

# Hava ve Yüzey Dezenfeksiyonu: *Ultra Viole Lambalar*

Prof. Dr. İsmail Ceyhan

 ÖZGÜR  
YAYINLARI

Hava ve Yüzey  
Dezenfeksiyonu:  
*Ultra Viole Lambalar*

Prof. Dr. İsmail Ceyhan

*Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi*



Published by  
**Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.**  
Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep  
☎ +90.850 260 09 97  
📞 +90.532 289 82 15  
🌐 www.ozgurayinlari.com  
✉ info@ozgurayinlari.com

---

## Hava ve Yüzey Dezenfeksiyonu: Ultra Viole Lambalar

*Air and Surface Disinfection: Ultra Violet Lamps*  
Prof. Dr. İsmail Ceyhan

---

Language: Turkish  
Publication Date: 2023  
Cover design by Mehmet Çakır  
Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0  
Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

**ISBN (PDF):** 978-975-447-770-2

**DOI:** <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub301>

---



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>  
This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

---

Suggested citation:

Ceyhan, İ., (2023). *Hava ve Yüzey Dezenfeksiyonu: Ultra Viole Lambalar*. Özgür Publications.  
DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub301>. License: CC-BY-NC 4.0

---

*The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozgurayinlari.com/>*

---



## Ön Söz

Bu kitap önemli ölçüde bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmış başta Verem Savaş Dispanserleri ve Göğüs Hastalıkları Hastaneleri gibi sağlık tesislerinde hava ve yüzey dezenfeksiyonuna yönelik Ultraviyole (UV) lambaların seçimi, kurulumu, kullanımı ve bakımlarına yönelik hazırlanmış olduğum bir nevi derleme niteliğindeki çalışmanın güncellenmesi ve genişletilmesi niteliğindedir. Mikrop öldürücü UV lambaların aslında doğru şekilde seçildiğinde ve kullanıldığında hava, su, yüzey dezenfeksiyonunda son derece etkili olduğu bilinmektedir. Hava veya damlacık yoluyla bulaşan tüberküloz, grip, hatta Covid 19 vb diğer hastalıkların azaltılmasına yardım edebilir. Ancak kurulumu, bakımı ve yanlış kullanılması durumunda yarardan çok zararlı olabilecek potansiyele sahiptir. Bu nedenle seçimlerinden ve kurulumlarından itibaren tüm aşamalarında son derece hassas olunması çok sıkı biçimde kontrol edilmesi, gerekli önlemlerin alınmaz zorunludur. Alış-veriş merkezleri, hava alanları, hastaneler, okullar, yurtlar, kreşler vb. toplu yaşam merkezlerin de kullanılması özellikle iş sağlığı ve güvenliği açısından özellikle denetlenmelidir.

Bu kitap bilgilendirme amaçlıdır. Rehber, kılavuz veya standart niteliği taşımaz. Daha fazla bilgi için kaynaklar ve rehberlerden yararlanılmalıdır. Cihazların ve sistemlerin üretilmesi, kurulması ve/veya kullanılmasına yönelik yetkili kurumlardan onay alınması gerekebilir. Kullanılan resim, çizim ve fotoğraflar bilgilendirme amaçlıdır. Reklam, tavsiye ve diğer ticari amaçlarla değerlendirilemez.



# İçindekiler

Ön Söz	iii
Giriş	1
1. Hava Yoluyla Bulaşan Mikroorganizmalara Yönelik Önlemler	5
1.Çevresel Önlemler:	7
2.Yönetimsel Önlemler:	10
Ultraviöle	12
UV-C Lamba Türleri	15
UV-C Lambalarının Ömrü	18
UV Enerjisinin Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi	19
Mikroorganizmalar:	19
Ultraviöle Dezenfeksiyon	25
Hava Dezenfeksiyonu	26
Hava Arıtımı ve Dezenfeksiyonunda Uv Kullanımı	27
A-Üst Hava Işınlaması	32
Tüberküloz Servisleri İçin Hava Dezenfeksiyonu	32
Diğer UV-C Armatürler	38
UV-C Lambaların Ölçümleri	39
Yavaş Hava Karışımı Sağlanması (Tavan Pervanesi, Mekanik Ventilasyon, Radyatörler)	43
Hava Dezenfeksiyonunda Güvenlik Alanları Ölçümleri	44
Hava Dezenfeksiyonunda Güvenlik Alanları Ölçümleri	45
Eğitim, Temizlik ve Bakım:	45
B-Hava Akımı Dezenfeksiyonu	47

C--Soğutucu Ünite/Serpantin Yüzey Işınlaması	48
2-Yüzey Dezenfeksiyonu	49
Zemin Dezenfeksiyonu:	49
Oda İçi Yüzey ve Hava Dezenfeksiyonu	49
Biyogüvenlik Kabinlerinin Yüzey Dezenfeksiyonu:	51
3-Su Dezenfeksiyonu	53
Uv Işıma ve Sağlık	54
Sonuç	56

## GİRİŞ

---

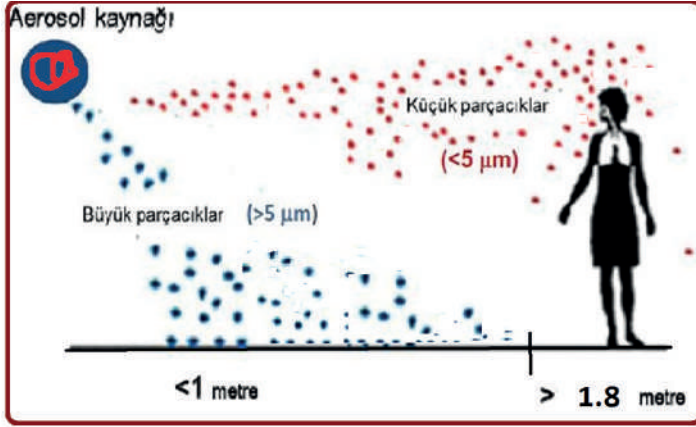
### Giriş

Hava ve damlacık yoluyla bulaşan hastalıkların önemi gün geçtikçe artmaktadır. Verem, grip, kızamık, difteri, Covid19 gibi birçok hastalık ya hava yoluyla (aerosol) veya damlacık yoluyla yayılmaktadır. Hava yoluyla yayılmada etkenin çevresel direnci, patojenitesi, enfeksiyöz dozu ve bulaş yolu yanında partiküler boyut da önemli bir unsurdur. Çünkü partiküler boyut mikroorganizmanın hem kaynaktan ne kadar uzağa gidebileceğine hem de havada kalış süresine etki eder (Tablo.1). Özellikle  $5\mu\text{m}$ 'den küçük nesnelere daha uzun süre havada asılı kalmaları yanında uzak mesafelere taşınmaları mümkün olmaktadır (Şekil 1). Ayrıca bu denli küçük parçacıklar alveollere (akciğer) daha kolay ulaşabilirler.

*Tablo .1 Partiküllerin çaplarına bağlı olarak yere düşme hızları*

Partikül çapı ( $\mu\text{m}$ )	3 m'den çöküş hızı
100	10 saniye
40	1 dakika
20	4 dakika
10	17 dakika
6-10	Birkaç saat
0.06-6	Saatler boyu





Şekil 1.  $5\mu\text{m}$ 'den küçük parçacıklar uzun süre hava kalabilirler

*Mycobacterium tuberculosis* (MTB) ve influenza başta olmak üzere hava yolu ile yayılan ve bulaşan bir çok mikroorganizmanın kapalı ortamlarda sağlığı tehdit ettiği ve önemli enfeksiyonlara neden olduğu bilinmektedir. Hava yolu ile ilişkili patojenler ya damlacık şeklinde veya aerosol (havada asılı partikül,  $1-5\mu\text{m}$ ) yol ile bulaşır (Tablo 2).

