enfeksiyona maruz kalma derecesini temsil eder ve  $\left( 1 - e^{-\frac{Iqpt}{Q}} \right)$  tek bir yatkın kişinin enfekte olma olasılığıdır. Bu modelin enfekte olmamış bireyler arasında farklılık gösteren yatkınlık düzeyini hesaba katmadığı unutulmamalıdır. Bu ve diğer nedenlerden dolayı, maruziyet mutlaka enfeksiyona yol açmaz<sup>4</sup>. q parametresi *kuantum (miktar)* terimine karşılık gelir. Wells (1995), q parametresini, ister tek bir organizma ister çok sayıda organizma içeriyor olsun, hastalık bulaştırıcı miktardaki dozu belirtmek için kullanmıştır. q değerini tam olarak saptamak zordur. Literatürde tüberküloz hastaları için saatte 1,25 ila 249 kuantum (qph) arasında (Riley ve diğ. 1962; Catanzaro 1982), kızamık için de 5480 qph (Riley ve diğ. 1978) olduğu belirtilmiştir.

q değerini tam olarak tespit etmenin zorluğu nedeniyle, Denklem 1 değişkenler arasındaki genel ilişkileri, örneğin temiz veya dezenfekte edilmiş hava hacminin hava yoluyla enfeksiyon üzerindeki etkisini anlamak için çok yararlıdır. Enfekte parçacıklar içeren havayı, enfekte olmayan parçacıklar içeren hava ile seyreltmek yoluyla Q değerini artırmak, maruziyeti azaltır. Q değeri, Bölüm 3.2'de tartışıldığı gibi filtrasyon ve UVGI dahil olmak üzere diğer mühendislik kontrol teknolojilerinin kullanılmasıyla da değiştirilebilir. Bu nedenle, Q değerinin kusursuz bir temsili için havalandırma, filtrasyon, katılma, yığılma, doğal etkisizleşme ve mühendislik yöntemiyle etkisizleştirme formlarının hepsi yer almalıdır.

3 Pnömonokok hastalığı gibi bulaşıcı pnömoniler (Hoge ve diğ. 1994) veya veba (CDC 2001) 'nın bu şekilde bulaştığı düşünülmektedir.

4 Bu durum, mantar, bakteri veya virüs olsun, çeşitli mikroorganizmalar için farklılık gösterir. Maruziyetten sonra mikroorganizma, enfeksiyona neden olabilmek için vücuttaki hedefine (örn. akciğer veya mukoza) ulaşmak zorundadır. Bazı enfektif partiküller, enfeksiyona neden olmak için mukozada birikmelidir, bunun yerine ciltte birikirse, enfeksiyon ortaya çıkmayabilir. Bir kişinin enfeksiyon riskini etkileyen bir diğer önemli unsur, belirli mikroorganizmalara karşı alta yatan bağışıklığı ve genel olarak bağışıklık durumudur. Örneğin, önceden M. Tuberculosis öyküsü olup ona karşı bağışıklık geliştiren bireyler enfeksiyonu rahat def edebilirler. Çocukken suçiçeği geçiren veya suçiçeği aşısı olmuş bir kişi, akut suçiçeği olan bir bireyle aynı evde yaşıyor olsa bile hastalığa yatkınlığı olmayacaktır. Öte yandan, HIV virüsü ile enfekte olan bireyler, örneğin tüberküloz ile enfekte olmaya daha yatkındır.

## 2.3 Hava Yoluyla Bulaşma Hangi Hastalıklar İçin Önemlidir?

Roy ve Milton (2004), hastalıkların hava yoluyla aktarılmasında, hastalık ajanının aktarılma ve hastalığı tetikleme kapasitesi temelinde zorunlu, tercihli ve fırsatçı olmak üzere üçlü bir sınıflandırma şeması tanımlarlar<sup>5</sup>. Bu sınıflandırma şemasına göre, sadece aerosoller tarafından başlatılan bir enfeksiyon olan tüberküloz zorunlu hava yoluyla bulaşan tek bulaşıcı hastalık olabilir. *Mycobacterium tuberculosis*, için, havadaki partiküllerin aerodinamik çapları yaklaşık 1 ila 5 µm'dir.

Tercihen havadan bulaşan ajanlar doğal olarak birden fazla yoldan enfeksiyon başlatabilir, ancak ağırlıklı olarak aerosoller yoluyla bulaşır. Bunlara kızamık ve su çiçeği örnekleri verilebilir.

Muhtemelen fırsatçı hava yoluyla bulaşan birçok hastalık vardır. Bunlar doğal olarak gastrointestinal sistem gibi yollardan hastalığa neden olan, ancak uygun ortamlarda yayılmanın etkili bir yolu olarak ince partiküllü aerosoller de kullanabilen enfeksiyonlardır. Bu hastalıkların birçoğu için hangi bulaşma yolunun öncelikli olduğu, belirsizliğini korumaktadır (Shaman ve Kohn 2009; Roy ve Milton 2004; Li 2011).

Soğuk algınlığı (rinovirüsler) ve grip, her ikisi de doğrudan temas veya enfeksiyon nakleden cisimler yoluyla bulaşabilir; ayrıca büyük damlacıklar ve hava yoluyla grip ve rinovirüs bulaşmasına dair de kanıtlar vardır (D'Alessio ve diğ. 1984; Wong ve diğ. 2010; Bischoff ve diğ. 2013).

Dick ve arkadaşları(1967, 1987) tarafından yapılan çalışma, soğuk algınlığının havadaki damlacık çekirdekleri yoluyla bulaşabileceğini düşündürmektedir. Deneysel çalışmalar (Dick ve diğ. 1987) deney odalarında kontrollü koşullar altında 1 m'nin ötesine bulaşmasının olası olduğunu belgelemekte ve rinoviral enfeksiyonun en az bir bileşeninin bu yolla bulaştığını kuvvetle düşündürmektedir. Yakın tarihli bir saha çalışması (Myatt ve diğ. 2004) bu sonucu desteklemekte ve önemini bir alan araştırması kapsamında belgelemektedir.

Hava yolunun potansiyel önemini kabul ederken, en azından soğuk algınlığı gibi yaygın viral hastalıklar için damlacık aktarımının çok daha önemli olduğunu düşündüren farklı yayınlar da vardır (Gwaltney ve Hendley 1978).

Mevsimsel influenza kontrolü, küçük parçacıklar tarafından hava yoluyla bulaşmaya dair çok daha önemli kanıtlar olmasına rağmen, onlarca yıldır büyük damlacık eksenli önlemlere dayanmaktadır. Örneğin, Gaziler İdaresi huzurevinde 1959 yılında influenza önleme çalışmaları kapsamında, oda üstü ultraviyole antiseptik ışınlama (UVGI) yöntemiyle personel ve hastalarda influenzada% 80'lik bir azalma tespit edilmiştir (McLean 1961). Bu, UVGI'nin bulunduğu oda üstü bölgelerinin hava akımlarının havadaki bulaşıcı parçacıkları taşıdığını ve etkisiz hale getirdiğini göstermektedir. Aktif olmayan (bulaşıcı olmayan) parçacıklar bu nedenle UVGI olmayan alanlara kıyasla UVGI ile kontrol edilen alanlarda personeli ve hastaları enfekte edememiştir.

Alaska'da yerde havalandırma sistemi kapatılan bir yolcu uçağındaki 54 yolcunun %72'si bir endeks olgudan influenza kapmıştır (Moser ve diğ. 1979). Bu salgının, hava yoluyla bulaşmaya dair bir diğer kanıt olduğu yaygın olarak düşünülmüş ve ayrıca yüksek enfeksiyon oranının kısmen havalandırma sisteminin çalışmamasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır (Moser 1979). Tellier (2006) tarafından yapılan bir inceleme, bu makalelerin önemini vurgulamakta ve pandemik influenza planlamasında hava yoluyla bulaşmanın dikkate alınmasını önermektedir. Bununla birlikte, Brankston ve diğ. (2007), aynı salgında havadaki iletim yolunun önemli olmadığı sonucuna varmışlardır.

5 *Fırsatçı* kelimesinin anlamı, tıptaki *fırsatçı enfeksiyon* teriminden farklıdır. Fırsatçı enfeksiyon, normalde hastalık yapmayan, ancak vücudun bağışıklık sistemi bozulup enfeksiyona karşı savaşamaz hale geldiği zaman patojenik olan enfeksiyona işaret eder.

1986 yılında ABD Donanma personeli arasında baş gösteren H1N1 grip salgını, aynı uçaklarda uçmalarına bağlanmıştır. Enfekte olmuş yatkinlar çoğunluk itibariyle, enfekte olmuş kişilerden 2 m'den daha uzakta yerleşmişlerdir (Klontz ve diğ. 1989). Bu da hava yoluyla bulaşma olduğunu göstermektedir.

2009 influenza A salgını (H1N1) endeks olgu hastasıyla konuşan dokuz tur grubu üyesi (%30) içindeki bir tek endeks olgu hastasıyla ve tur grubu üyesi olmayıp, hastanın iki sıra uzağında oturan bir uçak yolcusuyla gelişmiştir. Endeks olgu hastasıyla konuşmayan 14 tur grubu üyesinin hiçbiri hastalanmamıştır. Yazarlar bu nedenle bu salgının damlacık iletiminden kaynaklandığı ve hava yoluyla bulaşmanın bir etken olmadığı sonucuna varmışlardır (Han ve diğ. 2009).

