



PANDEMİ İLE MÜCADELELERDE HASTANELERDE KLİMA VE HAVALANDIRMA TESİSATINDA ALINACAK ÖNLEMLER

Precautions To Be Taken In Hvac Systems Of Hospitals To Fight Against Coronavirus

Mustafa Bilge
Tevfik Peker
M. Zeki Yılmazoğlu

ÖZET

Covid 19 virüsünün bilinen yayılma alanlarından bir tanesi de hastanelerin hasta odaları, acil alanları, yoğun bakım alanları ve ameliyathanelerdir. Bu makalede hastanelerdeki HVAC sistemlerinde virus yayılımının azaltılması için tavsiyeler verilmiştir. Günümüzde binlerce hastane çalışanı, iyi tasarlanmamış havalandırma sistemleri sebebiyle risk altında çalışmaktadır. Bu makalede verilen önerilere bağlı olarak, izole hasta odaları, negatif basınçlı yoğun bakım odaları, hasta odaları, ameliyathaneler ve acil alanlardaki bulaş miktarını azaltmak mümkündür. Bu öneriler yeni hastaneler tasarlanırken ya da eski hastanelerin HVAC sistemleri revize edilirken dikkate alınmalıdır. Makalede, Covid 19 ile savaşmak için gerekli bazı notlara da yer verilmiştir

Anahtar Kelimeler: Covid-19, Sars-Cov-2, sağlık hizmetleri, hastane, havalandırma, hvac

ABSTRACT

Covid-19 pandemic is spreading rapidly and one of the areas of infection is known to be hospitals, presumably patient rooms, emergency areas, intensive care units as well as operation rooms. This paper provides suggestions for the design of HVAC systems of hospitals to help reduce the rate of spread of airborne diseases in such areas. Thousands of healthcare workers are subject to the virus due to design problems in HVAC systems. By following the suggestions given in this study related to isolation patient rooms, negative pressure intensive care rooms, patient rooms, operation rooms, and emergency areas, it is possible to reduce the transmission rate of airborne diseases in hospitals. These suggestions should be followed during new hospital designs as well as modifications of old HVAC systems. Some practical recommendations related to HVAC Systems are also provided to fight the Covid-19 virus in hospitals.

Key Words: Covid-19, Sars-Cov-2, healthcare, hospital, ventilation, hvac.

1. GİRİŞ

Bu makale, bir salgın hastalık sırasında pandemi hastalarına da olabildiğince hizmet edebilecek yeni yapılacak hastanelerin klima tasarımına yönelik öneriler haricinde mevcut hastanelerin, hayli eski olanlar da dahil, mekanik tesisat sistemleri üzerinde yapılabilecek değişiklik ve iyileştirme önerilerini de içermektedir.

Son yaşadığımız pandemi dönemi deneyimlerimizi de dikkate alarak tasarlanan yeni hastaneler pandemi koşullarında doğru bir şekilde hastalara hizmet edebilirler. Bu şekilde klima sistemleri tasarlanan hastaneler salgın sona erdiğinde kolayca tekrar normal işletme moduna döndürülebilirler. Covid-19 pandemisi gibi ciddi ve tehlikeli bir salgını ile mücadele eden binlerce sağlık çalışanı pandemi döneminde risk altında çalışmaktadır. Bu çalışma, hem sağlık çalışanları hem de Sars-Cov-2 bulaşı nedeniyle enfekte olmuş hastaların olası risklerini klima sistemlerinde alınacak önlemler ile bir ölçüde azaltılabilir amacıyla hazırlanmıştır.

2. VİRÜSLER HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Covid-19 pandemisi dikkate alınarak klima sistem tasarımı yapılırken Covid-19 virüsünü yakından tanımamız gerekmektedir. Tablo 1'de görüldüğü gibi virüslerin boyutları 0.003 mikron ile 0.1 mikron arasındaki değişirken, damlacık ile birlikte taşınması durumunda boyutları 1 mikron ile başlayıp 10 mikronun üzerine çıkabilmektedir. Virüslerin hava içinde çökme hızları damlacık büyüdükçe hızlanmakta damlacık çapı küçüldükçe havada kalma süreleri artmaktadır.

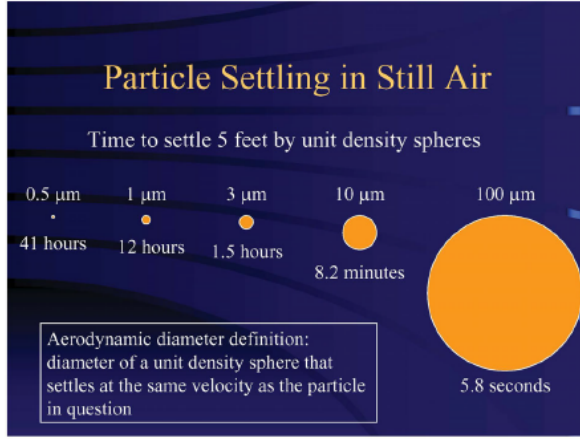
Şekil 1 'de benzer şekilde damlacıkların çökme süreleri örnekleme ile açıklanmıştır. Bulaşta en etken olan konuşma, hapşırma veya bağırma ile oluşan ve sosyal mesafede etkin olan (1-2 m) büyük çaplı (10 mikrondan büyük olan) damlacıklardır. Bu büyük boyutlu damlacıkların büyük kısmı yerçekimi nedeniyle kısa bir sürede çökmektedir. Tablo 1 'de büyük çaplı damlacıkların çökme hızları ve süreleri belirtilmiştir.