Tablo. 2. Hava yolu ile ilişkili patojen mikroorganizmalar

Damlacık yoluyla bulaşan patojenler	Aerosol yolla bulaşan patojenler
<i>Bordetella pertussis</i>	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Influenza virüsleri	<i>Rubeola virüs</i>
Adenovirüsleri	<i>Varicella zoster virus (VZV)</i>
Rhino virüsler	Variola virüsleri
<i>Mycoplasma pneumoniae</i>	Influenza virüsleri
Coronavirus (SARS-ile ilişkili)	Rhino virüsler
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Norovirus
<i>Neisseria meningitidis</i>	Rotavirus
<i>Respiratory syncytial virus (RSV)</i>	<i>Aspergillus spp.</i>
<i>S. aureus</i>	<i>Brucella spp.</i>

Hava yoluyla yayılan ve bulaşan bu mikroplara karşı mücadele ilk olarak sağlık tesislerinde 1900'li yıllarda başlamıştır. Bu mücadelede kimyasallar dahil birçok yol ve yöntem denenmiştir. Biz burada daha çok mikrop öldürücü (germisidal) Ultraviöle (UV) lambalardan bahsedeceğiz. Mikrop öldürücü lambaların kullanımıyla ilgili ilk rehberler General Electric (1950), Philips (1985) ve Westinghouse (1982) gibi bazı üretici firmalar tarafından yapılmıştır. Daha sonra First ve arkadaşları (1999), Kowalski (2003, 2006, 2009), NIOSH (2009), Riley ve arkadaşları (1976) hava dezenfeksiyonunda UV lambaların etkinlikleri konusunda çalışmalar yapmışlardır.

Hava ve damlacık ile bulaşan hastalıklar pandemi veya salgınlar hariç alış veriş merkezleri, havaalanları, otel, yurt gibi toplu yaşam alanlarda genel hijyen kuralları uygulandığı sürece büyük sorun oluşturmaz. Sağlık tesislerinde ise bu mikroorganizmalar daha karmaşık özelliklere sahiptirler. Hastanelerde bulaş veya enfeksiyonun boyutlarını ve ciddiyetini sadece hasta popülasyonunun niteliği ve niceliği değil, alt yapı, tasarım, enfeksiyon kontrol önlemlerinin etkinliği, çevresel olarak (hastane içi dahil) mikroorganizmaların türü, popülasyonu, yaygınlığı ve hatta sosyo-kültürel faktörler belirler.

Ultraviöle mikrop öldürücü lambalar ülkemizde verem savaş dispanserleri, tüberküloz klinikleri ile laboratuvarları, ameliyathaneler bazı hastanelerin acillerindeki uygulanmalar dışında okullar, yurtlar, alışveriş merkezleri gibi diğer potansiyel kullanım alanlarında nadiren kullanılmaktadır. Son zamanlarda bu durum, özellikle koronavirüs (COVID-19) pandemisi sonrasında UV-C'nin hava ve yüzey dezenfektanı olarak potansiyelini ortaya koyan ve sayısı gittikçe artan araştırmalar ve projeler sonrasında değişecek gibi görünmektedir.



# Hava Yoluyla Bulaşan Mikroorganizmalara Yönelik Önlemler

Sağlık tesisleri başta olmak üzere Covid19 pandemisi sırasında ve sonrasında toplu yaşam alanlarında hava ile bulaşan hastalıklara karşı hazırlıklı olmak ve özellikle yapısal önlemler almak daha fazla önem kazanmıştır. Ancak yine de bilinmekte yarar vardır ki hava yolu ile bulaşan hastalıklara karşı tek ve sihirli bir yöntem yoktur. Alınacak önlemler birden fazla faaliyetin eş zamanlı uygulanmasını gerektirir. Maksimum korunma çevresel önlemlerle (mühendislik önlemleri) birlikte hemen her zaman idari, yönetsel faaliyetlerin birlikte uygulanmasını, bunların yetersiz kaldığı durumlarda ise kişisel koruyucu donanım kullanılmasını içerir. Bu kapsamda uygulanan her bir önlemin korunmada önemli katkıları olsa bile mühendislik önlemleri tek başına bulaşın önlenmesinde kritik önemi sahiptir. Bu nedenle de vazgeçilemez unsurdur. Çevresel önlemlerin başında havalandırma ve hava dezenfeksiyonu gelmektedir. Havalandırma yapısal olarak filtrasyon/dezenfeksiyon ile

birlikte mekanik havalandırma, doğal havalandırma ve karışık havalandırma olarak uygulanmaktadır.

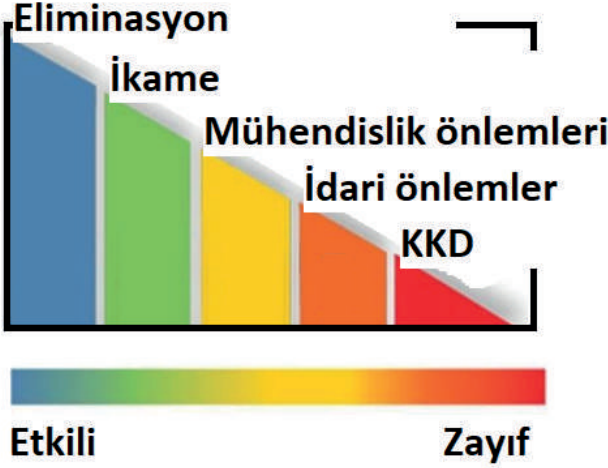
Hava yolu ile bulaşan enfeksiyonlardan korunma/koruma ve hastalıkları önlemeyle yönelik uygulamaların başında ortam havasının değişimi ile uygun olduğu durumlarda basınç farkı da oluşturarak hava filtrasyonu/dezenfeksiyonu gelmektedir. Mikrop öldürücü veya hava dezenfeksiyonu sağlayan cihazların bu hava arıtma sistemlerine dahil edilmesi iyi bir seçenektir. Hava dezenfeksiyonu sağlayan cihazların başında mikrop öldürücü (germisidal) etkiye sahip “Ultraviole (UV) UV-C lambalar” gelir. Sağlık tesislerinde hem çalışanları hem de hasta ve yakınlarını hava yoluyla bulaşan patojenlerden korumaya yönelik üst hava ışıklı UV-C lambalı armatürler en çok kullanılan hava dezenfeksiyon donanımlarından biridir. Bu tür donanımdan maksimum yarar sağlamak için cihazın uygun seçimi, kurulumu, kullanımı ve bakımı önemlidir.

UV ışımının mikroorganizmalar üzerine etkileri en az 100 yıldan beri bilinmektedir. Düşük basınçlı civalı lambaların oluşturduğu 254nm dalga boyuna sahip UV ışımaya, deoksiribonükleik asit (DNA) yapısını bozarak mikroorganizmaların ölümüne veya aktivitelerinin kaybolmasına sebep olur.

Hastane enfeksiyonlarını önlemeye yönelik faaliyetlerin başında “enfeksiyon kontrol planları”nın etkili biçimde uygulanması gelir. Ancak hava yoluyla bulaşan hastane enfeksiyonlarına yönelik bu yöntemler bazen yeterince etkili olamamaktadır. Özellikle MTB ve COVID-19 başta olmak üzere gibi aerosol veya çoğu damlacık yoluyla bulaşan etkenlere yönelik daha radikal yapısal önlemler gerekmektedir.

İş güvenliği açısından çalışma alanlarında risk kontrol için tehlikenin ortadan kaldırılması (eliminasyon) ve ikame

(yerine tehlikesiz veya daha az tehlikeli olanı koyma) en etkili ve öncelikli iki yol olarak kabul edilmektedir (Şekil 2). Ancak enfeksiyon hastalıklarında tehlike kaynağı insan olduğu için bu ilk iki yöntem seçenek bile değildir. Bu durumda mühendislik önlemleri önem kazanmaktadır.



Şekil 2. Kontrol Hiyerarşisi

Hava yolu ile bulaşan etkenlere yönelik önlemleri 3 ana başlık altında değerlendirmek mümkündür:

### 1.Çevresel önlemler:

Hava kontaminasyonunun muhtemel olduğu yerlerde havadaki bulaştırıcı basil konsantrasyonunu azaltmayı amaçlayan donanım ve mühendislik uygulamalarını içerir.