Chu ve diğ. (2005), şiddetli akut solunum yolu sendromunun (SARS, coronavirus virüs ailesinin bir üyesinin yol açtığı şiddetli bir pnömoni - aynı aile sıradan soğuk algınlığına da neden olmaktadır) hava yoluyla bulaşmasının mümkün olduğunu belgelemiştir. Amoy Gardens yüksek katlı binalarında yaşanan çarpıcı SARS salgınında, hava yoluyla aktarılan damlacık çekirdeğinin, hastalığın temel yayılma şeklini oluşturduğu görülmüştür. Bunun nedeni büyük olasılıkla kurumuş zemin giderindeki mikrobik oluşumun tuvalet fanı ve rüzgarlar yardımıyla havaya yayılmasıdır (Yu ve diğ. 2004; Li ve diğ. 2005a, 2005b). Bir binadan diğerine ve özellikle binanın üst katlarına doğru yayılan hastalık paterni, hava yolu dışında tatmin edici bir açıklama akla getirmemiştir.

Çin'deki öğrenci yurtlarında yapılan bir araştırma, soğuk algınlığının hava yoluyla yayılması teorisini desteklemektedir (Sun ve diğ. 2011). Havalandırma oranları 13 binadaki 238 yurt odasında ölçülen karbondioksit konsantrasyonundan hesaplanmıştır. Yurt odalarındaki kişi başına dış ortam hava akış oranı ile yıllık soğuk algınlığı enfeksiyonu geçirenlerin oranı arasında 6 kat doz-yanıt ilişkisi bulunmuştur. Yurt odalarında ortalama  $5 \text{ L} / (\text{s} \cdot \text{kişi})$  ( $10 \text{ cfm} / [\text{s} \cdot \text{kişi}]$ ) taze hava miktarı %5 rapor edilmiş soğuk algınlığı vakası ile ilişkilendirilirken,  $1 \text{ L} / (\text{s} \cdot \text{Kişi})$  ( $2 \text{ cfm} / [\text{s} \cdot \text{kişi}]$ ) taze hava miktarı ve %35 rapor edilmiş soğuk algınlığı vakası ile arasında 6 kattan fazla doz-yanıt ilişkisi vardır.

Wat (2004) tarafından yapılan literatür incelemesi, altı solunum sistemi virüsünün bulaşma ve mevsimsellik özelliklerini tablo haline getirerek rinovirüs, influenza, adenovirüs ve muhtemelen koronavirüsün hava yoluyla bulaştığını göstermiştir.

Bu belgenin okuyucusu, yukarıdaki çalışmalarda gösterilen belirsizlik faktörünü de hesaba katarak (Shaman ve Kohn 2009) çeşitli bulaşma biçimlerinin önem düzeyleri hakkında açık fikirli olmalıdır. Hastalıkların aktarım mekanizması karmaşıktır ve global uygulamalar için tek boyutlu stratejiler uygun değildir.

### 3. Bina Sahipleri, İşletmeciler ve Mühendisler için Pratik Uygulamalar

Küçük parçacıklar, tüberküloz, Q-ateşi ve kızamık için belirtildiği gibi havalandırma sistemleri yoluyla taşınabilir (Li ve diğ. 2007). Bu nedenle, işyerlerinde salgınlar meydana geldiğinde, HVAC sistemleri üzerinden aktarım olabileceği düşünülmelidir. Doğrudan temas, enfeksiyon taşıyan cisimler ve büyük damlacık yollarıyla hastalık aktarımı, etkili önlemler yoluyla azaldıkça, hava yoluyla yayılmanın nispeten daha önemli hale gelmesi muhtemeldir.

İnfluenza iletimi, yılların birikimi olan halk sağlığı geleneğinin söylediği gibi sadece doğrudan temas veya büyük damlacıklar yoluyla değil, aynı zamanda daha yeni verilerin gösterdiği gibi hava yoluyla da gerçekleşiyorsa, HVAC sistemleri hastalığın bulaşmasında olduğu gibi, potansiyel iletim risklerinin azaltılmasında rol oynayabilir demektir.

Büyük popülasyonlarda enfeksiyonların bulaşmasını önlemek için HVAC sistemlerinin yapabilecekleri konusunda bazı pratik sınırlamalar vardır. Bazı durumlarda, enfeksiyonlar HVAC sistemlerinin yokluğunda bulaşmaktadır.

Bina sahipleri, işletmeciler ve mühendisler, enfeksiyonun toplulukta ve işyerlerinde yayılması, önlenmesi ve risk azaltma stratejileri hakkında bilgi sahibi olan enfeksiyon uzmanlarıyla işbirliği yapmalıdır.

### 3.1 Tesis Türüne Göre Farklı Yaklaşımlar

Sağlık kuruluşlarında, bulaşıcı hastalıkların hava yoluyla bulaşmasını engellemek için havalandırma tasarım kriterleri bulunmaktadır (FGI 2010; ASHRAE 2008). Bununla birlikte enfeksiyonların çoğu, endüstri veya sağlık kuruluşlarında değil, normal toplumsal mekânlarda bulaşmaktadır.

ASHRAE okullarda, hapishanelerde, barınaklarda, ulaşım araçlarında ve diğer kamu tesislerinde bulaşıcı hastalık kontrolü için 62.1 ve 62.2 Standartlarının öngördüğü genel havalandırma ve hava kalitesi gereksinimleri dışında spesifik *gereksinimler* öne sürmemektedir (ASHRAE 2013b, 2013c). Ancak bu pozisyon belgesindeki *yönlendirmeler* bu tesisler için de geçerlidir.

Sağlık kuruluşlarında, enfeksiyonları önlemek için alınan birçok standart önlem, doğrudan veya dolaylı temas yoluyla (örneğin, doğrudan sağlık personelinin elleri aracılığıyla) bulaşmayı azaltmayı amaçlamaktadır. Ayrıca hava yoluyla bulaşmayı da önlemeyi amaçlayan önlemler vardır (Aliabadi ve diğ. 2011).

İletim türlerinin göreceli önemlerini değerlendirmede yaşanan zorluk nedeniyle, sağlık tesislerindeki son çalışmalar “enfeksiyon kontrol öbekleri” (yani, aynı anda birden fazla türde önlem) üzerine odaklanmıştır (Apisarnthanarak ve diğ. 2009, vd. 2010a vd. 2010b; Cheng ve diğ. 2010). İki prototip hastalık, tüberküloz ve influenza için, bu paket, sağlık tesislerinde idari ve çevresel kontroller ile kişisel koruyucu ekipmanları içerir. Mevcut bilgi birikimi göz önüne alındığında, bu pratik bir çözümdür.

Biyomedikal laboratuvarlarda, hayvan araştırma tesislerinde ve sağlık tesislerinde hava kalitesi ve enerji konusunda özel yönlendirmeler içeren çalışmalar ve diğer yayınlar için, Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH) Araştırma Tesisleri Ofisi'nin web sayfasına (<http://orf.od.nih.gov/PoliciesAndGuidelines/Bioenvironmental>) bakınız.

Tüm stratejilerin ön koşulu iyi tasarlanmış, kurulmuş, işletmeye alınmış ve iyi işletilen bir HVAC sistemidir (Memarzadeh ve diğ. 2010; NIOSH 2009a).

Kodları, standartları ve uygulama yönergelerini içeren gereksinimlerin ötesine geçmek için, “Sağlık Tesislerinde Mycobacterium Tuberculosis’in Yayılmasını Önleme Yönergesi” (CDC 2005), Sağlık Tesisleri Tasarımı ve İnşa Rehberi (FGI 2010), İç Hava Kalitesi Kılavuzu: En İyi Tasarım, İnşaat ve Devreye Alma Uygulamaları (ASHRAE 2009), apic.org ve Öneriler bölümündeki Tablo 1'e başvurabilir ve ayrıca tesis kullanıcılarıyla riskleri tartışabilirsiniz. HVAC sistem tasarımcıları; mimarlar ve sıhhi tesisat mühendisleri gibi müttefik profesyonellerin, plansız hava akış kaynaklarının hava yoluyla bulaşan hastalıkları nasıl etkileyebileceğini anlamalarına yardımcı olabilir. Atık su tahliye boruları (özellikle uygunsuz şekilde monte edilmişse) ve duvar ve kapı kaçakları (sallanan kapıların pompa etkisi de dahil) bu plansız akışlara örnek olarak verilebilir.

### 3.2 Havalandırma ve Hava Temizleme Stratejileri

Küçük parçacıklar bir süre havada asılı kaldığı için, havayı taşıyan HVAC sistemlerinin tasarım ve çalışması, hastalığın bulaşmasını aşağıdaki şekillerde etkileyebilir:

- Hastalığa yatkın kişilere temiz hava sağlamak

- Kirli havayı tutmak ve / veya dış mekana tahliye etmek
- Mekandaki havayı dışarıdan alınan temiz hava ile seyreltmek ve / veya filtrelemek
- Odanın içindeki havayı temizlemek

Aşağıdaki stratejiler kullanılabilir: seyreltme havalandırması, laminer ve diğer oda içi akış rejimleri, diferansiyel oda basıncı, kişiselleştirilmiş havalandırma, kaynağından emiş havalandırması, filtrasyon (merkezi veya üniter) ve UVGI (oda üstü, oda içi ve hava akımında).

ANSI / ASHRAE / ASHE Standart 170-2008, *Sağlık Tesislerinin Havalandırılması*, odalar arasında havalandırma oranları, filtrasyon ve basınç ilişkileri dahil olmak üzere özel zorunlu HVAC gereksinimlerini içerir (ASHRAE 2008). *Sağlık Tesisleri Tasarım ve İnşa Rehberi* (FGI 2010), Standart 170 gereksinimlerini ve bu tesislerin tasarımcılarına rehberlik edebilecek diğer kriterleri açıklar.