Tablo 1 – Havada taşınan parçacık boyutları, çökme hızları, difüzyon katsayıları (ASHRAE Fundamentals 1993, p, 11.3)

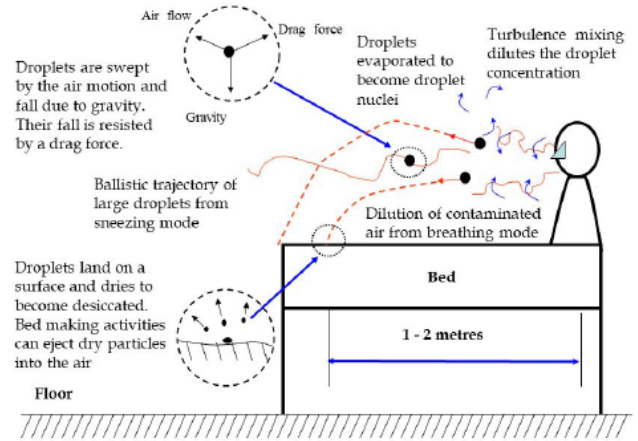
Typical particles	Particle diameter, μm									
	0.001	0.01	0.1	1.0	10	100	1000	1000	1000	1000
Settling velocity in air	$\frac{\text{ft}}{\text{sec}}$	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10
	$\frac{\text{cm}}{\text{sec}}$	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	100	1000
Diffusion coefficient in air	$\frac{\text{ft}^2}{\text{sec}}$	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
	$\frac{\text{cm}^2}{\text{sec}}$	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}

Bilindiği gibi büyük çaplı virüslerin (100 mikron) bir kısmı ortam koşullarına da bağlı olarak sosyal mesafe içerisinde çökerken bir kısmı buharlaşarak küçülürler. Bu küçük çaplı boyutları genellikle 5

mikron ve altı olan uçucular; damlacık çekirdeği veya aerosol olarak tanımlanır. Bu küçük çaplı içinde virüsleri de barındıran aerosol olarak tanımlanan bu uçucular uzun süre bulaşı özelliklerini de koruyarak havada askıda kalabilmekte ve hava akımlarına bağlı olarak uzak mesafelere taşınabilmektedir. Bu şekilde enfekte olmuş kişinin sosyal mesafesinden daha uzakta olan bir kişiyi enfekte edebilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 1- (a) Hareketsiz havaya yerleşen partiküller için partikül çapına göre karşılaştırmalı çökme süreleri ve (b) enfekte bir hasta tarafından üretilen damlacıkların ve havadaki küçük parçacıkların bulaşmasının teorik aerobiolojisi [3]

- Virüsün 30°C ve üzeri sıcaklıkta etkinliği azalmaktadır.[1]
- Virüslerin çoğu 60 °C'de yarım saat sıcaklığa maruz bırakıldığında etkisini büyük ölçüde yitirmektedir. 90°C'de etkinliğini tamamen kaybetmektedir. [1]
- Virüs ancak canlı organizmalarda çoğalabilmektedir.
- 100 µm olan damlacıkların bir kısmı yerçekimi ile aşağı doğru inerken yapısındaki su ile buharlaşarak 10 µm den küçük yapıya dönüşürler. Bunlar damlacık çekirdeği veya aerosol olarak adlandırılmaktadır. (Şekil 1)
- 10 µm den küçük havada askıda olan parçacıklar hava akımı ile sosyal mesafeden çok daha uzaklara taşınabilirler.
- 10 µm den küçük parçacıklar Şekil 1'de belirtildiği gibi boyutlarına göre durgun havada 8 dakika ile 41 saat askıda kalabilmektedir.
- Sars-Cov-2 virüsü (Covid-19) ise iç mekan koşullarında havada 3 saate kadar yüzeylerde 2-3 güne kadar aktif olarak kaldığı belirlenmiştir.[2]
- Virüsler 200-280 nanometre dalga boyunda ultraviyole (UV) ışınları karşısında büyük ölçüde etkisiz hale gelmektedir. [2]

Hastanelerde veya benzeri kapalı mahallerde bulaşı etkileyen faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Aerosol ya da damlacığın taşınım dinamiği
- İnsan yoğunluğu
- Havalandırma oranı(hava değişim sayısı)
- Hava dağıtım sistemi
- Nem
- Sıcaklık

- Enfeksiyona maruz kalma süresi
- Virüsün şiddeti (öldürme etkisi)
- Virüse maruz kalma süresi
- Kişinin sağlığı ve bağışıklık mekanizması

Bu maddelerin büyük kısmının İklimlendirme sistemi ile doğrudan ilişkili olduğu ve pandemi döneminde için yapılacak hastanelerde veya benzeri kapalı alanlarda bu kriterler mutlaka dikkate alınmalıdır.

Mikroorganizmaların sayısını azaltmak için uygulanacak en iyi yöntem havanın seyreltilmesidir. Bu proses doğal hava yöntemi ile yani pencereleri belirli süre açık tutularak ya da mahale gönderilecek ve egzoz edilecek temiz hava ile sağlanır. Hava değişim sayısı dikkate alarak bir odadaki canlı veya cansız partiküllerin seyreltilmesi için geçen süreyi gösteren çalışma Tablo 2'de gösterilmiştir. [6]

Tablo 2 - Hava Değişim Oranlarının Partikül Giderimi Üzerindeki Etkisi (CDC 2003) Not: Karışımın mükemmel olduğu varsayılmıştır

Saatteki Hava Değişim Sayısı	%99 Oranında Temizlik için Gereken Minimum Süre	%99.9 Oranında Temizlik için Gereken Minimum Süre
2	138	207
4	69	104
6	46	69
8	35	52
10	28	41
12	23	35
15	18	28
20	14	21
50	6	8

3.PANDEMİ DÖNEMİ KULLANILACAK İZOLE HASTA ODALARI

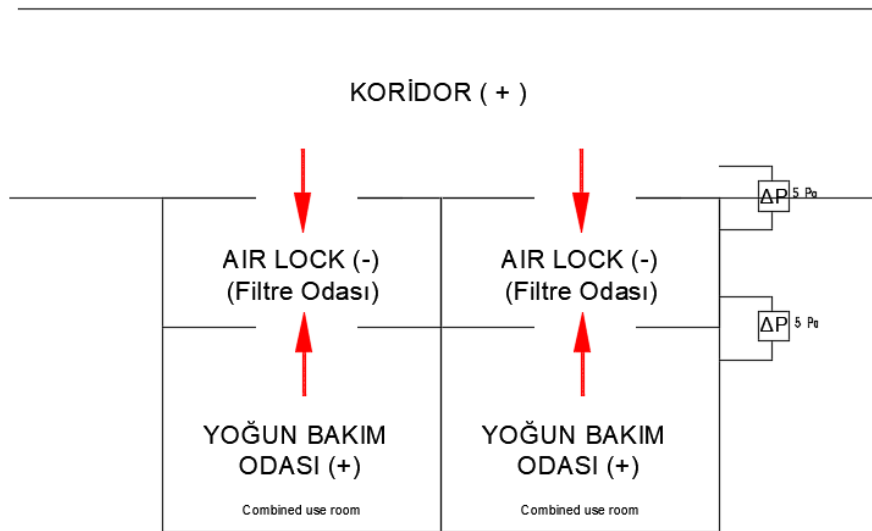
Bildiği üzere mevcut hastanelerde özellikle yeni tasarlanan hastanelerde enfeksiyon riski taşıyan hastalar için özel olarak tasarlanmış izole odalar vardır. Hastane standartlarında sık olarak başvurulan yönetmeliklerden olan DIN 1946-4 'e göre izole odalar aşağıdaki gibi 3 'e ayrılır.[4] Bunlar;