İş sağlığı ve güvenliği açısından tehlikenin ortadan kaldırılamadığı veya yerine daha az tehlike olan değiştirilemediği (ikame) durumlarında en etkili yöntem mühendislik önlemleridir. Havalandırma iyi tasalandığında

ve kurulduğunda risk büyük ölçüde kabul edilebilir düzeylere düşürülmüş olur. Mühendislik veya mekanik önlemler kontamine havanın deşarj edilerek bulaşıcı virüs ve basillerin yoğunluğunun azaltılması veya elimine edilmesini amaçlar. Pratikte ve uygulama açısından genellikle havalandırma olarak ifade edilir. İş sağlığı ve güvenliği önlemleri arasında kritik öneme sahiptir. Tam ve verimli olabilmesi için tasarım, yapım ve uygulama gibi her aşamasında yeterli teknik bilgi gerektirir. Bakım, teknik personel, sürdürülebilirlik ve donanım yetersizlikler sebebiyle havalandırma birçok işletmeye yarardan çok zarar verebilir. Kontrollü ve güvenli hava akışı sağlanamaz. Kötü havalandırma bulaş riskini artırır. Böyle ortamlarda hava ile bulaşan mikroorganizmalar daha kolay bulaşabilirler. Kısacası, **bozuk havalandırma, hiç mekanik havalandırmanın olmamasından daha kötü olabilir.**

Bir tesiste nasıl bir havalandırma sisteminin kurulması gerektiği iklim, teknik uzmanlık ve sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmelidir. Mevcut kanıtların güçlü ve zayıf yönleri olmakla birlikte hava ile bulaşan enfeksiyonları önlemeye yönelik Amerikan Hastalık Kontrol Merkezi (Centers for Disease Control and Prevention/CDC) ve DSÖ gibi kaynaklar havalandırmaya yönelik sistem kurulmasını veya önlemler geliştirilmesini tavsiye etmektedir. Özellikle hastaneler havalandırma açısından son derece önemlidir. Çünkü bilindiği üzere dünyada hastane enfeksiyonlarının önemi gittikçe artmaktadır.

Sağlık tesislerinde bazı alanlar risk değerlendirilmesi sonucunda pozitif veya negatif basınçlı olarak düzenlenmelidir. Havalandırmada iki amaç gözetilir. Esas itibarıyla hastanın korunması gereken durumlarda pozitif basınç (**koruma amaçlı havalandırma**), çalışanın veya personelin korunması gereken alanlarda negatif basınç (**korunma amaçlı havalandırma**) uygulanmalıdır. Ancak sadece basınç ayarlamasının ötesinde temiz hava değişimi

daha kritik öneme sahiptir. Tablo.3 de fikir vermesi açısından hastanelerde havalandırılması gerekli bazı alanlar ve özellikleri verilmiştir. Bu konuda daha detaylı bilgiler için kaynaklara bakılabilir.

*Tablo 3. Hastanelerde bazı alanlar için havalandırma şartları*

Servis alanı	Basınç farkı	ACH*
Triaj	Negatif	2-12
Acil	Negatif	2-12
Yoğun bakım	Yok	2-6
Yeni doğan yoğun bakım	Pozitif	2-6
Laboratuvar (mikrobiyoloji, biyokimya, patoloji)	Negatif	2-6
Radyoloji	Negatif	2-12
Çamaşırhane	Negatif	2-10
*ACH: "air change per hour" : saatte hava değişim hızı		

Havalandırmanın aerosol bulaşını önlemedeki etkisi basınç farkıyla (pozitif/negatif ) birlikte uygulandığında artar. Ancak hava değişim hızı, basınç farkı olsun ya da olmasın korunma veya korumada kritik unsur olarak görülmektedir. Hava değişimi olmayan veya yetersiz havalandırmaya sahip alanlarda aerosol bulaş riski belirgin şekilde yüksek kalmaktadır. *Mycobacterium tuberculosis* dikkate alındığında veriler izolasyon olmayan odalardaki saatte 2'den daha az hava değişimi olan servislerdeki personelin yüksek Tüberkülin Cilt Testi(TCT) konversiyonu ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Daha fazla hava değişimi olan alanlarda kirli havadaki patojenlerin seyrelmesine bağlı olarak riskin belirgin biçimde azaldığı saptanmıştır. Bu nedenle hava ile bulaşan patojenlere yönelik saatte 2-12 kez hava değişimini önerilmektedir. Benzer şekilde tüm hava



ile bulaşan mikroorganizmalarda hava değişim hızına bağlı olarak enfeksiyon riski azaldığı kabul edilmektedir.

## **2.Yönetimsel önlemler:**

Maruziyet, enfeksiyon ve hastalık riskini azaltmayı amaçlayan politika ve uygulamalardır. İdari önlemlerin stratejisi bulaştırıcı vakaların triyajı, patojenlerin kontrolü (öksürük etiği) ve bulaştırıcı hastaların kalabalık yerlerde geçirdikleri zamanı en aza indirmek için önlemler geliştirilmesi, sağlık gözetimi, surveyans, hasta ve çalışan eğitimi, güvenlik ve sağlık işaretleri, eğitici broşürler ve bilgi verici posterler vb. olarak özetlenebilir. Bu önlemler mühendislik önlemlerinden daha az etkili olmakla birlikte ucuz ve korunmaya katkı sağladıklarından dolayı iş güvenliği uygulamalarının vazgeçilemez unsurlarındandır.

**3.Solunum koruma:** Kişisel koruyucu donanım (KKD) iş güvenliği ilkelerine (kontrol hiyerarşisi) göre son seçenek olmakla birlikte hava ile bulaştıran enfeksiyonlarda koruma/korunmada çoğu zaman zorunlu olarak kullanılmaktadır. Çevre koşullarının kontrol edilemediği, potansiyel kirli kabul edilen alanlarda (sağlık tesislerinde enfeksiyon klinikleri, yoğun bakım veya mikrobiyoloji laboratuvarı gibi) veya salgın zamanlarında toplu yaşam alanlarında (havaalanı, yurt, alışveriş merkezleri vb.) özellikle çalışan personelin korunması amacıyla uygun maske (FFP2, FFP3, N95) kullanılması önerilir (Tablo 4). Riskin arttığı, mühendislik önlemlerinin yetersiz veya çevresel kontrolün olmadığı durumlarda bu maskeler veya daha özel solunum cihazları (taşınabilir mekanik solunum filtreli cihaz) KKD kullanılmalıdır.

Tablo. 4. Solunum maskelerinin etkinlikleri

Maske tipi	Etkinlik	Açıklama
FFP*1	4 kat	0,6 $\mu\text{m}$ 'ye kadar parçacıkların en az %80'ini filtre eder.
FFP 2	10 kat	0,6 $\mu\text{m}$ 'ye kadar parçacıkların %92-%94'ünü filtre eder.
FFP3	20 kat	0,6 $\mu\text{m}$ 'ye kadar parçacıkların en az %98-%99, 97'sini filtre eder.
N95**		FFP2'ye eşdeğer kabul edilir.
<p><i>Virüsler, bakteriler ve mantar sporları gibi patojenler koruyucu solunum maske (FFP2/FFP3/N95 maskeler) sınıfı tarafından filtrelenir.</i></p> <p>*Avrupa Birliği standardı-FFP “filtering facepiece” Partikül filtreli respiratörler</p> <p>** Amerikan standardı, N: “not resistant to oil” – kategorik olarak yağa dayanıklı değil,</p>		

Hava ile bulaşan mikroorganizmalar potansiyel olarak tüm sağlık tesislerinde mevcuttur. Ancak tüberküloz tanı ve tedavisi yapan hastanelerde bu risk daha belirgin olmakta ve çoğu kez diğer mikroorganizmaların önüne geçmektedir. Bu nedenle tüberküloz bulaş riski olan sağlık kurumlarında solunumu korumanın özel önemi vardır. Covid-19 ve tüberküloz(TB) tanı-tedavisi yapan sağlık kurumları gibi yüksek riskli yerlerde, olası kirli hava içeren ortamlarda çalışmak zorunda kalan personeli korumaya yönelik solunum maskeleri bireysel enfeksiyon kontrol önlemi olarak ön plana geçebilir.

Aşağıdaki durumlarda solunum maskesi takılır:

a) Aerosol oluşturan işlemler (Bronkoskopi, entübasyon, aspirasyon, balgam indüksiyonu, otopsi, akciğer ameliyatları)

b) Çok ilaca dirençli tüberküloz (ÇİD-TB)/ yaygın ilaç dirençli tüberküloz (YİD-TB) olduğu düşünülen kişiler ile ÇİD-TB/YİD-TB hastalarının işlemleri, bakım ve tedavileri

esnasında çalışanların özellikle solunum maskesi kullanmaları gereklidir.

c) Hastalar için solunum maskesi önerilmez. Cerrahi maske takmaları ve öksürük adabına uyumaları yeterlidir.