Havalandırma, oda havasının bir kaynak tarafından seyreltilmesi ve bulaşıcı ajanların uzaklaştırılması yoluyla birincil bulaşıcı hastalık kontrol stratejisini oluşturur (CDC 2005). Ameliyathaneler de dahil olmak üzere birçok ortamda, tek yönlü düşük hızlı hava akışı için aspirersiz difüzörler gibi yönlendirilmiş besleme ve / veya egzoz havalandırması önemlidir (FGI 2010; ASHRAE 2008).

Bununla birlikte, hastalık bulaşmasında ölçülebilir bir azalma sağlamak için bulaşıcı parçacık yüklerinin ne kadar azaltılması gerektiği ve bu önlemleri alma maliyetini amorti edecek verimlilik düzeyinin ne olduğu belirsizliğini korumaktadır.

Talep kontrollü havalandırma gibi yıllık havalandırma oranlarını düşüren enerji tasarrufu stratejileri, özellikle ilave havalandırmanın düşük maliyetli olduğu ılıman hava koşullarında dikkatli kullanılmalıdır. Hava ekonomizörlerinin daha fazla kullanılması hem enerji tasarrufu hem de yıllık seyreltme havalandırması üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

Kullanıcı tarafından açılan pencerelerle sağlanan doğal havalandırma, çoğu havalandırma standardı ve kılavuzuna göre bir enfeksiyon kontrol yöntemi olarak ele alınmaz. Hastanelerde enfeksiyon kontrolü için doğal havalandırma ile ilgili çok az çalışma vardır. Bunu ele alan bir kılavuz, doğal havalandırma sistemlerinin mekanik sistemler için uygulama kılavuzlarında gerekli olan havalandırma oranlarından önemli ölçüde daha yüksek spesifik havalandırma hızlarına ulaşmasını önermektedir (WHO 2009).

Oda basınç farkları, bir binadaki alanlar arasında hava akışını kontrol etmede önemlidir (Siegel ve diğ. 2007; CDC 2005). Örneğin, hava enfeksiyon izolasyon odaları (AIIR'ler) potansiyel bulaşıcı ajanları odalar içinde tutmak için çevre alanlara göre negatif basınç altında tutulur. AIIR'ler için, bazı tasarımlarda ek seyreltme veya egzoz / yakalama havalandırması kullanılır (CDC 2005). İlginç bir şekilde, AIIR'lere yönelik kriterler, antrelere hava temini, boşluktan egzoz ve ihtiyaç duyulan havalandırma havası gibi çeşitli açılardan kültürler ve ülkeler arasında önemli ölçüde farklılık gösterir (Subhash ve diğ. 2013; Fusco ve diğ. 2012). Bu pozisyon belgesi uygulama kılavuzlarında antrelerin zorunlu olup olmaması konusunda hiçbir pozisyon almaz.

Bağışıklık yetersizliği olan bireylerin bulunduğu hastane odaları, korunaklı ortamlarda (PE'ler) potansiyel bulaşıcı ajanları (ör. *Aspergillus* sp. veya diğer filamentli mantarlar) odaların içine sokmamak için pozitif basınçta tutulur (Siegel ve diğ. 2007; FGI 2010; ASHRAE 2008).

CFD analizleri sonucu ortaya çıktığı üzere (Yang ve diğ. 2013), kişiselleştirilmiş havalandırma sistemleri %100 dış ortam havasını, yüksek oranda filtrelemek veya UV dezenfekte etmek suretiyle kişinin doğrudan solunum bölgesine vererek koruyucu etki gösterebilir (Cermak ve

diğ. 2006; Sekhar ve diğ. 2005). Bununla birlikte, bu yöntemin etkinliğini doğrulayan, bilinen bir saha çalışması yoktur. Kişiselleştirilmiş havalandırma, hem uzun mesafeler hem de kısa menzilli rotalar çizen aerosollere karşı etkili olabilir (Li 2011).

Merkezi havalandırma sistemlerine yüksek verimli partikül filtrasyonunun eklenmesi, enfeksiyöz partiküllerin havadaki miktarını azaltacaktır (Azimi ve Stephens 2013)<sup>6</sup>. Bu kontrol stratejisi, hem tekil alanlar içinde hem de aynı havalandırma sistemini kullanan çoğul alanlar arasında (örn. hastanelerdeki hasta odalarında, kamuya açık binalardaki lobilerde ve diğer meskun mahallerde) enfeksiyöz ajanların taşınımını azaltabilir.

Yerel, verimli filtrasyon üniteleri (tavana monte veya portatif, zemine oturtulmuş) yerel havadaki partikül yükünü azaltır ve sağlık tesisleri veya yüksek trafikli kamu binaları gibi alanlarda bu amaca hizmet edebilir (Miller-Leiden ve diğ. 1996; Kujundzic ve diğ. 2006).

Genel uygulama için iki UVGI stratejisi vardır: (1) klima santrallerine ve / veya havalandırma kanallarına kurulum ve (2) UV ışınlar odadaki insanlara zarar verdiği için işgal edilen alanların üst hava bölgelerine ışınım yapılması ve alt taraflarına koruyucu konarak insanların korunması (Reed 2010). İçi boş olan odaların ışınlanması, içi dolu bulunan odaların da (ameliyathaneler gibi) uygun kişisel koruyucu malzemeler (PPE) kullanılarak ışınlanması, hepsinde olmamakla beraber bazı sağlık tesislerinde kullanılan iki stratejidir (NIOSH 2009b).

Tüm UVGI uygulamaları, stratejiye bağlı olarak hem havada hem de yüzeylerde canlı mikroorganizmaların inaktivasyonunu amaçlar. ASHRAE (2009) ilk iki UVGI stratejisinin etkin uygulamalarını göstermektedir. Oda içi etkin ışınlama için örnek olarak bkz. "Otomatik Ultraviyole-C Yayan Cihaz Kullanarak Hasta Odalarından Hedeflenen Patojenlerin Dekontaminasyonu" (Anderson ve diğ. 2013).

Hem kanala monte edilmiş hem de boş oda içi UVGI'da, uygulanan radyasyon miktarı, oda üstü UVGI için kullanılabilene kıyasla çok daha yüksek olabilir, bu da daha yüksek aerosol nüfuzu ve daha hızlı inaktivasyon ile sonuçlanır. Kanala monte edilen UVGI, merkezi havalandırma sistemindeki filtrasyonla karşılaştırılabilir. Filtrasyon bunları sistemden uzaklaştırırken, UVGI potansiyel olarak bulaşıcı organizmaları etkisiz hale getirir. UVGI, havalandırma sistemine bir basınç düşüşü de getirmez.

UVGI'nin hem oda üstü hem de kanal içi konfigürasyonlarda bazı bulaşıcı organizmaları etkisiz hale getirdiğini (Riley ve diğ. 1962; Ko ve diğ. 2002; CDC 2005; Kujundzic ve diğ. 2007; VanOsdell ve Foarde 2002; Xu ve diğ. 2003, vd. 2005), hastalık bulaşma oranlarını etkileyebileceğini (McLean 1961) ve güvenle uygulanabileceğini (Nardell ve diğ. 2008) gösteren araştırmalar vardır.

Üst bölge UVGI, etkin bir şekilde uygulandığında (ASHRAE 2009; NIOSH 2009a; Miller ve diğ. 2013; Xu ve diğ. 2013), bulaşıcı ajanları yerel olarak etkisiz hale getirir ve kafeteryalar, bekleme odaları ve diğer kamusal alanlar gibi yüksek trafikli ve kamusal erişimli alanlarda düşünülebilir. Armatürler tipik olarak zeminin en az 2,1 m üzerine monte edilir ve dekontaminasyonun meydana gelmesi için armatürün üzerinde en az 0,3 m fazla boşluk bırakılır. Genellikle havalandırma oranları düşük olduğunda önerilir.

6 ach'den (ach: saatlik hava değişimi) daha büyük hava değişim oranlarında, oda üstü UVGI'sinin havalandırma ile partikül uzaklaştırmaya göre daha az etkili olduğuna dair kanıtlar

6 Filtre verimliliği partikül büyüklüğüne göre değişir, bu nedenle etkili olabilmek için gereken filtrasyon tipi organizmanın tipine ve onu taşıyan aerosole göre değişir. ASHRAE Standard 52.2 (ASHRAE 2012b), HEPA filtrasyonu gerekli olmadan çeşitli partikül boyutlarında filtre verimliliği için minimum verimlilik raporlama değerini (MERV) açıklar. Kullanılan ortam üzerinde toplanan organizmaların ve diğer kirleticilerin türüne bağlı olarak filtreleri değiştirirken özel personel güvenliği prosedürleri gerekebilir.

vardır. Bunun nedeninin, partiküllerin UV'ye daha az maruz kalması olduğu düşünülmektedir.

Oda içi UVGI, boşta olan odada belirli bir süre boyunca uygulanan yüksek ışınlama seviyeleri kullanılarak iki hasta yatışı arasında hasta odalarında gerçekleştirilebilir. Bu öncelikle bir yüzey dezenfekte stratejisidir, ancak ışınlama sırasında odada bulunan havayı da dezenfekte eder (Anderson ve diğ. 2013; Mahida ve diğ. 2013). UV bir sonraki hasta gelmeden kapatıldığı için, hava üzerinde sürekli bir etkisi yoktur.