- Negatif basınçlı izole oda; Koronavirüs, tüberküloz, suçiçeği, kızamık, sars, kanamalı ateş gibi hava yolu ile bulaşan bir enfeksiyon hastalığı olan hastaların yattığı izole odalar; (Şekil 3)
- Pozitif basınçlı izole oda; Transplantasyon ve kemik iliği gibi dışarıdan hava yoluyla hastalık kapmaya çok müsait bağışıklık sistemi düşük hastaların yattığı izole odalar;
- Kombine tip izole oda; Hava yoluyla bulaşıcı bir hastalığı bulunan, aynı zamanda da zayıf bir bağışıklık sistemine sahip hastaların odalar. (Şekil 2)

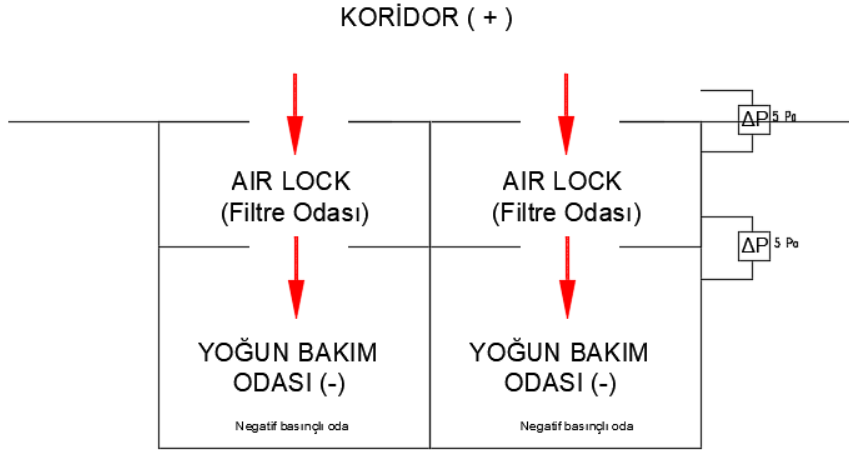
Yeni yapılan hastanelerde ve dünyadaki örneklerde oda sayısının ancak %2 'si kadarı izolasyon odası veya izole yoğun bakım odası olarak tasarlanmaktadır. Covid-19 gibi yaygın bir tehdit ile karşılaşıldığında hastanelerdeki negatif basınçlı izole odaların sayısının yetersiz kalacağı aşikârdır. Bu nedenle yani pandemi döneminde kullanılmak üzere ihtiyacı karşılamak için özellikle yapımı devam eden hastanelerin ya da yeni tasarımı yapılan hastanelerin bir bloğunun tümünün veya bir katındaki hasta odalarının komple negatif basınçlı izole odaya dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu odaların klima tasarım özellikleri aşağıdaki gibi olmalıdır.

- ❖ Tüm havalı sistem ile iklimlendirme sistemi tesis edilmelidir. Her bir odada besleme ve emiş hava kanallarında VAV üniteleri kullanılmalıdır. VAV'ler sabit hava değişimine göre çalışmalıdır. Emiş havası miktarı besleme havasından %15-20 daha yüksek seçilerek odanın negatif basınçta kalması temin edilir.
- ❖ VAV'lerin önünde son ısıtıcı kullanılmalıdır.
- ❖ Beslenen hava miktarı en az saatte 12 [6] hava değişimi olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- ❖ Negatif basınçlı izole oda için klima santrallerinde en son filtre olarak MERV-16 yani F9 filtre kullanılması yeterli olacaktır. Bu odalarda geri dönüş havası kullanılıyor ise besleme havası tarafında HEPA filtre kullanılmalıdır.
- ❖ Odaları şartlandıran klima santrali %100 dış havalı bataryalı ısı geri kazanımlı olarak tercih edilmelidir.
- ❖ Oda içerisinde hava hareketlerini minimize etmek için havayı mümkün olduğu kadar düşük hava hızı ile mümkünse tek yönlü olarak mahale üstten gönderilip yer çekim ivmesi ile aşağı inme özelliği gösteren virüs taşıyan damlacıklara veya bazı aerosollara yardımcı olabilmek için havanın döşemeye yakın bir noktadan toplanması tercih edilmelidir.
- ❖ Kombine tip izole odalarda son filtre olarak HEPA filtre kullanılmalıdır. Üfleme menfezi hasta yatağının üzerinde olmalıdır.
- ❖ Oda basıncı, fark basınç manometreleri ile görsel olarak da izlenmelidir.
- ❖ Egzoz havası çıkışında ön filtre ve HEPA filtre kullanılarak bulaş riski çok yüksek olan havadaki virüs yoğunluğu önemli ölçüde azaltılabilir. Egzoz havasında kullanılan filtrelerin değişimi, emniyetli değişim kabinleri kullanılarak ve emniyetli kıyafetler giyen uzman kişiler tarafından yapılmalıdır. Değişim öncesi dezenfektan aerosollar ile HEPA filtreler dezenfekte edilebilir.

Pandemi döneminde kullanılacak özel negatif basınçlı izole odalar gerektiğinde pandemi dönemleri haricinde standart hasta odası olarak da kullanılabilir.



Şekil-2 – Kombine tip yoğun bakım odası hava akışı



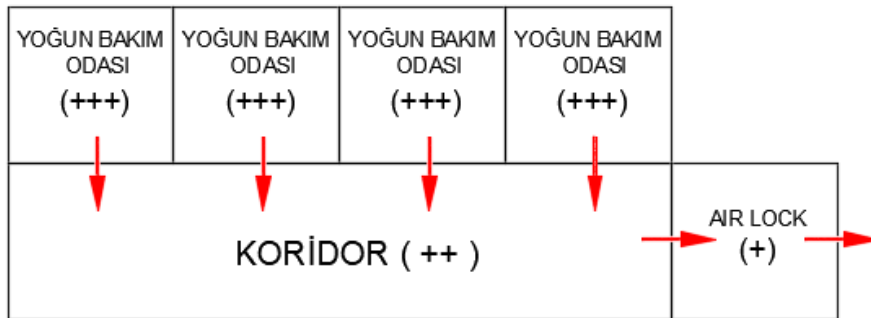
Şekil-3 – Negatif basınçlı yoğun bakım odası hava akışı