## ULTRAVİOLE

**Ultraviyole (UV);** dalga boyu görünür ışık ile X-ışınları arasında (100nm-400nm) yer alan elektromanyetik radyasyon özellikle ışıktır (Şekil.3). Doğal olarak güneş'ten yayılan elektromanyetik radyasyonun yaklaşık %10'u UV olduğu belirlenmiştir. UV endüstriyel olarak farklı amaçlarla “Çerenkov radyasyonu”, “elektrik arkları”, “cıva buharlı lambalar”, “bronzlaşma lambaları” gibi değişik şekillerde üretilir. UV cisimlere ve dokuya iyi penetre olamaz. Daha çok yüzeysel etkilere sahiptir ve özellikle yüzey, hava ve su dezenfeksiyonu sağlar. Uzun dalga boyulu UV fotonları düşük enerjiye sahip olmalarından ötürü atomları iyonize edemezler. Ancak bazı kimyasal reaksiyonları başlatabilir ve birçok maddenin parlamasına neden olabilirler. Kısa dalga boyuna sahip olanları daha fazla zarara yol açabilir. Özellikle deri ve gözlerde hasara neden olur. Kontrolsüz, uzun süreli ve eşik değerleri aşan miktardaki UV-ışınma gözlerde katarakt, keratit, retina ve kornea hasarına, deride ise kansere neden olabilir (Tablo. 5)

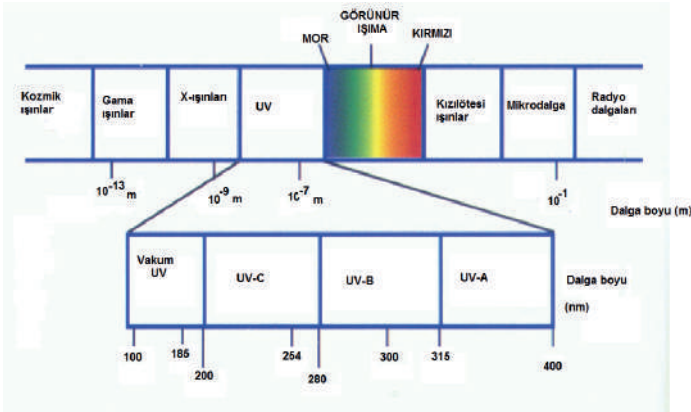
*Tablo 5. UV zararlı etkileri*

Fotokeratit
Konjonktivit
Kataraktogenez
Eritem
Elastoz
Cilt kanseri

Kısa dalga UV özellikle UV-C kategorisindeki ışık DNA'ya zarar verir ve temas ettiği yüzeylerdeki mikroorganizmaları hasar uğrattırır. Bu nedenle dezenfekte edici özelliindedirler. Bazı dalga boyuna sahip UV ışımaya bronzlaşma, güneş yanığı ve cilt kanseri riskini artırıcı etki yapabilir. Ancak özellikle UV-B omurgalı karasal hayvanlar ve insanlarda D vitamini oluşumuna katkı sağlar. Özetle UV ışımaya yaşam için hem yararlı hem de zararlı etkilere sahiptir.

“Ultraviyole”, “mor ötesi” anlamına gelir. 1801’de Alman fizikçi Johann Wilhelm Ritter tarafından keşfedildi. 1878’de kısa dalga UV ışımının bakterileri öldürdüğü gözlemlendi. 1960 yılında ultraviyole radyasyonun DNA üzerindeki etkisi belirlendi.

UV dalga boyunun alt sınırı 100nm üst sınırı ise 380-400nm olup bu bölge içinde hiçbir ışımaya çıplak gözle görülemez (Şekil 2).



Şekil 3. UV ışımaya 100-400nm dalga boyu arasında yer alır:

UV spektrum genel olarak 3 alt bölümde incelenmektedir:

**UZUN DALGA (UV-A):** Güneş ışığında bol olarak bulunur. Dalga boyu 315- 340 nm arasında değişir. Ozon tabakasını doğrudan geçerek dünyaya süzülür Buluttan ve camdan geçebilme etkisine sahiptir. Bu nedenle kış mevsiminde ve bulutlu havada bile cilt üzerinde etkili olabilir ve ciltte birçok olumsuz duruma yol açabilir. Fotokimyasal ve pigmentasyon proseslerini aktive ederek ciltte bronzlaşma ve kırışıklıklara neden olur.

**ORTA DALGA (UV-B):** Dalga boyu 280-315 nm arasında değişir, ozon tabakasından direkt geçmesi engellenir, ancak bir kısmı dünyaya ulaşır. Provitamin D oluşumuna neden olur. Bazı durumlarda tedavi amaçlı da kullanılmaktadır. Pigmentasyon ve eritem etkisi oluşturur. Bazı deri kanserlerine neden olduğu bildirilmektedir.

**KISA DALGA:** İki alt bölüme ayrılmaktadır.

**Uzak UV (FUV) :**280 nm – 200 nm,

**Vakum UV (VUV) :** 200 nm – 100 nm

**FUV (UV-C):** Esas itibariyle en etkili mikrop öldürücü dalga boyları bu aralıktadır. Deride güçlü eritem ve gözlerde konjontivite neden olur. Maruziyet sınırları kesinlikle aşılmamalıdır.

UV ışımının bazı özellikleri Tablo.6'da belirtilmiştir.

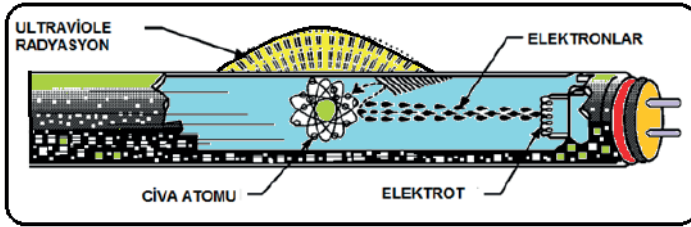
Kategori (Adı)	Dalga boyu(nm)	Sağlığa etkisi	Özellik
UV-A	315-400	Katarakt, deri kanseri, retinal değişim	Solaryum ışıma: uzun dalga UV, siyah ışık, ozon tabakası tarafından emilmez: yumuşak UV.
UV-B	280-315	Kornea hasarı, Katarakt, fotokeratit, eritem, deri kanseri	Dorno radyasyonu: orta dalga UV, çoğunlukla ozon tabakası tarafından emilir: Düşük mikrop öldürücü etki
UV-C (FUV)	200-280	Kornea hasarı, fotokeratit, eritem, deri kanseri	Kısa dalga UV, mikrop öldürücü, Daha kısa dalga boylarında UV, iyonlaştırıcı radyasyon, tamamen ozon tabakası ve atmosfer tarafından emilir: sert UV. Yüksek mikrop öldürücü etki
Vakum UV	100-200		Ozon oluşumu

## UV-C lamba türleri

### 1-Civalı lambalar:

Adi cam (pencere camı) UV-C'yi emdiğinden, kısa dalga UV lambaları fosfor kaplaması olmayan kuvars veya benzeri

flüoresan lamba tüpü kullanılarak yapılır (Şekil 4). UV-C lambalarda iki tür cam kullanılmaktadır. Yumuşak bir yapıya sahip özel bir cam (soda baryum) türü 253,7 nm dalga boyu ışımının yayılmasını sağlarken ozon oluşumuna sebep olan 185 nm dalga boyu ışımayı filtre eder. Diğer tür cam ise sert yapılı kuvars camı olup özel yapıda iç cam kaplamaları ile iletim özelliklerini değiştirerek istenen ve istenmeyen ışımaların üretilmesini ve kontrol edilmesini sağlar. Kuvars cam ve iç kaplama zamanla lambanın yararlı ömrünün azalmasına neden olur ve üretilen ışımının kalitesinin düşmesine ve ozon üretmesine neden olabilir.



Şekil 4. Civalı Ultraviyole lamba

Erimiş kuvars tüp 253.7nm dalga boyuna sahip ışımayı geçirir, ancak 185nm'yi engeller. Teknolojik açıdan başka seçenekler bulunmasına rağmen üretilen mikrop öldürücü etkiye sahip UV-C lambaları düşük basınçlı civa deşarj lambalarıdır. UV-C lambalar bir soy gaz olan çoğunlukla argon gazı (veya gaz karışımı argon/neon veya çok az miktarlarda Xenon) içerir. Bu lambalarda civa saf metal veya amalgam yapıda kullanılabilir. Lamba içindeki civa, lamba yanarken buhara dönüşür. Civa atomları, deşarjdaki elektrik alanı içindeki soygazla çarpıştığında hızlanır ve uyarılmış olur. Uyarılmış civa atomları enerjilerinin yaklaşık 253,7 ve 185 nm'de iki tepe noktasına sahip ultraviyole ışık yayar.