Ameliyat sırasında havanın sürekli ışınlanması için bir strateji kullanılmıştır, ancak bu şu anda standart bir uygulama değildir. Bu stratejiyi kullanırken, ameliyathane personelinin UV radyasyonundan korunması tavsiye edilir.

Yukarıdaki stratejilerin hepsinin klinik etkinliğini gösteren, seyreltme havalandırması ve basınç farkı dahil mevcut uygulama standartları ve yönergeleri uyarınca gerekli hiçbir kontrollü müdahale çalışmasının yapılmadığı unutulmamalıdır

Çalışmalar yapılabiliyorsa, özellikle hapisaneler, evsiz barınakları ve sağlık tesisleri gibi mekânları kapsmalıdır. Diğer tesislerle karşılaştırıldığında, bunların hem enfekte olmuş hem de yatkın bireyler için daha yüksek bir riski vardır, bu da daha yüksek hastalık bulaşma oranlarına neden olduğundan, etkiyi daha ölçülebilir ve anlamlı hale getirir. Bu tür araştırmalar, HVAC sistem tasarımında yeni değişiklik önerilerini gündeme getirebilir. Özellikle (mikroorganizmaya özgü) havadaki virüs ve bakteri inaktivasyon oranlarını belgelemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Çeşitli stratejilerin dikkate alınabileceği mekân kategorilerinin bir özeti ve öncelikli araştırma ihtiyaçları için Tablo 1'e bakınız.

### 3.3 Sıcaklık ve Nem

Birçok HVAC sistemi, iç ortam nemini ve sıcaklığını kontrol edebilir, bu da bulaşıcı ajanların bulaşabilirliğini etkileyebilir. Elimizdeki mevcut kanıtlar, bağıl nemi (RH) kontrol etmenin, bazı influenza türleri de dahil olmak üzere havadaki birtakım bulaşıcı organizmaların iletimini azaltabildiğini düşündürse de, bu pozisyon belgesi bu konuda global bir tavsiyede bulunmaktan kaçınacaktır.

Memarzadeh'e (2011) göre, virüslerin bulaşımı üzerinde nem ve sıcaklığın etkisi hakkında yazılmış 120 makale incelendiğinde, çok sayıda araştırmacının, bağıl nemin potansiyel olarak iletim üzerindeki etkisini açıklayabilecek üç mekanizmanın varlığından söz ettiği görülmektedir. Olası mekanizmalardan biri, daha düşük nemin onları daha hızlı bir şekilde damlacık çekirdeğine dönüştürmesi, yüksek nemden etkilenen büyük damlacıkların daha yavaş buharlaşmasıdır. Nicas ve arkadaşları (2005), çıkan damlacıkların başlangıç çaplarının% 50'sine kadar buharlaştığını ve başlangıç çapının <20 µm olması durumunda bu işlemin, damlaların bir yüzeye düşmesinden önce gerçekleştiğini modelleyerek göstermiştir. Daha büyük çaplar ve daha yüksek nem olduğunda büyük damlacıklar daha düşmeden önce damlacık çekirdeğine dönüşecek kadar hızlı buharlaşamazlar. Wang ve diğ. (2005), insanların daha yüksek bir bağıl nemde daha az damlacık soluduğunu bulmuşlardır.

İkinci olası mekanizma, bağıl nemin konakçı düzeyinde rol oynamasıdır. Kuru havanın solunması burun mukozasının kurummasına neden olabilir ve bu da konağın solunum yolu viral enfeksiyonlarına karşı daha duyarlı olmasına yol açar. Üçüncü olası mekanizma, bağıl nemin virülansı etkileyebilecek şekilde virüs partikülü seviyesinde hareket etmesidir.

Yang ve Marr (2012b), su aktivitesi, yüzey inaktivasyonu ve tuz toksisitesi gibi nem ve virüslerin yaşayabilirliği arasındaki ilişkiyi açıklayan çoklu hipotezler de dahil olmak üzere aerosolize virüsler ve bağıl nem arasındaki ilişkinin karmaşık doğasını bir mini incelemede tartışmışlardır. Ayrıca, aerosol içindeki pH'da meydana gelen (buharlaşma ile endüklenen)



değişikliklerin enfektiviteyi bozduğuna dair kendi hipotezlerini öne sürmüşlerdir. Bu ilişkinin altında yatan kesin mekanizmaların büyük ölçüde doğrulanmamış olduğu, literatürde hala büyük boşluklar olduğu ve tam bir anlayış için disiplinler arası işbirliği ile daha derinlemesine çalışmalar gerekeceği sonucuna varmışlardır.

Memarzadeh (2011) ayrıca kapalı bir ortamın belirli bir sıcaklıkta ve belirli bir bağıl nemde tutulmasının, havadaki mikroorganizmaların hayatta kalma oranını azaltacağı ve dolayısıyla influenza virüsünün bulaşma olasılığını, iç ortam sıcaklığı ve bağıl nemin bu kadar sıkı kontrol edilmediği benzer bir ortama kıyasla azaltacağını söylemek için yeterli kanıt olmadığı sonucuna varmıştır.

Aşağıda çok sayıda münferit çalışmanın bulgularına örnekler verilmiştir.

Schaffer ve diğ. (1976), düşük (<% 40) ve yüksek (>% 80) bağıl nemde viral bulaşın orta bağıl nemden (yaklaşık% 50) çok daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Lowen ve diğ. (2007) ve Shaman ve Kohn (2009) düşük nemin ve düşük sıcaklığın kobaylar arasındaki influenza iletimini güçlü bir şekilde artırdığını ve bunun damlacık çekirdeğinin hızlı oluşumu ve enfeksiyöz ajanın daha fazla hayatta kalmasından kaynaklandığını öne sürmüştür. Lowen, iç mekan havasının nemlendirilmesinin (özellikle huzurevleri ve acil servisler gibi, komplikasyon riski yüksek olanlara bulaşmanın muhtemel olduğu yerlerde) influenza mevsimi boyunca influenza yayılımını ve vereceği zararı azaltmaya yardımcı olabileceğini öne sürmüştür.

Yang ve diğ. (2012a), insan mukusu da dahil olmak üzere çeşitli ortamlarda geniş bir bağıl nem aralığı ile influenza A virüsünün (IAV) yaşayabilirliği arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yaşayabilirlik ve bağıl nem arasındaki ilişkinin damlacık bileşimine bağlı olduğu sonucuna varmışlardır: tuzlu çözeltilerde canlılık azalmış, proteinlerle takviye edilmiş çözeltilerde önemli ölçüde değişmemiş ve mukusta önemli ölçüde artmıştır. Bu nedenle, mukus kullanmayan laboratuvar çalışmaları, sahada insan tarafından üretilen aerosollerin sonuçlarını temsil edemeyecek canlılık sonuçları verebilir. Sonuçları ayrıca, üç farklı bağıl nem aralığı ile tanımlı üç IAV yaşayabilirlik rejimi olduğunu göstermektedir.

Noti ve diğ. (2013) düşük bağıl nemde (% 23) influenza'nın maksimum enfektiviteyi (% 71 ila% 77) koruduğunu ve virüsün daha yüksek bağıl nemde (% 43) öksürükten 60 dakika sonra hızla inaktive olduğunu (%16 ila %22) göstermiştir. Bu çalışmada mankenler kullanılmış ve aerosolizasyon bir nebülizörde ve hücre kültür ortamı kullanılarak gerçekleştirilmiştir<sup>7</sup>.

Havadaki hastalık bulaşmasını azaltmak için yüksek iç ortam nemi kullanmanın, UVGI'nin etkinliğini olumsuz yönde etkileyebileceğini dikkate almak gerekir. S. marcescens, yapılan iki çalışmada, yüksek bağıl nem seviyelerinde UV ışığı altında artan bir sağkalım göstermiştir. Bu sonuç, yüksek bağıl nem seviyelerinde buharlaşma daha az olacağından ve kalın su tabakasının UV radyasyonuna karşı koruyucu etkisi olduğundan, daha büyük boyutlu partiküllerin UV radyasyonuna karşı dayanıklı olduğu izlenimini vermektedir (Tang 2009). Başka iki çalışma da UVGI'nin yüksek bağıl nemde daha az etkili olduğunu öne sürmekte ve bunu DNA konformasyonunda meydana gelen bir değişikliğe bağlamaktadır (Peccia ve diğ. 2001; Xu ve diğ. 2005).

Yukarıdakilere ek olarak, binaların işletilmesinde iç ortam sıcaklığı ve nem parametrelerini seçerken dikkate alınması gereken konfor sorunları da vardır. Örneğin, havadaki influenza

7 22 Kasım 2013'te yazarlardan Linsley ile yapılan e-posta yazışmaları sonucu, kullanılan ortamın, 100 U / ml penisilin G, 100 µg / ml streptomisin, 2 mM L-glutamin, % 0.2 sığır serum albümini ve 25 mM HEPES tamponundan oluşan Dulbecco'nun değiştirilmiş Eagle ortamı (CDMEM) olduğu öğrenilmiştir.

virüsünün hayatta kalma şansını azaltmak için optimum sıcaklık,% 50 bağıl nemde (Tang 2009) 30 ° C'nin üzerinde olabilir, bu da insan termal konforu için genellikle kabul edilemez (ASHRAE 2013a). Ayrıca yüksek nem, potansiyel küf ve rutubet problemleri olasılığını artırır (ASHRAE 2013b).

Yukarıdaki tüm nedenlerden dolayı, bu pozisyon belgesi, bulaşıcı hastalıkları kontrol etmek amacıyla iç ortam sıcaklığı ve nem ayarlaması hakkında global bir öneri sunmayacaktır. Ancak uygulayıcılar bina tasarım ve işletme kararlarını duruma göre vermek için yukarıdaki bilgileri kullanabilirler.