4. PANDEMİ DÖNEMİNDE KULLANILACAK NEGATİF BASINÇLI YOĞUN BAKIM ODALARI

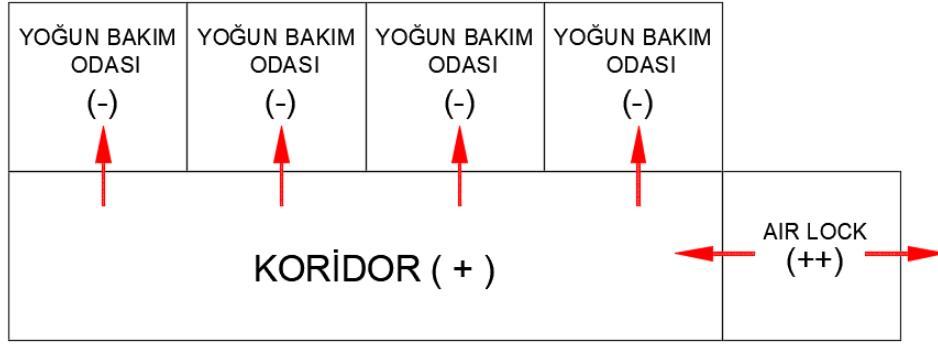
Standart yoğun bakım odaları, direnci çok düşük ancak enfekte olmamış hastaların kullanımı için pozitif basınçlı olarak tasarlanır (Şekil 4). Bu nedenle pandemi dönemlerinde kullanılmak üzere yani yapılacak hastanelerde yoğun bakım katlarının bir tanesi tamamen negatif basınçlı yoğun bakım odaları olarak tasarlanmalıdır. Diğer yoğun bakım odalarının yine pandemi döneminde gerekli durumlarda negatif basınçlı olarak çalışabilmesi için klima sistemlerinin gerekli alt yapıya sahip olması gerekir.

Pandemi döneminde Covid-19 virüsü nedeniyle enfekte olmuş, yoğun bakıma muhtaç hastaların kullanacağı yoğun bakım odaları negatif basınçta tutularak öncelikle sağlık çalışanlarının sağlığı güvence altına alınır. Ayrıca, negatif basınçlı odada hapsedilen ve doğrudan dışarı egzoz edilen havada asılı olan Covid-19 bulaşı özelliği taşıyan aerosolların hastanelerin diğer genel hacimlerine transfer olmasının önüne geçilir.

Negatif basınçlı odaları kontaminasyon riskinden korumak için odalara açılan ana koridor çıkışında mutlaka bir airlock (hava kilidi) tesis edilmelidir. Airlock hem yoğun bakım koridoruna göre hem de komşu olduğu diğer koridora göre mutlaka pozitif basınçlı olmalıdır (Şekil 5).



Şekil 4 - Pozitif Basınçlı Yoğun Bakım Odası

**Şekil 5 - Negatif Basıncı Yoğun Bakım Odası**

Pandemi döneminde veya sonrası yapılacak uygulamalar için klima tesisatında önerilen uluslararası standartlar kriterleri ve ülkemizde uygulanması için önerilen kriterler Tablo 3'te açıklanmıştır.

Her ne kadar Sağlık Bakanlığı özellikle yoğun bakımlarda üçüncü taraf firmalardan bu ölçümlerin yapılmasını istese de; yoğun bakım ile ilgili uluslararası hiçbir standartta, tasarımın ve partikül ölçümlerinin ISO 7 şartlarında olması gerektiği belirtilmemiştir. ISO Class 7 şartlarında partikül ölçümü yapılacak ise bu bölgelerde saatlik hava değişim sayısının 30-70 arasında olması önerilmektedir. Yoğun bakım odaları ile ilgili standartlarda önerilen değişim sayıları ile (6-10 arasında) bu değerleri yakalamak çok zordur.

Tablo 3 – Yoğun Bakım Standartlarının Karşılaştırması [5]

	Sağlık Bakanlığı Yoğun Bakım Yönetmeliği	ASHRAE	DIN 1946-4	HTM (Health Technical Memorandum) 03-01	Öneriler
Sıcaklık	22-26 °C	21-24 °C	22-26 °C	18-25 °C	22-26 °C
Nem	% 30-60	% 30-60	% 30-60	-	% 40-60
Basınç	+	+2.5 pa	+	+10 Pa	+ Basınç
Hava Değişimi	6	6	kişi başına 40 m ³ / h veya hasta başına 100-350 m ³ /h	10	6 -10 arası
Filtrasyon	(F8 - MERV14)	(F8 - MERV14)	(F7 - MERV13)	(F7 - MERV13)	(F9 - MERV15)*
Oda Havası / Üfleme Sıcaklığı Farkı	-	-	-	Yazın 7°C, Kışın 10 °C	Yazın 7°C, Kışın 10 °C

ISO standartlarında temiz odalar arasındaki basınç farkının minimum 5 Pa olması önerilmektedir. Tasarımcı ve idarenin talepleri doğrultusunda önerilen son filtre olarak klima santral içerisinde F9 filtreden sonra HEPA filtre de kullanılabilir. Temiz havanın, tek yönlü akış ile hasta başından üflenerek, yine zemine yakın bir yerden toplanması ile hastadan yayılan viral yük taşıyan damlacıkları havaya karışmadan odadan uzaklaştırılması mümkün olur. Bu konudaki bir başka yaklaşım ise taze havanın hastanın ayağına doğru verilmesi ve egzozun ise hastanın baş seviyesine yakın bir yerden yapılmasıdır. Bu yaklaşımda kaynaktan kontrol mümkün olabilmektedir.



Pandemi dönemleri dışında bu odalar VAV cihazlarında ayarlamalar yapılmak suretiyle pozitif basınçlı standart yoğun bakım odası olarak (hava akışı yoğun bakım odasından Air Lock'a oradan ana koridora doğru olmalıdır) kullanılabilir.