Üretilen UV'nin %85-%90'ı 253,7nm'de, ger kalanı 185'nm'de dir. Bu "mikrop öldürücü" lambalar, laboratuvarlar ve gıda işleme endüstrilerinde yüzeylerin dezenfeksiyonu ve su kaynaklarının dezenfekte edilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Düşük basınçlı cıva lambalarını iki sınıfta incelenir:

1- Sadece 254 nm (yüksek verimli) tepe dalga boyuna sahip ozonsuz lambalar ve

2- 185 nm'de tepe dalga boyuna sahip ozon üreten lambalar (düşük verimli)

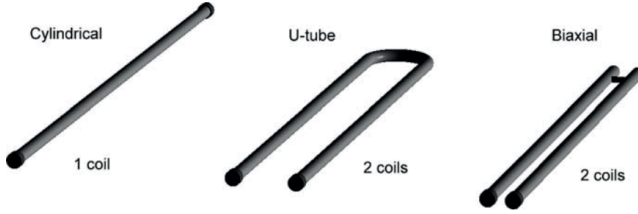
Hava dezenfeksiyonuna yönelik kullanılan kaliteli çoğu UV-C lamba, 200 nm ve altı (vakum UV) ışımaya yayılımını önleyen yapıya sahiptir. Bazı ticari lambalar ortamda ozon oluşuna neden olan ışımalara neden olabilirler. İstenmeyen bu durumdan korunmak amacıyla UV lambalar bu tür dalga boylarını filtreleyen özel bir kaplama (zarf) veya bu tür özelliğe sahip camdan imal edilmiş olmalıdır. Yüksek kalitede UV-C lambalar mikrop öldürücü ışımaya yönelik yüksek geçirgenlik katsayısına sahip olduğu kadar ozon oluşumunu engelleyen özel yapıda camdan imal edilmiş olmalıdır.

**2-UV-C LED Lambalar: (UV-C Işık yayan diyot Light emitting diodes lambalar)**

**LED (Işık yayan diyot) lambalar:** LED-UV kompakt bir ışık kaynağı olarak elektromanyetik spektrumun UV kısmında da yayılan galyum arsenit (GaAs), galyum fosfit (GaP), indiyum fosfit (InP) ve alüminyum nitritür (AlN) gibi bileşik yarı iletken malzemelerden oluşur. UV-C-LED'ler düşük doğru akım voltajlarla çalıştırılır. Bazı LED lambaları 214 nm dalga boyu, bazıları ise 247 – 280 nm aralığında ışımaya yarar. LED-UV lambalar çevre dostu, ancak henüz cıva lambaları kadar etkili oldukları düşünülmemektedir.



LED-UV lambalar silindirik, U tüp ve Biaksial adı verilen 3 farklı tipte üretilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. LED tipi UV lamba tipleri

### 3-Diğer UV lambalar

Diğer lambalar (eksimer UV, Pulsed UV, Döteryum lambaları) ya etkinliklerinin düşük olması veya teknolojik olarak uygun olmadıklarından dolayı genellikle dezenfeksiyon işlemlerinde kullanılmaz.

#### UV-C lambalarının ömrü

UV-C lambalarının etkinliği ve ışıma gücü zamanla azalır. UV-C lambalarının ömrü elektriksel olarak tükenmesiyle değil, ürettiği enerjinin veya emisyonun belirli düzeyin altına düşmesiyle belirlenmektedir. Bu değer lamba üretici firma tarafından kullanım ömrü (saat) olarak verilebilmektedir. Genellikle iyi bir lambanın ömrü 8000 saat civarındadır. Ancak gerçek değer ölçülerek belirlenmelidir. Bu ölçüm daha önce hiç kullanılmamış yeni bir lamba için lambanın kesintisiz en az 100 saatlik açık bırakılması sonrasında (“ilk yanma” süresi sağlandıktan sonra) yapılması gereklidir. İlk yanma süresi tamamlanan lambanın 24°C oda sıcaklığında ve hava akımı olmayan (durgun havada) çıplak lambanın orta noktasından 1m uzaklığında ışık yoğunluğu ölçümü yapılır.

UV-C lambalar teknik olarak mikrobiyal etkinlik için başlangıçta, uygun değer  $\% 50$  ila  $\% 85$ 'i veya biraz daha fazlasının ölçülmesini sağlamak üzere tasarlanıp üretilmektedirler. Bulunan değer zaman içerisinde azalacaktır. Her ne kadar bazı armatürlerde kullanım ömrünü saat cinsinden gösteren sayaçlar bulunsun bile teknik olarak en iyisi ve güvenli olanı lambanın düzenli ölçümü yapılarak UV- lambanın ömrünün takip edilmesidir.

Yeni bir 30 W UV-C lambanın ışımaya değeri (örneğin, Phillips TUV-30 lamp) yaklaşık  $280-300 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dir. Işınlama 1m uzaklıkta  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 'nin altına düşerse lambanın değiştirilmesi tavsiye edilmektedir. 30W'ın altındaki lambalarda (15W, 8W gibi) başlangıçtaki ışımaya çok daha düşük ( $120-150 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) olabilir. Bu durumda lamba ömrü daha kısa sürede tüketilebilir. Çoğu zaman  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 'nin altındaki bir lamba ömrünü tüketmiş olarak kabul edilir. Bu değerler lambanın marka ve modeline göre değişim gösterebilir.

## UV ENERJİNİN MİKROORGANİZMALAR ÜZERİNE ETKİSİ

### Mikroorganizmalar:

Çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük canlılardır. Viruslar, bakteriler, mantarlar protozoonlar şeklinde sınıflandırılmışlardır. Mikroorganizmaların üreme veya çoğalma yani pratikte bölünme özelliklerini kaybetmeleri hücre ölümü olarak adlandırılır. Bazı fiziksel ve kimyasal etmenler ölüme neden olur. Bu etmenler amaca uygun olarak sterilizasyon, dezenfeksiyon, pastörizasyon veya benzer diğer bazı yöntemler şeklinde uygulanmaktadır.

### 1. Bakteriler:

Oldukça büyük bir gruptur. Şekillerine göre kok, basil ve spiroket olarak adlandırılan üç temel gruba ayrılırlar.

Bazı bakterilerin şekilleri değişken olup bunlara pleomorfik yapılar denir. Bazı bakteri türleri olumsuz dış ortam koşullarına (yüksek/düşük sıcaklık, kuruluk, yetersiz besin vb) oldukça dayanıklı spor adı verilen yapılar oluştururlar. Sporlar üreme ve bölünme özelliği taşımazlar. Koşullar uygun olduğunda tekrar üreme özelliği olan vejetatif forma dönüşürler.

## **2. Mantarlar**

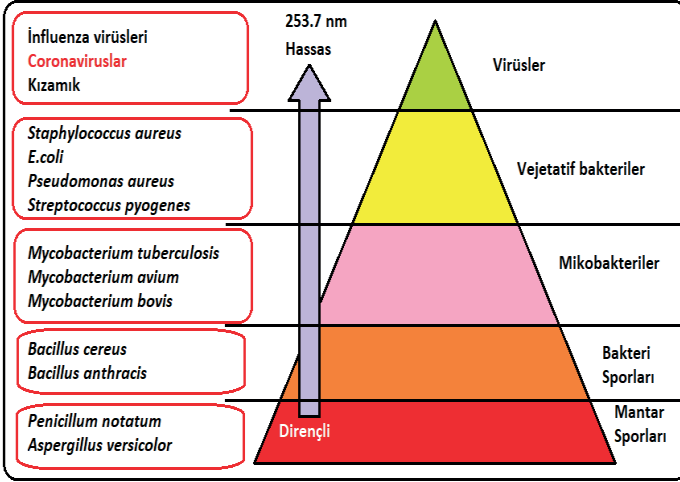
Mayalar ve küfler genel olarak mikroskopik mantar grubu içinde yer alırlar. Hemen hemen tüm çevresel ortamlarda oldukça yaygın olarak bulunurlar. Büyük çoğunluğu çürükçüdür. Az bir kısmı patojen veya fırsatçı patojendir. Deri, mukoza ve sistemik enfeksiyonlara sebep olurlar. Bazı türleri sirke, alkol, ekmek ve antibiyotik üretiminde kullanılmaktadır. Mantarlar çevresel koşullara duyarlı miselyum (vejetatif yapı) ve olumsuz koşullara dirençli spor (klamidospor, artrospor, blastospor vb) denilen özel yapılara sahiptir. Sporlar UV ışımaya vejetatif yapılardan daha dirençlidirler.