### 3.4 HVAC Dışı Stratejiler

Bina sahipleri ve yöneticileri, eğitim ve çalışanların hastalandığında evde kalmasına izin verme ve teşvik etme gibi politikaların HVAC müdahalelerinden daha etkili olacağını unutmamalıdır. İnfluenza gibi hastalıklara yakalananların derhal tanınması ve kaynak kontrolü (solunum hijyeni<sup>8</sup>) gibi idari önlemler de, özellikle sağlık tesislerinde çok önemlidir. Bazı durumlarda, yüksek performanslı kişisel koruyucu ekipmanlar (örn. N95 solunum maskeleri [CDC 2014]) da düşünülebilir.

Genel bir halk sağlığı önlemi olan aşılama, tesis işletimi ve bakımı dışında bir önlem olduğu için birçok hastalığa karşı verimli ve etkilidir. Öte yandan, bazen uygun aşı bulunamayabilir, bazen de etkisi yetersiz olabilir. Örneğin, influenza için ortalama% 60 ila % 70'lik bir etkinliğe rağmen (Osterholm ve diğ. 2012), "kötü eşleşme" yıllarında aşı etkinliği % 10'a kadar düşebilir (Belongia ve diğ. 2009). Böyle bir durumda, HVAC müdahaleleri daha az anlaşılabilir da daha önemli olabilir. Örneğin, yapılan yeni bir modelleme (Gao ve diğ. 2012) seyreltme havalandırmasının pandemi yönetiminde sosyal mesafeyi temel bir tamamlayıcı olarak destekleyebileceğini ve okul kapatma gereksinimini azaltabileceğini göstermektedir.

Bu havalandırma stratejileri hakkında güncel bilgiler için, okuyucular, Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (CDC), Ulusal Güvenlik Bakanlığı (DHS), ABD Sağlık ve İnsani Hizmetler Bakanlığı (USDHHS)'nin resmi grip web sitesi flu.gov, ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) (özellikle www.who.int/influenza/preparedness/en/, WHO 2014) gibi halk sağlığı ve güvenliği yetkilileri tarafından yayınlanan web sitelerine başvurmalıdır.

### 3.5 Acil Durum Planlaması

Yirminci yüzyılda, dünya çapında dört grip salgını meydana gelmiştir: 1918, 1957, 1968 ve 2009 (BOMA 2012). Gerçek pandemi olarak sınıflandırılmayan üç önemli epidemik vardır: 1947'de düşük ölüm oranlarına sahip bir psödopandemik, 1977'de çocuklar için pandemik olan bir epidemik ve pandemik potansiyele sahip olduğu için korkutan domuz gribi epidemiyi. 2009'daki en son H1N1 salgını dünya çapında binlerce ölümle sonuçlanmıştır, ancak yakın tarihin en ciddi salgını olan ve tahmini 50 milyondan fazla insanın ölümünden sorumlu olan 1918 İspanyol gribinin kaybına yaklaşmamıştır. Son 300 yıldır her yüzyılda yaklaşık üç grip salgını olmuştur. Yeni bir salgın meydana gelirse ve hava yoluyla taşınan bir mikroorganizmadan kaynaklarsa, bina operasyonlarıyla ilgili hızlı bir müdahaleye ihtiyaç duyulacaktır.

Terörist saldırılarda kullanılabilecek bazı biyolojik ajanların başka yerlerde bahsi yapılmıştır (USDHHS 2002, 2003).

Mühendisler, sorumlu oldukları binaların tasarım, operasyon ve bakım yeterliliklerini anlayarak ve acil durum planlamacılarının güvenlik açıklarını azaltmalarına veya müdahaleler

8 Solunum hijyeni, parçacıkların yayılmasını önlemek için mendile öksürme, öksürülen mendili atma veya hasta bireylere maske takılması gibi önlemleri içerir (CDC 2001; Siegel ve diğ. 2007).

geliştirmelerine yardımcı olarak acil durum planlamasını destekleyebilirler. Örneğin, acil bir durumda, (1) temiz alanlara hava çıkışı vermemek ve (2) aşırı rahatsız edici koşullar yaratmamak şartıyla, ulaşım bekleme alanı, barınak, hapishane ve kalabalık bina girişleri gibi yerler için hızlı bir şekilde seyreltme havalandırmasını artırmak, bağıl nemi artırmak veya hızlı bir şekilde oda üstü UVGI uygulamak gibi çareler düşünülebilir. Diğer durumlarda, havalandırmanın azaltılması veya basınç farkları yaratılması da uygun stratejiler olabilir. Müdahaleler, enfeksiyon kontrol profesyonelleri ile işbirliği içinde ve sistemin işleyişine, tehdidin doğasına ve kaynağına dair etraflıca bir bilgiyle, düşünülerek yapılmalıdır.

Bina düzeyinde mühendisler (1) hava girişi, rüzgar yönü, perdeleme vb. ile ilgili güvenlik açıklarını belirleyerek; (2) genel bina ortamında bina sistemlerini ve güvenli bölgeleri belirleyerek; (3) genel bina ortamlarında belirlenen “yerinde sığınak” yerlerine hava tedarikinin kesilmesine yönelik yaklaşımları tanımlayarak ve 4) bir hastanenin tüm alanlarının izolasyon ve negatif basınç altına alınabileceği şekilde pandemik durumlar için kohort olanaklarını belirleyerek destek sağlayabilir. Kılavuz olarak bkz. “Hava Yoluyla Bulaşan Hastalık Yönetimi El Kitabı: Geçici Negatif Basınç İzolasyonu Yöntemleri” (MDH 2013).

Bina operatörleri ve mühendisleri, halk sağlığı yetkilileri ve diğer acil durum planlama destek ekipleri ile nasıl iletişim kurulacağı hakkında bilgi sahibi olmalıdır (BOMA 2012).

#### 4.Öneriler

Bazı bulaşıcı hastalıklar, havalandırma sistemlerini de içeren yollarla binalar içinde yayılabilen havadaki bulaşıcı parçacıkların solunması yoluyla bulaşır. Hastalıkların hava yoluyla bulaşması, seyreltme havalandırması; havanın yönlendirmesi ve emiş noktaları; oda içi hava akış rejimleri; basınç farkı oluşturma; lokal havalandırma<sup>9</sup>; kaynağından emiş havalandırması, filtrasyon ve UVGI kullanılarak azaltılabilir.

Mühendisler, binalarda hastalık bulaşını azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. ASHRAE'nin 2010-2015 Araştırma Stratejik Planının 11. hedefi olan “HVAC & R'nin Kamusal Alanlarda Havadaki Patojen İletimi Üzerindeki Etkilerini Anlamak ve Etkili Kontrol Stratejileri Geliştirmek”, ASHRAE'nin oynadığı kilit rolü tanımlamaktadır (ASHRAE 2010).

Salgın hastalıkların yol açtığı sosyal sıkıntılar ve işyerlerinde, kamu erişim tesislerinde ve ulaşımda beklenmeyen hastalık yayılımları, mühendislik kontrollerinin etkinliği hakkında daha fazla araştırma yapılması gerektiğini göstermektedir.

ASHRAE şunları önermektedir:

- Tüm tesis tasarımları, termal koşullar için ASHRAE Standard 55 (ASHRAE 2013a); havalandırma Standartları 62.1 (ASHRAE 2013b), 62.2 (ASHRAE 2013c) ve 170 (ASHRAE 2008) ve FGI *Sağlık Tesislerinin Tasarım ve İnşa Kılavuzu* (FGI 2010) da dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere en son uygulama standartlarına uymalıdır.
- Binaların ve sistemlerin etkin işletilmesi için binaların düzgün işletmeye alınması, bakımı ve düzgün çalıştırılması yanında özellikle hava yoluyla bulaşan hastalıkları kontrol etme amaçlı sistemler de gereklidir.
- Bina tasarımcıları, sahipleri ve işletmecileri, iyi tasarlanmış, kurulmuş, devreye alınmış ve işletilen HVAC sistemlerini geliştirmeye öncelik vermelidir. Bu sistemlerde ek filtrasyon, UVGI ve bazı durumlarda solunum bölgeleri için ilave ve daha etkin havalandırma sistemleri yer almalıdır. Filtrasyon ve UVGI, akut salgınların şiddetini azaltmak için mevcut bina sistemlerine

9 Bu pozisyon belgesinde bahsedilen kişiselleştirilmiş havalandırma, kirli oda havası ile karıştırılmadan, doğrudan oda sakininin solunum bölgesine hava sağlamak için mekanik bir havalandırma stratejisidir.

hızlıca ve yeni binalara az bir ek maliyetle uygulanabilir. İç Hava Kalitesi *Kılavuzu* (ASHRAE 2009), bu iyileştirmelerin teknikleri ve yararları hakkında bilgi içermektedir.