- ❖ Odaların şartlandırılması için %100 dış hava ile de çalışan VAV üniteleri kullanılmalıdır. VAV'ler hava debisini ve odalar arasındaki basınç farkını sabit tutacak şekilde ayarlanmalıdır.
- ❖ Her ne kadar yoğun bakım standartlarında hava değişim sayısı saatte 6-10 olacak şekilde tanımlansa da pandemi dönemlerinde yoğun bakım odalarının %80'i koronavirüs nedeniyle enfekte olan hastaların yattığı düşünülerek, yoğun bakım odalarında hava değişim sayısının tıpkı izole odalarda olduğu gibi 12 olması gerekmektedir.
- ❖ VAV'lerin önünde son ısıtıcı kullanılmalıdır.
- ❖ Klima santrallerinde en son filtre olarak MERV 15 (F9) rijid torba filtre kullanılması yeterli olacaktır. Ancak istenmesi üzerine santral içinde son filtre olarak HEPA filtre de kullanılabilir.
- ❖ Odaları şartlandıran klima santrali %100 dış havalı bataryalı ısı geri kazanımlı olmalıdır.
- ❖ Pandemi dönemleri için egzoz havası çıkışında ön filtre ve HEPA filtre kullanılarak bulaş riski çok yüksek olan havadaki virüs yoğunluğu önemli ölçüde azaltılabilir.
- ❖ Bu odalarda havanın düşük hız ve düzgün tek yönlü akış ile üstten üflenip alttan döşemeye yakın yerden toplanması ile havada askıda olan mikroorganizmaların bir kısmını aşağı indirip egzoz etmek mümkündür.

5.PANDEMİ DÖNEMİNDE KULLANILACAK HASTA ODALARI

- ❖ Hastanelerde hasta odaları genellikle FCU (Fan Coil) ile ısıtılıp soğutulur. Ayrıca bir klima santralinde şartlandırılmış taze hava hasta odasına gönderilir. Hasta odasına gönderilen temiz havanın bir kısmı sadece tuvaletlerden havayı egzoz eden bir fan yardımı ile doğrudan dışarı atılır.
- ❖ Ancak, hasta odaları kullanımı her ne kadar bireysel kullanım gibi görünse de odaya sürekli doktor, hemşire ve temizlik görevlilerinin girmeleri nedeniyle viral salgın dönemlerinde FCU vb. gibi iç hava sirkülasyonu ile çalışan hasta odalarında bulaş riski çok fazladır.
- ❖ FCU ünitelerindeki yoğunlaşma tavalarda biriken suyun, iç hava kalitesini oldukça olumsuz etkileyeceği de göz önünde tutulmalıdır.
- ❖ Pandemi döneminde hasta odaların şartlandırılması ve havalandırılması için tüm havalı sistem kullanılmalıdır. Besleme ve emiş tarafında kullanılan VAV'lar pandemi döneminde sabit debide çalıştırılmalı, normal çalışma dönemlerinde ise oda sıcaklığını kontrol edecek şekilde değişken debili olarak çalışmalıdır.
- ❖ Mahale gönderilecek hava debisi her ne kadar mahal soğutma yükü dikkate alınarak bulursa da bu miktar hacmin saatte 6 kere değişimi ile bulunan debinin altında olmamalıdır [6]. Minimum taze hava miktarı ise saate değişim sayısı ise hacmin 2 katı olmalıdır.
- ❖ KLİMA SANTRALİ PANDEMİ DÖNEMİNDE %100 DIŞ HAVA İLE ÇALIŞACAK ŞEKİLDE VE ISI GERİ KAZANIMLI OLARAK TASARLANMALIDIR.
- ❖ Mahallerin sıcaklık kontrolü üfleme ve emiş kanallarına monte edilecek olan VAV cihazları ile kontrol edilmelidir.
- ❖ VAV sonrası her bir oda için son ısıtıcı tesis edilmelidir.
- ❖ Odaları negatif basınçta tutmak için tuvaletlerdeki egzoz havasını artırmak için önlemler alınmalı, mümkün olması durumunda odadan doğrudan emiş yaparak havayı dışarı egzoz eden sistemler tesis edilmelidir.
- ❖ Pandemi döneminde kullanılacak hasta odalarının istenildiği zaman manuel olarak pencereleri açılabilir. Bazı güvenlik tedbirleri nedeni ile bunlar kapatılmışsa içeriye taze havanın



girmesine imkan sağlayacak kadar açılabilir hale getirilmelidir. Mevcut durumlarda hasta odalarında taze hava imkânı yok ise, pencereler açılarak en az saatte 2 defa taze hava beslemesi yapılması gerekmektedir.

- ❖ Fan-filtre üniteleri ya da taşınabilir HEPA filtreli hava temizleme cihazları kullanılarak ortamdaki olası virüslü havanın virüslerini seyreltmek mümkün olabilir.
- ❖ Odayı servise almadan önce dezenfektasyon işleminin yapılması sağlanmalıdır. Odanın en az 2 saat havalanması sağlandıktan sonra yeni hasta kabulü yapılmalıdır.
- ❖ Hasta odalarının açıldığı koridorlardaki emiş menfezleri kısılarak koridorun hasta odasına göre pozitif basınçta tutulması sağlanmalıdır. Ayrıca hasta odası kapılarının kapalı tutulması için gerekli önlemler alınmalıdır.
- ❖ %100 iç hava ile çalışan FCU ve benzeri üniteler enfekte olan hastanın yaydığı virüs nedeniyle sağlık çalışanları için ciddi risk oluşturacaktır. Yukarıdaki bölümde açıkladığımız gibi bu odaların zaman içerisinde programı yapılarak %100 dış hava ile çalışan VAV sistemi ile değiştirilmesi viral riski minimize edecektir.

6. PANDEMİ DÖNEMİNDE KULLANILACAK KOMBİNE TİP AMELİYATHANELER

Standart ameliyathane tasarımı için tüm standartlar pozitif basınçlı olarak tesis edilmesi gerektiğini belirtir. Ancak pandemi döneminde yoğun bir şekilde enfekte olmuş hastalar gündeme geldiğinde ameliyathanelerin pozitif basınçlı bir odada yapılmasının bazı riskleri de gündem gelmiştir. Septik bir ameliyat sırasında kirliliği taşıyan hava ameliyathaneden yarı steril koridora ve buradan hastanenin diğer bölümlerine geçebilecektir.

Bu nedenle pandemi döneminde Covid-19 nedeniyle enfekte olmuş bir hastanın ameliyatı Şekil 2'de görüldüğü gibi ameliyathane önüne ilave edilecek bir Air Lock tesis edilmesi ile gerçekleştirmek mümkün olacaktır. Air lock'ın negatif basınçta tutulması ve havanın bu alandan dışarıya HEPA filtrelerle egzoz edilmesi uygun bir çözümdür. Yapım aşamasındaki veya yeni yapılacak hastanelerde pandemi dönemlerinde benzer şekilde çalışacak bazı ameliyathanelerin kombine tip ameliyathaneler şeklinde tasarlanması gerekmektedir.