## **3. Viruslar**

Bakteri ve mantarlardan daha küçük yapılardır. Üreme, çoğalma ve enerji üretebilmeleri için canlı hücrelere ihtiyaç duyarlar. Canlı hücre içinde hücrenin sistemlerini ve mekanizmalarını kullanarak hücrelerin ölümüne veya kendi işlevlerini yerine getirememesine neden olurlar. Bazıları insanlar için patojendir. Yalnızca bir çeşit nükleik asitleri (ribonükleik asit-RNA veya deoksiribonükleik asit-DNA) vardır.

UV enerji farklı mikrobiyal yapılar üzerinde farklı inaktivasyon etkisine sahiptir. Genel olarak UV ışımaya en duyarlı mikrobiyal üniteler vejetatif yapılardır. Daha sonra sırasıyla mikobakteriler, bakteri sporları ve son olarak fungal

sporlar gelir (Şekil 6.). Ancak bireysel düzeyde her grup içinde türlerin veya kökenlerin duyarlılıkları değişkenlik gösterebilir.



Şekil 6 Mikroorganizmaların UV-C ışımaya göre duyarlılığı

Mikroorganizmalar üzerine öldürücü etkiye sahip UV dalga boyunun belirlenmesine yönelik ilk çalışmalar 220-300 nm aralığında yapılmış ve optimum pik değerinin 265 nm olduğu gösterilmiştir (Tablo.7.). Bugün için hepsi olmasa bile çoğu ticari UV-C lambalarının ürettiği ışımaya optimum dalga boyuna çok yakın olan 253.7 nm olup, UV enerjisi veren düşük basınçlı cıva lambalarıdır.

**Tablo.7. UV ışınların göreceli mikrop öldürücü etkileri**

Dalga boyu (nm)	Göreceli germisidal etki(%)
235.3	35
244.6	58
248.2	70
253.7	85
265.0	100
265.4	99
270.0	95
275.3	81
285.7	55
292.5	38
296.7	27

### Mikrobiyal doz

Belirli dalga boylarında UV, bakterilere, virüslere ve diğer mikroorganizmalara karşı mutajeniktir. DNA özellikle 220 ila 300 nm dalga boyuna sahip ışınları absorbe ederek yapılarında değişime sebep olur. UV, mikroorganizma DNA'sı içindeki moleküler bağları kırar, DNA üzerinde timin dimerleri oluşumuna neden olur ve üremeyi durdurur. Ayrıca UV-C ışınları mikroorganizmaların protein yapılarına da zarar vererek ölümlerine neden olur.

UV-C ışınlarının mikroorganizmalar üzerine germisidal etki, organizmanın yapısal özellikleri, kaynağa olan uzaklığı, ışığın şiddeti, maruziyet süresi gibi faktörlere bağlıdır. Yapılan çalışmalarda her bir mikroorganizmanın türe özgü inaktivasyon sabiti denen bir çarpanı olduğu belirlenmiştir. Bu çarpan ile birlikte yapılan hesaplamalar neticesinde bir çok mikroorganizmayı öldürmek için gerekli doz miktarının hesaplanması mümkün olmuştur (Tablo.8).

**Tablo.8. Bazı mikroorganizmalar için 254nm ışınmada %90 ölüm için gereken doz (J/m<sup>2</sup>)**

Bakteriler	Doz	Mayalar	Doz
<i>Bacillus anthracis</i>	45	Bira mayası	33
<i>B. megatherium</i>	13	Ekmek mayası	39
<i>B. subtilis</i>	71	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	60
<i>B. subtilis</i> (spor)	120		
<i>Campylobacter jejuni</i>	11	<b>Mantar sporları</b>	
<i>Clostridium tetani</i>	120	<i>Aspergillus niger</i>	1320
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	34	<i>Aspergillus flavus</i>	600
<i>Legionella pneumophila</i>	9	<i>Aspergillus glaucus</i>	440
<i>Escherichia coli</i>	30	<i>Mucor racemosus</i>	170
<i>Klebsiella terrifani</i>	26	<i>Penicillium digitatum</i>	440
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	60	<i>Penicillium roqueforti</i>	130
<i>Neisseria catarrhalis</i>	44	<i>Rhizopus nigricans</i>	1110
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	55	<i>Oospora lactis</i>	50
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	35		
<i>Proteus vulgaris</i>	26	<b>Viruslar</b>	
<i>Salmonella enteritidis</i>	40	<i>Hepatitis A</i>	73
<i>Salmonella paratyphi</i>	32	<i>Influenza virus</i>	36
<i>Salmonella typhimurium</i>	80	<i>Polio virus</i>	58
<i>Sarcina lutea</i>	197	<i>Rotavirus</i>	81
<i>Serratia marcescens</i>	24		
<i>Shigella sonnei</i>	30	<b>Protozoonlar</b>	
<i>Staphylococcus aureus</i>	26	<i>Cryptosporidium parvum</i>	25
<i>Streptococcus faecalis</i>	44	<i>Giardia lamblia</i>	11
<i>Streptococcus lactus</i>	62		
<i>Streptococcus viridans</i>	20	<b>Algler</b>	
<i>Vibrio cholerae</i>	35	Mavi yeşil algler	3000
<i>Yersinia enterocolitica</i>	11	<i>Chlorella vulgaris</i>	120

Bir kaynak tarafından yayılan UV radyasyonu watt (W) olarak ve radyasyon yoğunluğu ışınlama birim yüzey alanı başına watt ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) olarak ifade edilir. Mikrop öldürücü etkinlik için esas olan doz, “dozlama” veya “pozlama”dır. Doz, ölçülen mesafeden saniyede birim yüzeye ulaşan

enerji miktarı ( $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ ) olarak ifade edilir. Doz ile ışımayı karıştırmamak gerekir. Işıma, birim yüzeye ulaşan ışık şiddeti olup  $\text{Watt.s}/\text{cm}^2$  olarak gösterilmektedir.

$$D = I \times T$$

Doz ( $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ ) = Işınlama ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) x  
Maruziyet (sn)

**Mikrop öldürücü etki hareketli nesnelerin veya havanın hareket hızına, ışmanın yoğunluğuna ve ışımaya maruz kalma süresine bağlı olarak değişir.** Hareketli bir hava akımı esnasında, mikroorganizmanın ışımaya maruz kalma süresi, ortalama ışma değerinin hesaplandığı etkin uzaklıkla sınırlanır; Örneğin genel olarak havalandırma kanallarındaki etkili UV ışma dozu ortalama 2,54 m/s hava akımı ve 0,3 m mesafede 0,12 saniye olarak ifade edilmektedir. Havadaki bir tehdede karşı inaktivasyon için cihazın özelliklerine bağlı olarak UV ışma saniye veya saniyelik kesirlerde etkili olacak şekilde yüksek UV yoğunluğu ve/veya daha fazla derinliğe sahip olması gerekir. Bu nedenle hava kanallarında yüksek Watt lamba kullanılması önerilmektedir. Yavaş akım sağlayan veya kendiliğinden hava akımı sağlayan, insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde tasarlanmış (kapalı, yarı açık veya otosirkülasyon-baca tipi) UV-C armatürlerinde yeterli ışma sağlayacak yüksek Watt kullanılmalıdır. MTB Ultraviole ışımaya orta düzeyde duyarlı olduğu söylenebilir (Tablo.9). Sağlık tesislerinde uygun tasarım ve yeterli lamba gücü yaygın olarak çalışılmış ve değerli veriler elde edilmiştir.