- Acil servis, kabul ve bekleme odaları gibi önemli giriş noktaları dahil olmak üzere yeni sağlık tesisleri; kalabalık barınaklar ve benzer tesisler, bir pandemiye hızlı bir şekilde yanıt vermek için altyapı oluşturmalıdır. Bu tür altyapılara örnek olarak, yüksek riskli alanları ayıran HVAC sistemleri; filtrasyon ve HVAC sistem kapasitesini artırmak için fiziksel alan; % 100 dış ortam havası düzeyinde havalandırmayı artırma yeteneği; havayı nemlendirme yeteneği ve etkili bir oda üstü UVGI'si sağlamak için en az 2,4 m tavan yüksekliklerinde uygun boşluklar verilmelidir. Bina işletmeye alındıktan sonra, acil durumlarda filtre elemanlarının ve oda içi UV armatürlerinin hızlı uygulanabilirliği sağlanmalıdır.
- Enfeksiyon kontrol stratejileri her zaman bir dizi çoklu müdahale ve strateji içermelidir (sadece havalandırma için değil).
- Birçok disiplinden mühendis ekipleri, bina operatörleri, bilim insanları, enfeksiyon önleme uzmanları ve epidemiyologlar, hava yoluyla bulaşan hastalıklardan kaynaklanan riskin azaltılmasına ve mevcut uygulama önerilerinin etkinliğinin belirlenmesine yönelik müdahaleleri tanımlamak ve uygulamak için işbirliği yapmalıdır.
- Bina operatörleri ve mühendisleri bulaşıcı hastalık acil durumlarına yönelik planlamada önemli rol oynamalıdır (BOMA 2012).
- Sağlık tesisleri ve kalabalık barınaklar gibi kritik ortamlar için uygulama standartları ve yönergeleri yazan ve yürüten komiteler, bulaşıcı hastalık kontrolüne yönelik son araştırmaları ve anlayışları göz önünde bulundurmalı ve aşağıda belirtilen gereksinimleri yönergelerine ekleme ya da var olanları güçlendirmeyi düşünmelidir:
  - Merkezi klima santralleri için geliştirilmiş partikül filtrasyonu
  - Oda üstü ve diğer UVGI müdahaleleri veya en azından bunların kolayca uygulanmasını sağlamak üzere uygun tavan yükseklikleri ve elektrik altyapısı
  - Salgın durumunda %100 dış havalandırma oranına hızlı ve geçici olarak artırma yeteneği
  - Düşük enerji tüketimi amacıyla düşürülen ventilasyon seviyelerinden kaynaklanan istenmeyen bulaşıcı hastalık sonuçlarından kaçınmak ( bu durumlarda enerji maliyetleri düşünülmemelidir.)
- Hava yoluyla bulaşan hastalıkları araştıranlar, bina sistemleri ve enfeksiyon taşınımı arasındaki etkileşimin daha iyi bir resmini çekmek için (mühendisler, enfeksiyon önleme uzmanları, epidemiyologlar, halk sağlığı görevlileri ve diğerleri de dahil) birçok disiplin uzmanından çalışma tasarımı, metodoloji ve uygulama hakkında girdiler almalıdırlar.
- Çeşitli havalandırma hızlarında hastalık yayılımındaki artış veya azalmaları ölçmek için kontrollü çalışmalar yapılmalıdır.
- Spesifik mühendislik kontrollerinin göreceli hava kaynaklı enfeksiyon kontrol performansını ve maliyet etkinliğini saha uygulamalarında bire bir veya kombinasyonları halinde ölçmek için kontrollü çalışmalar yapılmalıdır. Tablo 1, her bir strateji için araştırma önceliğini ve uygulanabilecekleri mekân kategorilerini özetlemektedir. Çalışmalar, (hapishaneler, evsiz barınakları, okullar, bakım evleri ve sağlık tesisleri gibi) yüksek risk altındaki mekanları içermelidir.

- Araştırmalar, tek tek mikroorganizmalar için UVGI ile inaktivasyon ve filtreleme ile uzaklaştırma oranlarını ölçmeli ve gerçek tesislerde hastalık bulaşmasının önlenmesinde bu müdahalelerin etkinliğini saptamalıdır.
- Geniş bir çap aralığında düşünülen öksürük materyallerinin parçacık boyutu dağılımlarını daha iyi karakterize etmek için araştırma yapılmalıdır.

**Tablo 1** Hava Yoluyla Bulaşan Hastalıklar Mühendislik Kontrol Stratejileri: Mekân Kategorileri ile Uygulama ve Araştırma Öncelikleri

Strateji	Göz Önüne Alınacak Mekan Kategorileri *	Uygulama Önceliği	Araştırma Önceliği
Seyreltme havalandırması	Tümü	Yüksek	Orta
Sıcaklık ve nem	7 ve 11 hariç tümü	Orta	Yüksek
Kişiselleştirilmiş havalandırma	1, 4, 6, 9, 10, 14	Orta	Yüksek
Lokal tahliye	1, 2, 8, 14	Orta	Orta
Merkezi sistem filtrasyon	Tümü	Yüksek	Yüksek
Yerel hava filtrasyonu	1,4,6,7,8,10	Orta	Yüksek
Oda üstü UVGI	1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 14	Yüksek	En yüksek
Kanal ve klima santrali UVGI	1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 14	Orta	En yüksek
Oda içi akış rejimleri	1, 6, 8, 9, 10, 14	Yüksek	Yüksek
Fark basınçlandırma	1, 2, 7, 8 11, 14	Yüksek	Yüksek

*Not:* Pratik uygulamada, tekil bir müdahale yerine kombine bir müdahale daha etkili olacaktır.

**\* Mekan Kategorileri:**

1. Sağlık hizmetleri (yataklı ve ayakta tedavi)
2. Ceza evleri
3. 8 Yaş Altı Eğitim
4. 8 Yaş Üstü Eğitim
5. Yiyecek ve içecek
6. İnternet kafe / oyun odaları
7. Otel, motel, yatakhane
8. Konut barınaklar
9. Kamusal toplanma ve bekleme
10. Taşımacılık
11. Toplu konut
12. Ticari
13. Spor
14. Bulaşıcı hastalık vektörlerinin ele alındığı laboratuvarlar

## 5. Kaynakça

- Aliabadi, A.A., S.N. Rogak, K.H. Bartlett, ve S.I. Green. 2011. Preventing airborne disease transmission: Review of methods for ventilation design in health care facilities. *Advances in Preventive Medicine*. Makale No 12406.
- Anderson, D.J., M.F. Gergen, E. Smathers, D.J. Sexton, L.F. Chen, D.J. Weber, W.A. Rutala. 2013. Decontamination of targeted pathogens from patient rooms using an automated ultraviolet-C-emitting device. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 34(5):466–71.
- Apisarnthanarak, A., P. Apisarnthanarak, B. Cheevakumjorn, ve L. M. Mundy. 2009. Intervention with an infection control bundle to reduce transmission of influenza-like illnesses in a Thai preschool. *Infection Control and Hospital Epidemiology* September 30(9):817–22. doi: 10.1086/599773.
- Apisarnthanarak, A., P. Apisarnthanarak, B. Cheevakumjorn, ve L. M. Mundy. 2010a. Implementation of an infection control bundle in a school to reduce transmission of influenza-like illness during the novel influenza A 2009 H1N1 pandemic. *Infection Control and Hospital Epidemiology* March, 31(3):310–1. doi: 10.1086/651063.
- Apisarnthanarak, A., T.M. Uyeki, P. Puthavathana, R. Kitphati, ve L.M. Mundy. 2010b. Reduction of seasonal influenza transmission among healthcare workers in an intensive care unit: A 4-year intervention study in Thailand. *Infection Control and Hospital Epidemiology* October, 31(10):996–1003. doi: 10.1086/656565.
- ASHRAE. 2000. ASHRAE Guideline 12-2000, *Minimizing the Risk of Legionellosis Associated With Building Water Systems*. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. 2008. ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2008, *Ventilation of Health-Care Facilities*. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. 2009. *Indoor Air Quality Guide: Best Practices for Design, Construction and Commissioning*. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. 2010. ASHRAE 2010–2015 Research Strategic Plan. www.ashrae.org/standards -research--technology/research. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. 2012a. *Legionellosis*, Position Document. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. 2012b. ASHRAE Standard 52.2-2012, *Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size*. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. 2013a. ASHRAE Standard 55-2013, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. 2013b. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. 2013c. ANSI/ASHRAE Standard 62.2-2013, *Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings*. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. 2013d. *Minimizing Indoor Mold Problems through Management of Moisture in Building Systems*, Position Document. Atlanta: ASHRAE.
- Azimi, P. ve B. Stephens. 2013. HVAC filtration for controlling infectious airborne disease transmission in indoor environments: Predicting risk reductions and operational costs. *Building and Environment* 70:150e160.
- Belongia, E.A., B.A. Kieke, J.G. Donahue, R.T. Greenlee, A. Balish, A. Foust, S. Lindstrom, D.K. Shay. 2009. Marshfield Influenza Study Group. Effectiveness of inactivated influenza vaccines varied substantially with antigenic match from the 2004–2005 season to the 2006–2007 season. *Journal of Infectious Diseases*, January, 15;199(2):159–67. doi: 10.1086/595861.
- Bischoff, W.E., K. Swett, I. Leng, T.R. Peters. 2013. Exposure to influenza virus aerosols during routine patient care. *Journal of Infectious Diseases* 207(7):1037–46. doi: 10.1093/infdis/jis773. EPUB 2013, 30 Ocak.
- BOMA. 2012. *Emergency Preparedness Guidebook: The Property Professional's Resource for Developing Emergency Plans for Natural and Human-Based Threats*. Washington, DC: Building Owners and Managers Association International.