7. PANDEMİ DÖNEMİ HASTA KABUL VE ACİL SERVİSİ BÖLÜMLERİ

Pandemi dönemlerinde Covid-19 veya benzeri salgın şüphesi ile başvuru yapan hastaların hasta kabulleri veya muayeneleri mutlaka hastanenin ayrı bir bölümünde yapılmalı, klima ve havalandırma sistemi diğer bölümlerden bağımsız olmalıdır. Mümkünse hasta kabul çalışmaları hastane dışında hazırlanmış özel kabinlerde yapılmalıdır.

- ❖ Hastanelerde hasta odaları genellikle FCU (Fan Coil) ile ısıtılıp soğutulur. Ayrıca bir klima santralinde şartlandırılmış bir miktar taze hava acil bekleme odası ve muayene odalarına gönderilir.
- ❖ Pandemi döneminde FCU kullanımının riskleri nedeniyle bu bölümlerin yine tüm havalı sistem ile iklimlendirilmesi ve havalandırılması gerekmektedir.
- ❖ Klima santralleri pandemi döneminde %100 dış hava ile çalışma opsiyonuna sahip olmalı ya da santraller %100 dış havalı ve ısı geri kazanımlı olarak tasarlanmalıdır.
- ❖ Odalara ve koridorlara gönderilen hava kanalları çıkış ağzlarında ve emiş ağzlarında VAV cihazları kullanılmalıdır. VAV cihazları pandemi dönemlerinde sabit debide çalıştırılmalıdır.



- ❖ Mahallerde hava değişim sayısı minimum 12 olmalıdır [6] .Temiz havanın saatteki minimum değişim sayısı ise 2 olmalıdır.
- ❖ Bu mahallerin mutlaka komşu alanlara göre negatif basınçta tutulması gerekmektedir.
- ❖ Acil servis doktor ve sağlık personeli dinlenme odalarının pozitif basınçta tutarak (odalara gönderilen şartlandırılmış hava miktarından daha az miktarda hava emilerek bu işlem yapılmalıdır) acil servisteki muayene odalarındaki ve acil koridorundaki kirli ve bulaş riski olan havanın bu odalara girmesine engel olunmalıdır.
- ❖ Mahallere gönderilen şartlandırılmış havanın menfez ve anemostatlar ile yüksek hava hızı ile mahalle üflemesi ve emilmesi durumunda mahalde oluşacak hava hareketleri bulaşın yayılmasına katkıda bulunacaktır. Bu nedenle ilgili kritik alanlarda hava hareketini minimize etmek için havayı minimum hava hızında(0.24-0.45 m/s) üflenmesi ve emilmesi gerekmektedir. Mümkünse emiş kanallarının düşeme seviyesinden yapılmalıdır.

8. PANDEMİ DÖNEMİNDE HASTANE KLİMA SİSTEMLERİNDE ALINACAK PRATİK NOTLAR VE ÖNERİLER

Mevcut hastanelerin tasarımı ve uygulaması yaşadığımız olağanüstü pandemi koşulları dikkate alınarak yapılmamıştır. Bu nedenle mevcut hastanelerimizde hem hastalarımızı hem de sağlık personelimiz koruma adına kısa vadede klima ve havalandırma sistemlerinde aşağıda açıklanan tedbirler alınarak bir miktar da olsa bulaş riskini minimize edebiliriz;

- ❖ Kuru hava enfeksiyon riskini artıracığı için ortam neminin %40'ın altına düşmemesi için önlem alınmalıdır. Bağıl nem %40-60 arasında kalabilmesi için klima sistemlerinde gerekli önlemler alınmalıdır.
- ❖ Dış hava değişim oranını artırmak için önlemler alınmalıdır. Örneğin, hasta odalarında klima sistemlerinde alınacak önlemler ile saatlik hava değişimini 2'den 6'ya artırmaya çalışılmalıdır.
- ❖ Klima santralleri mümkün olduğu ölçüde %100 dış hava ile çalıştırılmalıdır.
- ❖ Pandemi döneminde enfekte olan hastaların kullandığı hasta odalarına gönderilen havanın %100 'ü egzoz edilmelidir. WC egzoz fanlarında bu anlamda önlemler alınmalıdır.
- ❖ Virüs yoğunluğu fazla olduğu yani bulaş riskinin çok yüksek olduğu kapalı mahallerde virüs yoğunluğunu azaltmak için doğal havalandırma yöntemi ile yani pencere ve kapılarını sık sık açık tutarak yapının havalandırılması temin edilmelidir.
- ❖ Hastane hasta odaları ve acil bölümleri klima sistemlerinde genellikle Fan coil ve temiz hava sistemi kullanılarak mahallerin iklimlendirilmesi ve havalandırılması temin edilmiştir. Fan coil sistemlerinin sürekli aynı havayı kullanması ayrıca yaratacağı hava hareketi nedeniyle bulaş riskinin etkinliğini artıracığı aşikârdır. Bu nedenle pandemi döneminde Fan coil'in (FCU) kapalı tutulması çalıştırılması zorunlu durumlarda (mahal sıcaklıklarının konfor sıcaklıklarının çok altına düşmesi durumunda) ise FCU termostatında minimum yani en düşük hava debisinde çalıştırılması gerekmektedir. Hasta odalarına sağlık çalışanlarının girmesi durumunda hava hareketlerini minimize etmek için FCU'lar kapatılmalıdır.
- ❖ Pandemi dönemlerinde hasta odaları, Acil servis bölümleri ve yoğun bakım odaları negatif basınçlı olacak şekilde mevcut klima sistemlerinde önlem alınmalıdır. Bu yöntem ile virüsün en yoğun olduğu bu alanlardaki kirli havanın hastanenin diğer bölümlerine özellikle sağlık personeli dinlenme odalarına girmesine engel olunacaktır.
- ❖ Pandemi döneminde bazı ameliyathaneler girişinde tesisi edilecek hava kilidi ile kombine tip olarak kullanılmalıdır. Böylece enfekte olmuş kişiden yayılan virüs bu alanda hapsedilip gerekli önlemler alınarak buradaki hava doğrudan dışarı egzoz edilmelidir.