Mekanik havalandırma olmayan yerlerde hava dezenfeksiyonuna yönelik kurulum, tavan yüksekliği (en az 2,4m), oda hacmi, lambanın ışma-dalga boyu (254nm), bakım ve temizlik prosedürleri dikkate alınarak yapılmalıdır. Bir odaya üst hava ışıması için yarı açık bir armatür kullanılacak

ise örneğin yaklaşık 20 m<sup>2</sup>'lik taban alanı için bir adet 30W veya daha iyisi iki adet 15W'lık UV lamba yeterli olabilir. Kapalı sistemlerin seçiminde daha dikkatli olunmalıdır. Cihaz içinden geçen havanın yeterince doz aldığı teknik bilgilerden kontrol edilmelidir. Giriş yapan havanın hacmi, geçiş süresi ve hızı yeterli dozlamaya için uygun olup olmadığı sorgulanmalıdır. Kapalı veya otosirkülasyon-bacalı modellerde lamba adeti ve gücü konusunda bir değer söylemek zordur. Şu kadarını söylemek gerekirse çevre ve insan sağlığına zarar vermediğinden emin olmak kaydıyla yüksek düzeyde ışınla sağlanması öngörülmelidir. Yer veya yüzey dezenfeksiyonu için ise ışınlama ve maruz kalma süresi tipik olarak kesintisiz olduğunda daha düşük UV yoğunluğu seviyeleri yeterli olabilir.

$$T = D / I$$

Gereken maruziyet zamanı (sn) = Gereken Doz ( $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ ) / ışınlama ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )

*Tablo.9. M.tuberculosis'i öldürmek için gereken doz miktarı*

Inaktivasyon	Doz
%90	6 200 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$
%99	10.000 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$
%99.9	13.800 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$
%99.99	17.600 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$

## ULTRAVİOLE DEZENFEKSİYON

Dezenfeksiyon amacıyla UV-C lambalar 3 amaç için kullanılmaktadır.

1. Hava dezenfeksiyonu
2. Yüzey dezenfeksiyonu
3. Su dezenfeksiyonu



Farklı teknolojilerle çalışan ve değişken ışınım seviyeleri ve tepe dalga boyları üreten çok çeşitli UV-C lambaları vardır. Uygulamalarda UV-C lamba seçimi, maliyet, spektrum gereksinimlerinin ve çalışma koşulları ve amaca uygunluk değerlendirilir. Bazı durumlarda lamba, kullanıcının Ultraviöle radyasyona maruz kalmadığı kapalı bir sistemler içine yerleştirilir. Bazen tüm alan UV-C ışınım altında tutulur. Böyle durumda oda içinde çalışan kalmaz. Personel UV-C ışınım altında çalışmak zorunda ise yüz/göz ve tüm vücut korunmalıdır.

Elektrikli böcek öldürücüler UV ışığına benzeyen ışık yayan ve kendine çektiği uçan böcekleri öldüren bir cihazdır. Bu lambalar böcekleri ışık kaynağına çeker ve böceklerin elektrik akımına kapılmasına neden olur. Cihaz, insanların veya hayvanların yüksek voltaj şebekesine dokunmasını önlemek için plastik veya topraklanmış tel kafesten oluşan koruyucu bir kutu içine yerleştirilir. Cihaza böcekleri kendine çeken mor ışık veya morötesi ışık yayan floresan bir lamba yerleştirilmiştir. Bu cihazlar genellikle UV-C yaymaz ancak test edilmesi gerekebilir.

## **HAVA DEZENFEKSİYONU**

**UV-C Lambalar (Ultraviöle mikrop öldürücü ışınlama):**

Mikrop öldürücü özelliğe sahip Ultraviöle lambalar ister tek başlarına isterse de mekanik ventilasyon sistemlerinde kullanılsın enfeksiyon riskini düşürdüğü kabul edilmektedir. Birçok farklı teknik, tasarım ve model olarak uygulanmaktadır.

Üst hava ışıklı UV lambalar, havayolu kaynaklı enfeksiyonlara yönelik mühendislik kontrol önlemleri arasında en az maliyetli ve en etkili olanlarından biri olarak bilinmektedir. Ancak UV lambalar hiçbir zaman mekanik

ve/veya doğal havalandırma yerine kullanılmamalıdır. Çoğunlukla havalandırma ile birlikte uygulanması önerilmektedir. Buna rağmen UV-C lambalar, havalandırma olmayan, yetersiz olan, kalite ve performansın bilinmediği veya başka seçenek olmadığı durumlarda hava dezenfeksiyonunda bazen tek seçenek kalabilir ve bulaş kontrolünde önemli bir destek unsuru olarak değerlendirilebilir. Özellikle doğru seçim, tasarım, kurulum, kullanım, bakım ve temizliklerinin yapıldığında UV- lamba içeren havalandırma sistemleri ve armatürler, oldukça etkili olabildikleri bildirilmektedir.

### **UYARI !**

UV-C lamba ve sistemlerinden maksimum yarar

- Doğru seçim
  - Uygun kurulum
  - Düzenli bakım
  - Bilinçli kullanım
- ve
- Titiz temizlik
- ile sağlanabilir.

## **HAVA ARITIMI VE DEZENFEKSİYONUNDA UV KULLANIMI**

Havalandırma sistemlerinde, yüzey ve oda havasının dezenfeksiyonunda UV lamba ve lamba sistemlerinin kullanımı 1900'lü yılların başına kadar dayanmaktadır. Bu konudaki ilk rehberler üretici firmalar General Electric (1950), Philips (1985) ve Westinghouse (1982) tarafından yayımlanmıştır. Daha sonra First ve arkadaşları (1999), Kowalski (2003, 2006, 2009), NIOSH (2009), Riley ve arkadaşları (1976) hava dezenfeksiyonunda UV lambaların etkinlikleri konusunda çalışmalar yaparak yararları konusunda önemli yayınlar yapmışlardır. Bugün UV-C

lambaların kullanımı konusunda henüz yeterince norm, standart ve herkesin fikir birliği sağladığı tek bir rehber olmamasına rağmen UV-C armatürlerin kurulumu, tasarımı ve performansları konusunda önemli bilgiler elde edilmiştir. Bu nedenle UV-C lambaların seçimi, kurulumu, bakımı, işletilmesi konusunda dikkatli olunmalıdır.

Hava arıtımı, dezenfeksiyon ve oksitleme işlemlerini içerebilir. Klimada, soğutma bobinlerini veya hava akışını doğrudan dezenfekte etmek için düşük basınçlı cıva lambaları kullanılır.

Düşük basınçlı cıva lambalarının sabit kurulumları, sağlık tesislerinde ameliyathaneler, laboratuvar (örneğin ince tabaka kromatografisi (TLC) görüntüleme dolapları, kadmiyum / cıva lambaları, fosfolüminesans ekipmanı temiz odaları, depo odaları), havaalanları, sinemalar, evsiz barınakları vb. yoğun toplu yaşam alanlarında hava dezenfeksiyonu için kullanılır.

UV yoluyla hava oksidasyonu, kokuyu gidermek kanalizasyon tesislerinde, dinlenme odalarında, otellerde, restoranlarda, kateringlerde, gıda işlemede, endüstriyel egzozlar vb. için kullanılır.

Yüzey dezenfeksiyonu için “dezenfeksiyon çubukları” veya “dezenfekte edici çubuklar”, örneğin klozetleri, giysileri veya bilgisayar klavyelerini dezenfekte etmek için elde tutulan tüketici ürünleri bazı ülkelerde satışa sunulmaktadır. Bu tür elde taşınan tüketici ürünlerinin cilde ve gözlere olan mesafesi, tavana sabitlenen UV-C lambalara göre çok daha kısadır. Dezenfeksiyon verimliliği ve insanların bu lambalara doğal ortamda maruziyetiyle ilgili veriler yeterli değildir.

Mikrop öldürücü UV-C gıda ışınlaması, ambalaj malzemeleri, çalışma yüzeyleri ve gıdalardaki mikropları öldürmek için kısa dalga UV-C ışığı, gıda kaynaklı hastalıkları

(et, kümes hayvanları ve deniz ürünleri) önlemek, sebze ve meyvelerde olgunlaşma ve yaşlanma sürecini yavaşlatmak, süt ve ekmek için raf ömrünü ve tazeliğini uzatmak, baharat ve bitkilerdeki mikroorganizma sayısını azaltmak için kullanılmaktadır.

**A) UV-C armatürler** (açık, yarı açık, ızgaralı, kapalı fanlı ve kapalı doğal sirkülasyon)

Son zamanlarda yapılan bir çok çalışmada UV-C lambalı armatürlerin hava ile bulaşan etkenlere karşı oldukça etkili oldukları bildirilmektedir. UV-C lambalı armatürler 7/24 çalıştırılabilmesi, çevre dostu olması, eski ve yeni binalarda kurulabilmesi, ucuz işletim ve bakım maliyeti gibi avantajları dolayısıyla sağlık tesislerinde uygulanmaktadır.