- Brankston, G., L. Gitterman, Z. Hirji, C. Lemieux, ve M. Gardam. 2007. Transmission of influenza A in human beings. *Lancet Infectious Disease* 7:257–65.
- Catanzaro, A. 1982. Nosocomial Tuberculosis. *American Review of Respiratory Diseases*. 125:559–62.
- CDC. 2001. Recognition of illness associated with the intentional release of a biologic agent. *Journal of the American Medical Association* 286:2088–90. Centers for Disease Control and Prevention.
- CDC. 2003. *Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities*. Atlanta: Center for Disease Control and Prevention.
- CDC. 2005. Guidelines for Preventing the Transmission of *Mycobacterium Tuberculosis* in Health-Care Settings. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)*, 54 (No. RR-17):1–140. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention.
- CDC. 2014. NIOSH-approved N95 particulate filtering facepiece respirators. [www.cdc.gov/niosh/npptl/topics/respirators/disp\\_part/n95list1.html](http://www.cdc.gov/niosh/npptl/topics/respirators/disp_part/n95list1.html).
- Cermak, R., A.K. Melikov, Lubos Forejt, ve Oldrich Kovar. 2006. Performance of personalized ventilation in conjunction with mixing and displacement ventilation. *HVAC&R Research* 12(2):295–311.
- Cheng, V.C., J.W. Tai, L.M. Wong, J.F. Chan, I.W. Li, K.K. To, I.F. Hung, K.H. Chan, P.L. Ho, ve K.Y. Yuen. 2010. Prevention of nosocomial transmission of swine-origin pandemic influenza virus A/H1N1 by infection control bundle. *Journal of Hospital Infection* March, 74(3):271–7. doi: 10.1016/j.jhin.2009.09.009. EPUB 2010 Ocak 12.
- Chu, C.M., V.C. Cheng, I.F. Hung, K.S. Chan, B.S. Tang, T.H. Tsang, K.H. Chan, ve K.Y. Yuen. 2005. Viral load distribution in SARS outbreak. *Emerging Infectious Diseases* Aralık, 11(12):1882–6.
- Cole, E.C., ve C.E. Cook. 1998. Characterization of infectious aerosols in health care facilities: an aid to effective engineering controls and preventive strategies. *American Journal of Infection Control* 26(4):453–64.
- D'Alessio, D.J., C.K. Meschievitz, J.A. Peterson, C.R. Dick, ve E.C. Dick. 1984. Short-duration exposure and the transmission of rhinoviral colds. *Journal of Infectious Diseases* Ağustos 150(2):189–94.
- Dick, E.C., C.R. Blumer, ve A.S. Evans. 1967. Epidemiology of infections with rhinovirus types 43 and 55 in a group of University of Wisconsin student families. *American Journal of Epidemiology* Eylül, 86(2):386–400.
- Dick, E.C., L.C. Jennings, K.A. Mink, C.D. Wartgow, ve S.L. Inhorn. 1987. Aerosol transmission of rhinovirus colds. *Journal of Infectious Diseases* 156:442–8.
- Duguid, J.P. 1946. The size and duration of air-carriage of respiratory droplets and droplet nuclei. *The Journal of Hygiene (London)* 44:471–79.
- Fennelly, K.P., J.W. Martyny, K.E. Fulton, I.M. Orme, D.M. Cave, ve L.B. Heifets. 2004. Cough-generated aerosols of *Mycobacterium Tuberculosis*: A new method to study infectiousness. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 169:604–609.
- FGI. 2010. *2010 Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities*. Dallas: Facility Guidelines Institute.
- Fusco, F.M., S. Schilling, G. De Iaco, H.R. Brodt, P. Brouqui, H.C. Maltezou, B. Bannister, R. Gottschalk, G. Thomson, V. Puro, ve G. Ippolito. 2012. Infection control management of patients with suspected highly infectious diseases in emergency departments: Data from a survey in 41 facilities in 14 European countries. *BMC Infectious Diseases* Ocak 28:12:27.
- Gao, X., Y. Li, P. Xu, ve B.J. Cowling. 2012. Evaluation of intervention strategies in schools including ventilation for influenza transmission control. *Building Simulation* 5(1):29, 37.
- Gwaltney, J., ve J.O. Hendley. 1978. Rhinovirus transmission: One if by air, two if by hand. *American Journal of Epidemiology* Mayıs, 107(5):357–61.

- Han, K., X. Zhu, F. He, L. Liu, L. Zhang, H. Ma, X. Tang, T. Huang, G. Zeng, ve B.P. Zhu. 2009. Lack of airborne transmission during outbreak of pandemic (H1N1) 2009 among tour group members, China, June 2009. *Emerging Infectious Diseases* Ekim, 15(10):1578–81.
- Hoge, C.W., M.R. Reichler, E.A. Dominguez, J.C. Bremer, T.D. Mastro, K.A. Hendricks, D.M. Musher, J.A. Elliott, R.R. Facklam, ve R.F. Breiman. 1994. An epidemic of pneumococcal disease in an overcrowded, inadequately ventilated jail. *New England Journal of Medicine* 331(10):643–8.
- Klontz, K.C., N.A. Hynes, R.A. Gunn, M.H. Wilder, M.W. Harmon, ve A.P. Kendal. 1989. An outbreak of influenza A/Taiwan/1/86 (H1N1) infections at a naval base and its association with airplane travel. *American Journal of Epidemiology* 129:341–48.
- Ko, G., M.W. First, ve H.A. Burge. 2002. The Characterization of upper-room ultraviolet germicidal irradiation in inactivating airborne microorganisms. *Environmental Health Perspectives* 110:95–101.
- Kujundzic, E., F. Matalkah, D.J. Howard, M. Hernandez, ve S.L. Miller. 2006. Air cleaners and upper-room air UV germicidal irradiation for controlling airborne bacteria and fungal spores. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 3:536–46.
- Kujundzic, E., M. Hernandez, ve S.L. Miller. 2007. Ultraviolet germicidal irradiation inactivation of airborne fungal spores and bacteria in upper-room air and in-duct configurations. *Journal of Environmental Engineering and Science* 6:1–9.
- Li, Y., H. Qian, I.T.S. Yu, ve T.W. Wong. 2005a. Probable roles of bio-aerosol dispersion in the SARS outbreak in Amoy Gardens, Hong Kong. Bölüm 16. *Population Dynamics and Infectious Disease in the Asia-Pacific*. Singapore: World Scientific Publishing.
- Li, Y., X. Huang, I.T.S. Yu, T.W. Wong ve H. Qian. 2005b. Role of air distribution in SARS transmission during the largest nosocomial outbreak in Hong Kong. *Indoor Air* 15:83–95.
- Li, Y., G.M. Leung, J.W. Tang, X. Yang, C.Y.H. Chao, J.Z. Lin, J.W. Lu, P.V. Nielsen, J. Niu, H. Qian, A.C. Sleight, H-J. J. Su, J. Sundell, T.W. Wong, ve P.L. Yuen. 2007. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment—A multi-disciplinary systematic review. *Indoor Air* 17(1):2–18.
- Li, Y. 2011. The secret behind the mask. (Editorial.) *Indoor Air* 21(2):89–91.
- Lowen, A.C., S. Mubareka, J. Steel, ve P. Palese. 2007. Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. *PLOS Pathogens* 3:1470–6.
- Mahida, N., N. Vaughan, ve T. Boswell. 2013. First UK evaluation of an automated ultraviolet-C room decontamination device (Tru-D ), *Journal of Hospital Infection*. [http:// dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2013.05.005](http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2013.05.005).
- Mandell, G. 2010. *Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases E-Book*, 7th Edition, Churchill Livingstone Elsevier.
- McLean, R.L. 1961. The effect of ultraviolet radiation upon the transmission of epidemic influenza in long-term hospital patients. *American Review of Respiratory Diseases* 83(2): 36–8.
- MDH. 2013. Airborne infectious disease management manual: Methods for temporary negative pressure isolation. Minnesota Department of Health. [www.health.state.mn.us/oep/training/bhpp/airbornenegative.pdf](http://www.health.state.mn.us/oep/training/bhpp/airbornenegative.pdf) adresinde bulunabilir. 13 Eylül 2013'te erişilmiştir.
- Memarzadeh, Farhad, Russell N. Olmsted, ve Judene M. Bartley. 2010. Applications of ultraviolet germicidal irradiation disinfection in health care facilities: Effective adjunct, but not stand-alone technology. *American Journal of Infection Control* 38:S13–24.
- Memarzadeh, Farhad. 2011. Literature review of the effect of temperature and humidity on viruses. *ASHRAE Transactions* 117(2).
- Miller, S.L., J. Linnes, ve J. Luongo. 2013. Ultraviolet germicidal irradiation: Future directions for air disinfection and building applications. *Photochemistry and Photobiology* 89:777–81.
- Miller-Leiden, S., C. Lobascio, J.M. Macher, ve W.W. Nazaroff. 1996. Effectiveness of in-room air filtration for tuberculosis control in healthcare settings. *Journal of the Air & Waste Management Association* 46:869–82.