- ❖ Pandemi dönemlerinde kullanılacak hasta odaları, yoğun bakım odaları, izole odalar, acil bekleme salonları gibi negatif basınçlı mahallere komşu olan alanların pozitif basınçta tutulması için klima sisteminde gerekli önlemler alınmalıdır.
- ❖ Havalandırmanın yetersiz olduğu hastane genel bölgelerinde pencereleri açıp duman egzoz fanları çalıştırarak mahallerdeki mikroorganizmaların seyreltilmesi mümkün olabilir.
- ❖ Toplu kullanıma açık tuvaletlerde yer süzgeçleri ve lavabo sifonları kuru halde bırakılmamalıdır. Alafranga tuvaletleri kullandıktan sonra kapağını kapatarak yıkamayı gerçekleştirilmelidir.
- ❖ Virüsleri seyreltmenin diğer bir yöntemi ise taşınabilir HEPA filtreli cihazlardır. Bu cihazlar hava debisini sabit tutan kontrol sistemi, ön filtresi (EU7) , HEPA filtresi opsiyonel UV lambalı sistemler ile enfeksiyon riski olan ve mekanik havalandırmanın olmadığı veya yetersiz olduğu alanlarda virüslerin seyreltilmesi mümkündür. HEPA filtre 0.3 mikron ve üstündeki boyutunda canlı ve cansız partiküller için etkindir bu nedenle bu cihazların kullanılması durumunda mahallerde virüsün seyreltilmesi anlamında etkin olacağı ancak, Covid-19 virüs bulaşında kesin bir çözüm olamayacağına dikkat edilmelidir.
- ❖ Klima santralleri ve içindeki ekipmanlar dezenfektan sıvıları ile dezenfekte edilebilir. Klima santrallerinde ve FCU'larda fan durağan halde iken ısıtıcı bataryalarda bir saat boyunca şartlandırılmış sıcak su dolaştırmak suretiyle santral hücresi 60 °C 'ye çıkartılarak da termal dezenfektan yapılması da mümkündür.
- ❖ Klima sisteminin %100 dış hava ile çalışma olanağı yok ise, santralde ameliyathane ve temiz odalarda kullanılan yüksek verimli partikül tutucu filtreler ile dönüş havasındaki partikül ve mikroorganizma yoğunluğunu azaltmak mümkündür. Filtrelerin farklı özelliklerine göre tutuculuk oranları artmaktadır. Amerikan standartlarında MERV 16, ISO standartlarında F9 olarak tanımlanan rijit torba filtreler ile 0.3-1.0 µm boyutundaki uçucuların %50 'sini tutabilmek mümkündür. Verimliliği çok daha yüksek olan bunun yanı sıra basınç kaybı değeri de çok yüksek olan HEPA filtreler ile 0.3 µm boyutunda uçucuların % 99.99 unu tutmak mümkündür.
- ❖ Dönüş havasındaki mikroorganizmaları öldürmek veya etkisiz hale getirmek için klima santrallerde UV-C ampuller de kullanılmaktadır. Bu lambalar, mikroorganizmalara karşı 200-280 nanometre dalga boyunda etkilidir. Göz ve deri ile doğrudan temas ettiğinde hasar oluşturduğuna dikkat etmek gerekir. UV-C lambalar soğutucu batarya yüzeyinde biriken küf, mantar ve bakteri gibi mikroorganizmaları öldürmek için etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak, havadaki virüsleri etkisiz hale getirmek için kullanılacak UV-C lambalarının seçim kriteri çok karmaşıktır. Özellikle farklı virüslerin hangi güçte ve zaman aralığında etkinliklerini azalttığına bilinmesi gerekmektedir. Kullanılması düşünülen cihazlar mutlaka sertifikalı olmalı ve deneysel sonuçlara sahip olmalıdır. Hastane içerisinde havalandırmanın sağlanamadığı alanlar var ise bu bölgelerde üst oda (upper room) UV-C lambalar ile mahal virüs yükü azaltılabilir. Ancak, bu sistemlerin seçimlerinde ve uygulamalarında uzmanlara danışılmalıdır. Belirli bir seviyenin üzerinde konumlandırılması gereken lambalar mahal üst zonunda virüs yükünü azaltmada etkili olacaktır.
- ❖ Havada uçucu olarak bulunan mikroorganizmaların UV-C 'ye dayanım özelliğini bilmeden onları etkisiz hale getirecek lambaların seçimi yapılamaz. Örnek vermek gerekirse Lejyonella bakterisi 12.300 µw-sec/cm² dozda etkisiz hale gelirken, Tüberküloz bakterisi 10.000 µw-sec/cm²de, Hepatit virüsü 8.000 µw-sec/cm², İnfluenza A Virüsü 6.600 µw-sec/cm² dozda etkisiz hale gelmektedir. Covid-19 virüsünün hangi dozda etkinliğinin azaldığı konusunda henüz bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

SONUÇ

- ❖ Yeni yapılacak yapıların veya hastanelerin iklimlendirme sistemleri tasarımında mimar ve mühendisler dışında enfeksiyon ve halk sağlığı uzmanlarından görüş ve katkıları alınmalıdır.