- Moser, M.R., T.R. Bender, H.S. Margolis, G.R. Noble, A.P. Kendal ve D.G. Ritter. 1979. An outbreak of influenza aboard a commercial airliner. *American Journal of Epidemiology* 110(1):1–6.
- Myatt, T.A., S.L. Johnston, Z. Zuo, M. Wand, T. Keadze, S. Rudnick, ve D.K. Milton. 2004. Detection of airborne rhinovirus and its relation to outdoor air supply in office environments. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 169:1187–90.
- Nardell, E.A., S.J. Bucher, P.W. Brickner, C. Wang, R.L. Vincent, K. Becan-McBride, M.A. James, M. Michael, ve J.D. Wright. 2008. Safety of Upper-Room Ultraviolet Germicidal Air Disinfection for Room Occupants: Results from the Tuberculosis Ultraviolet Shelter Study. *Public Health Reports Volume* 123:52–60.
- S.J. Bucher, P.W. Brickner, C. Wang, R.L. Vincent, K. Becan-McBride, M.A. James, M. Michael, ve J.D. Wright. 2008. Safety of upper-room ultraviolet germicidal air disinfection for room occupants: Results from the tuberculosis ultraviolet shelter study. *Public Health Reports* 123:52–60.
- Nicas M, W.W. Nazaroff, ve A. Hubbard. 2005. Toward understanding the risk of secondary airborne infection: Emission of respirable pathogens. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 2:143–54.
- Nicas, M., ve R.M. Jones. 2009. Relative contributions of four exposure pathways to influenza infection risk. *Risk Analysis* 29:1292–303.
- NIOSH. 2009a. *Environmental Control for Tuberculosis: Basic Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation Guidelines for Healthcare Settings*. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health.
- NIOSH. 2009b. Health hazard evaluation report: UV-C exposure and health effects in surgical suite personnel, Boston, MA. By D. Sylvain, ve L. Tapp. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH HETA No. 2007-0257-3082.
- Noti J.D., F.M. Blachere, C.M. McMillen, W.G. Lindsley, M.L. Kashon, D.R. Slaughter, ve D.H. Beezhold. 2013. High humidity leads to loss of infectious influenza virus from simulated coughs. *PLOS ONE* 8(2):e57485.
- OSHA. 1999. *OSHA Technical Manual*. Washington, DC: Occupational Safety & Health Administration.
- Osterholm M.T., N.S. Kelley, A. Sommer, ve E.A. Belongia. 2012. Efficacy and effectiveness of influenza vaccines: A systematic review and metaanalysis. *Lancet Infectious Diseases* January, 12(1):36–44. doi: 10.1016/S1473-3099(11)70295-X. Epub 2011 Ekim 25.
- Peccia, J., H. Werth, S. L. Miller, ve M. Hernandez. 2001. Effects of relative humidity on the ultraviolet-induced inactivation of airborne bacteria. *Aerosol Science & Technology* 35:728–40.
- Reed, N.G. 2010. The history of ultraviolet germicidal irradiation for air disinfection. *Public Health Reports Ocak-Şubat*, 125(1):15–27.
- Riley, R.L., C.C. Mills, F. O'Grady, L.U. Sultan, F. Wittstadt, ve D.N. Shivpuri. 1962. Infectiousness of air from a tuberculosis ward—Ultraviolet irradiation of infected air: Comparative infectiousness of different patients. *American Review of Respiratory Diseases* 85:511–25.
- Riley, R.L., ve E.A. Nardell. 1989. Clearing the air: The theory and application of ultraviolet air disinfection. *American Review of Respiratory Diseases* 139(5):1286–94.
- Riley, E.C., G. Murphy, ve R.L. Riley. 1978. Airborne spread of measles in a suburban elementary school. *American Journal of Epidemiology* 107:421–32.
- Roy, C.J., ve D.K. Milton. 2004. Airborne transmission of communicable infection—The elusive pathway. *New England Journal of Medicine* 350:17.
- SA Health. 2013. *Guidelines for Control of Legionella in Manufactured Water Systems in South Australia*. Rundle Mall, South Australia: SA Health.
- Schaffer, F.L., M.E. Soergel, ve D.C. Straube. 1976. Survival of airborne influenza virus: Effects of propagating host, relative humidity, and composition of spray fluids. *Archives of Virology* 51:263–73.
- Sekhar, S.C., N. Gong, K.W. Tham, K.W. Cheong, A.K. Melikov, D.P. Wyon, ve P.O. Fanger.

2005. Findings of personalised ventilation studies in a hot and humid climate.

*HVAC&R Research* 11(4):603–20.

Shaman, J., ve M. Kohn. 2009. Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(0):3243–48.

Siegel J.D., E. Rhinehart, M. Jackson, ve L. Chiarello. 2007. *2007 Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings*. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention, The Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee.

Subhash, S.S., G. Baracco, K.P. Fennelly, M. Hodgson, ve L.J. Radonovich, Jr. 2013. Isolation anterooms: Important components of airborne infection control. *American Journal of Infection Control* Mayıs, 41(5):452–5. doi: 10.1016/j.ajic.2012.06.004. Epub 2012, Ekim 2.

Sun Y., Z. Wang, Y. Zhang, ve J. Sundell. 2011. In China, students in crowded dormitories with a low ventilation rate have more common colds: Evidence for airborne transmission. *PLOS ONE* 6(11):e27140.

Tang J.W., Y. Li, I. Eames, P.K.S. Chan, ve G.L. Ridgway. 2006. Factors involved in the aerosol transmission of infection and control of ventilation in healthcare premises. *Journal of Hospital Infection* 64(2):100–14.

Tang, J.W. 2009. The effect of environmental parameters on the survival of airborne infectious agents. *Journal of the Royal Society Interface* 6:S737–S746.

Tellier, R. 2006. Review of aerosol transmission of influenza A virus. *Emerging Infectious Disease* 12(11):1657–62.

USDHHS. 2002. *Guidance for Protecting Building Environments from Airborne Chemical, Biological, or Radiological Attacks*. NIOSH Yayın No. 2002-139, Mayıs. Washington, DC: United States Department of Health and Human Services.

USDHHS. 2003. *Guidance for Filtration and Air-Cleaning Systems to Protect Building Environments from Airborne Chemical, Biological, or Radiological Attacks* NIOSH Publication No. 2003-136. Washington, DC: United States Department of Health and Human Services.

VanOsdell, D., ve K. Foarde. 2002. *Defining the Effectiveness of UV Lamps Installed in Circulating Air Ductwork—Final Report*. Air-Conditioning and Refrigeration Technology Institute, Arlington, Virginia.

Wainwright, C.E., M.W. Frances, P. O'Rourke, S. Anuj, T.J. Kidd, M.D. Nissen, T.P. Sloots, C. Coulter, Z. Ristovski, M. Hargreaves, B.R. Rose, C. Harbour, S.C. Bell, ve K.P. Fennelly. 2009. Cough-generated aerosols of *Pseudomonas aeruginosa* and other Gram-negative bacteria from patients with cystic fibrosis. *Thorax* 64:926–31.

Wang, B., A. Zhang, J.L. Sun, H. Liu, J. Hu, ve L.X. Xu. 2005. Study of SARS transmission via liquid droplets in air. *Journal of Biomechanical Engineering* 127:32–8.

Wat, D. 2004. The common cold: A review of the literature. *European Journal of Internal Medicine* 15:79– 88.

Wells, W.F. 1955. *Airborne Contagion and Air Hygiene*. Cambridge: Harvard University Press, 191.

WHO. 2007. *Legionella and the prevention of Legionellosis*. Geneva: World Health Organization 2007. www.who.int/water\_sanitation\_health/emerging/legionella/en/ adresinde bulunabilir.

WHO. 2009. *Natural ventilation for infection control in health-care settings*. World Health Organization: Geneva, Switzerland.

WHO. 2014. Influenza: Public health preparedness. www.who.int/influenza/preparedness/en/. Wong, B.X., N. Lee, Y. Li, P.X. Chan, H. Qiu, Z. Luo, R.X. Lai, K.X. Ngai, D.X. Hui, K.X. Choi, I.X. Yu. 2010. Possible role of aerosol transmission in a hospital outbreak of influenza.

*Clinical Infectious Diseases* 51(10):1176–83.

Xie, X., Y. Li, A.T.Y. Chwang, P.L. Ho, ve H. Seto. 2007. How far droplets can move in indoor environments—Revisiting the Wells evaporation-falling curve. *Indoor Air* 17:211–25.

Xie, X.J., Y.G. Li, H.Q. Sun, ve L. Liu. 2009. Exhaled droplets due to talking and coughing.

*Journal of The Royal Society Interface* 6:S703–S714.

- Xu, P., J. Peccia, P. Fabian, J.W. Martyny, K. Fennelly, M. Hernandez, ve S.L. Miller. 2003. Efficacy of ultraviolet germicidal irradiation of upper-room air in inactivating bacterial spores and mycobacteria in full-scale studies. *Atmospheric Environment* 37:405–19.
- Xu, P., E. Kujundzic, J. Peccia, M.P. Schafer, G. Moss, M. Hernandez, ve S.L. Miller. 2005. Impact of environmental factors on efficacy of upper-room air ultraviolet germicidal irradiation for inactivating airborne mycobacteria. *Environmental Science & Technology* 39:9656–64.
- Xu, P., N. Fisher, ve S.L. Miller. 2013. Using computational fluid dynamics modeling to evaluate the design of hospital ultraviolet germicidal irradiation systems for inactivating airborne mycobacteria. *Photochemistry and Photobiology* 89(4):792–8.
- Yang, J., C. Sekhar, D. Cheong Kok Wai, ve B. Raphael. 2013. CFD study and evaluation of different personalized exhaust devices. *HVAC&R Research*.
- Yang, W., S. Elankumaran, ve L.C. Marr. 2012a. Relationship between humidity and influenza a viability in droplets and implications for influenza's seasonality. *PLOS ONE* 7(10):e46789. doi:10.1371/journal.pone.0046789.
- Yang, W., ve L. Marr. 2012b. Mechanisms by which ambient humidity may affect viruses in aerosols. *Applied and Environmental Microbiology* 78(19):6781. DOI: 10.1128/AEM.01658-12.
- Yu, I.T., Y. Li, T.W. Wong, W. Tam, A.T. Chan, J.H. Lee, D.Y. Leung, ve T. Ho. 2004. Evidence of Airborne Transmission of the Severe Acute Respiratory Syndrome Virus. *New England Journal of Medicine* 350:1731-1739. DOI: 10.1056/NEJMoa032867.