- ❖ Bulaşıcı aerosoller, hava dağıtım sistemlerini ve bölgeler arası hava akışlarını içeren yollarla binalara yayılabilir.
- ❖ Yeni yapılacak hastane binaların tasarımında mahallerdeki bulaşıcıların seyreltilmesi için %100 dış havalı klima sistemleri öne çıkacaktır. Ayrıca klima sistemleri nedeniyle oluşan hava akımlarını minimize etmek için CFD (hesaplamalı akışkanlar dinamiği) analizleri, optimize edilmiş hava akış modelleri ve tek yönlü hava akış modelleri öne çıkacak, son olarak kişisel havalandırma ve egzoz sistemleri gündeme gelecektir. Bu konuda klima mühendislerinin ciddi sorumluluk almaları gelecektir.
- ❖ Yukarıda belirtilen çalışmaların deneysel ortamda gerçekleştirmek için ilgili laboratuvar çalışmaları için sektör derneklerinin veya firmaların çalışmalarına bir an önce başlaması ve sonuçlarının kamuoyu yanı sıra ilgili uluslararası dernek ve kuruluşlar ile paylaşılması gerekmektedir.
- ❖ Klima havalandırma sistemleri için ülkemizde yangın yönetmeliği ile sadece yangın anında çalışacak tasarıma yönelik kurallar ve standartlar getirilmiştir. Benzer şekilde klima sisteminde pandemi ile mücadele konusunda bir yönetmeliğin hazırlanması için siyasi otoritenin ve sivil toplum kuruluşlarının çalışmaları başlatması gerekmektedir.
- ❖ Pandemi sonrası hastane iklimlendirme ve havalandırma tasarımı ile ilgili tasarım kriterlerinde mutlaka değişiklikler gündeme gelecektir. Covid-19 virüsü nedeniyle hasta odalarında veya yoğun bakım odalarında yatan hastaların sağlığını ve burada görev yapan sağlık çalışanlarının sağlığını koruyabilmek adına ciddi revizyonlara yapılması gerekecektir.
- ❖ Hastane klima sistemleri konusunda uzman dernekler ve sivil toplumlarından oluşacak bir teknik komite ile pandemi hastaneleri klima sistemi ile ilgili "kontrol sisteminin" hazırlanması ve bu çalışmaları sürekli periyodik kontroller ile denetleyecek uzman kişilerin en kısa zamanda eğitimden geçmesi için önlemler alınmalıdır.
- ❖ Karışım havasını kullanan klima santrallerinden geçen havada uçucu haldeki mikroorganizmaların partikül filtreleri, UV lambalar veya elektrostatik filtreler, hidrojen peroksit, gümüş iyonları, ozonlama gibi sistemler ile yoğunluğu azaltılabilir. Ancak bu cihazlar gerek bakım ve işletme zorluğu nedeniyle, gerekse de uçucu mikroorganizmaların tümünü etkisiz hale getiremeyeceği için, pandemi döneminde klima santrallerinin %100 dış hava ile çalıştırılarak çok daha etkin sonuç alınması mümkündür.
- ❖ Pandemi dönemleri dikkate alınarak yapılacak hastanelerin iklimlendirme sistemleri tüm havalı sistem olarak tasarlanmalıdır. Klima sistemlerinde en büyük enerjiyi fanların tüketeceği dikkate alınarak fanların seçimi yapılırken fanın SFP (fan özgül gücü) değeri; fan elektrik tüketiminin (W) fan debisine (m^3/s) bölünmesi ile bulunur; mümkün olduğu kadar düşük tutulmalıdır. Tercihen EN 13799'a göre SFP 3 veya SFP 4 değeri kullanılmalıdır. Bu değeri yakalayabilmek için klima santrali hava hızının 1,8-2.0 m/s civarında seçilmesi ve hava kanallarında hava hızlarının düşük seçilmesi ile elde edilebilir.
- ❖ Enerji tüketiminde tasarruf yapılabilmesi için kogenerasyon sistemlerinin daha etkin olarak seçilmesi ve sıcak su üreten güneş kolektörleri yerine daha esnek kullanımı nedeniyle doğrudan elektrik üreten fotovoltaik sistemlerinin tercih edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Rehva, Covid 18 Kılavuz Belgesi REHVA COVID-19 kılavuz belgesi, 3 Nisan 2020
- [2] ASHRAE, HVAC Systems and Equipment, Chapter 17, 62
- [3] Ashrae. ASHRAE Position Document on Infectious Aerosols, 14 Nisan 2020
- [4] DIN 1946-4, 2008
- [5] Bilge, M.& Yeşilbaş, B. (2018). Yoğun Bakım Standartları ve İnsan Faktörünün Hastane Enfeksiyonlarına Etkileri. Termo Klima



[6] HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics

[7] ISO 14644-4

[8] Peker,T.& Heperkan,H. & Bilge,M.&Meral,T.(2019) ; TMMOB Hastane İklimlendirme Tesisatı Tasarım ve Denetim Esasları

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa BİLGE

1979 yılında Sakarya Üniversitesinden makine mühendisi olarak mezun oldu. 1981 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi'nde Yüksek mühendis 1988 yılında doktor unvanını almıştır. Halen kurucusu olduğu Mecon firmasında Şirket Müdürü olarak çalışmakta ve YTÜ de lisansüstü düzeyinde ders vermektedir. Ayrıcı belirli dönemlerde MMO İstanbul Şube ve TTMD yönetim kurulu üyesi, ISKAV müteveli heyeti başkanlığı görevlerinde bulunmuştur. Son olarak MTMD 5. Dönem Yönetim Kurulu Başkanlığı görevinde bulunmuştur.

Tevfik PEKER

1979 yılında ZDMMA Makina bölümünden mezun olduktan sonra 1981 yılında YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek lisans öğrenimini tamamladı, halen aynı üniversitede doktora öğrenimini sürdürüyor.1982-86 yılları arasında YTÜ Makine Bölümü Isı Proses Anabilim Dalında Araştırma görevlisi olarak görev yaptı,1980-83 yıllarında arasında Edirne DMMA Makine Bölümünde ve 2003-2004 yılları arasında YTÜ de yarı zamanlı Öğretim görevlisi olarak çalıştı. Çeşitli üniversitelerde Motorlar, Termodinamik, Isıtma-Havalandırma, Tesisat, Klima , Soğutma, İklimlendirme ve Soğutma Kavramları, Teknolojinin Bilimsel İlkeleri derslerini verdi. Alana yönelik makaleleri ve kitap yayını bulunmaktadır. 1986-2004 tarihleri arasında çeşitli şirketlerde Yönetim Kurulu üyeliği ve genel müdürlük görevlerinde bulundu. Makina mühendisleri Odası İstanbul Şubesi'nin 2004 ve 2008 tarihleri arasında.(26. ve 27.dönemlerinde) Yönetim Kurulu başkanlığında bulundu . Farklı dönemler de MMO denetleme kurulu üyelikleri, TMMOB Yüksek Onur Kurulu, Denetleme kurulu ve Yönetim Kurulu üyeliklerinde bulundu 2019 yılından bu yana Isıtma, Soğutma, Havalandırma sanayi Sitesi Yönetim kurulu başkanlığı görevini yürütmektedir.

M. Zeki YILMAZOĞLU

2002 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden lisans derecesini almıştır. 2002-2006 yıllarında tekstil sektöründe bakım ve enerji konularında mühendislik ve yöneticilik yapmıştır. 2006 yılında Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde akademik hayata başlamıştır. 2006 yılında yüksek lisans ve 2012 yılında doktora derecelerini Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalından almıştır. 2017 yılında Doçent unvanını almıştır. Halen Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde akademik hayatına devam etmektedir. 2014 yılından itibaren Gazi Üniversitesi Hastanesinde Enerji Yöneticisi olarak görev yapmaktadır. Ulusal ve uluslararası dergilerde ve sempozyumlarda yayımlanmış yüzden fazla makalesi ve üç patenti bulunmaktadır. Araştırma konuları enerji yönetimi ve verimliliği, iklimlendirme sistemleri, enerji dönüşüm sistemleri, yenilenebilir ve alternatif enerji sistemleridir.