---

## UV Germisidal Uygulama



**7/24 uygulama kolaylığı**



**Patojenleri yakalama yerine öldürme**



**Çevre dostu kimyasal içermez**



**Eski ve yeni yapılarda uygulanabilme**



**Ucuz kurulum,  
Kolay işletim ve bakım**



**Hava sızdırmazlık vb. gerektirmez**

---

UV-C lamba ve armatürlerin aşağıdaki yerlerde kurulması ve kullanılması tavsiye edilmektedir:

- a) TB hastaları ve TB olduğu düşünülen kişilerin yattığı odalar
- b) Muayene odaları
- c) Hastalar için hastanede toplu bulunulan yerler
- d) Tuvaletler ve varsa sigara içilmesi için ayrılan kapalı alanlar
- e) Bekleme yerleri
- f) Bronkoskopi odaları
- g) Otopsi odaları
- h) Servis koridorları
- i) Laboratuvarlarda yüksek riskli alanlar

Hava dezenfeksiyonunda temelde üç yöntem kullanılmaktadır (Tablo.10):

A-Üst hava ışınlaması/dezenfeksiyonu

B-Hava akımı dezenfeksiyonu

C-Soğutucu ünite/serpantin yüzey ışınlaması

Tablo. 10. Hava dezenfeksiyonu uygulama özellikleri

Mikrop öldürücü uygulama (mühendislik)	Uygulama
Üst hava ışınlaması	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\geq 50 \mu\text{W}/\text{cm}^2</math></li> <li>• Duvara, yerden 2.1m yükseklikte montaj</li> </ul>
HVAC hava akımı dezenfeksiyonu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambalar 35.6 cm aralıklı (serpantin önü )</li> <li>• Kanal uzunluğu <math>\geq 61\text{cm}</math></li> <li>• Hava akımı <math>\leq 2.54\text{m/s}</math></li> <li>• Maruziyet süresi 0.24 saniye</li> <li>• Serpantin önü (akış yönünde)</li> </ul>
Soğutucu ünite/serpantin yüzey ışınlaması	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serpantin arkasına</li> <li>• Lambalar 76-102 cm aralıklı</li> </ul>

Hava dezenfeksiyonuna yönelik UV-C lamba uygulamaları, ilk olarak 1940'larda Amerika Birleşik Devletleri'ndeki hastanelerde başlamıştır. Antibiyotiklerin bulunmasıyla kullanımı azalmış olsa da 1990'lı yıllarda antibiyotik dirençli bakteriler dahil tüm mikroorganizmalara güçlü şekilde etkili olduklarının saptanmasıyla ilgi tekrar artmıştır. Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda SARS-Cov2 (Covid-19) için de etkili olduğu bulunmuştur. Amerikan Isıtma, Soğutma ve klima Mühendisleri Derneği (ASHRAE) UV-C'nin yoğunluğuna ve maruz kalma süresine bağlı olarak, klima santrallerinde yaşayan mikroorganizmaları %99'a kadar inaktive edebildiğini rapor etmektedir.

Bir kaynak tarafından yayılan UV radyasyonu (W) watt olarak ve radyasyon yoğunluğu ışınlama ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) metrekare başına watt olarak ifade edilir. Mikrop öldürücü etkinlik için esas olan doz veya "dozlama"dır. Doz, ölçülen mesafeden saniyede birim yüzeye ulaşan enerji miktarı

$\mu\text{J}/\text{cm}^2$  olarak ifade edilir. Doz ile ışımayı karıştırmamak gerekir. Işıma birim yüzeye ulaşan ışık şiddeti olup  $\text{Watt.s}/\text{cm}^2$  olarak gösterilmektedir.

## A-ÜST HAVA IŞINLAMASI

### TÜBERKÜLOZ SERVİSLERİ İÇİN HAVA DEZENFEKSİYONU

Enfeksiyöz ajanlar içeren havadaki parçacıklar mikroskopik büyüklüklerine bağlı olarak oda havasında uzun süre kalarak bulaşıcı özelliklerini koruyabilirler. Kesintisiz şekilde çalışan üst hava ışıklı mikrop öldürücü armatürler bu mikropları saniyeler içinde etkisiz hale getirebilir. Üst hava ışıklı UV-C armatürleri özellikle tüberküloz bakterisine karşı ülkemizde ve dünyada hasta odalarında, dispanserlerde veya laboratuvarlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu armatürler, uygulamada çoğu zaman oda içi doğal hava akımları sayesinde üst hava seviyesine yükselen mikroorganizmaların UV-C radyasyonuna maruz kalmaları ve hızla elimine olması esasına göre etkili olurlar. Hava yolu ile bulaşan enfeksiyonlardan korunma, koruma ve önlemeyle yönelik en önemli uygulama temiz ve güvenli havalandırma olarak kabul edilir. Ortam havasının 6-15 kez değişimi enfeksiyon riskini önemli ölçüde azalttığı, bir üst oda/hava UV-C armatürünün bir saatlik kullanımının 10 ila 16 hava değişimine eşdeğer olabileceğini göstermiştir.

Uygun şekilde tasarlanmış ve üretilmiş etkili olduğu saptanmış UV-C modeller yeterli sayıda ve doğru şekilde kurulup düzenli bakımlarının yapılması durumunda enfeksiyon kontrolüne önemli katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda farklı tip ve model ve kurulum özelliklerine sahip UL lamba ışınması sağlanabilir (Tablo 11.). Üst hava dezenfeksiyonunda 3 ana ilke verilebilir:

1. Üst hava boşluğuna maksimum ışınlama (ortalama 30-50 W/cm<sup>2</sup>)

2. Kişisel kullanım ve çalışma alanlarında güvenli maruziyet (örneğin 8 saat için 0,2  $\mu$ W/cm<sup>2</sup>'den az).

3. Yavaş hava karışımı sağlanması (tavan pervanesi, mekanik ventilasyon, radyatörler)

**Tablo. 11. UV-C armatürler için önerilen kurulum modelleri**

	Duvara montaj armatür (model)		Tavana askı modeller	
	Köşe	Duvar	Askı	Fanlı askı
<b>Işınlama açısı</b>	90°	180°	360°	360°
<b>Tavan yüksekliği(en az)</b>	2.44m	2.44m	2.89m	2.89m
<b>Armatür yüksekliği (kurulum)</b>	2.1m	2.1m	2.4m	2.4m
<b>Etkili dezenfeksiyon için ideal UV-C ışınma yoğunluğu (germisidal zon)</b>	>10 $\mu$ W/cm <sup>2</sup>	>10 $\mu$ W/cm <sup>2</sup>	>10 $\mu$ W/cm <sup>2</sup>	>10 $\mu$ W/cm <sup>2</sup>
Uygun şekilde tasarlanmış UV-C armatürler tüm mekanlar için uygulanabilir. Tabloda yaygın kullanılan modeller verilmiştir. Kaynak:Coker ve ark.2001				

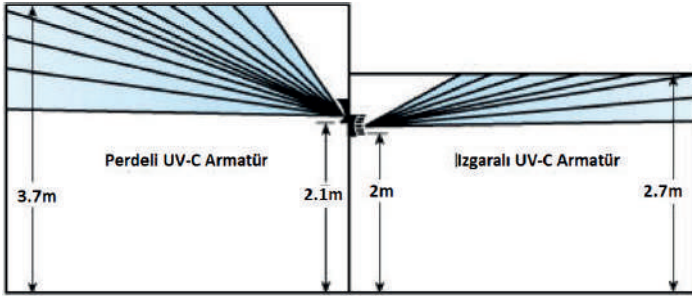
### 1.Üst hava boşluğuna maksimum ışınlama

Amaç, hedef alanda (üst havada) 50  $\mu$ W/cm<sup>2</sup>'lik bir UV-C ışınlama seviyesini korumaktır. Üst hava ışıklı armatürler genel olarak iki şekilde tasarlanmaktadır (Şekil 7).



**A. Perdeli UV-C armatürler:** lamba ışınma alanı üst hava ve tavana yönlendirilmiş, 2m altına ışınma olmayacak şekilde tasarlanmıştır.

**B. Izgaralı UV-C armatürler:** Lamba güvenli bir hazne içine ve yansıtıcı bir yuvaya yerleştirilmiştir. Armatür, lamba ışınmasını üst havayı hedef alacak şekilde ve hafifce yukarıya (yaklaşık %5) yönlendirilmiş ızgara sistemine sahiptir. Duvara monte edilen ve askı şeklinde farklı modelleri mevcuttur. Aralarında kesin sınırlar olmamakla birlikte tavan yüksekliği 2.4-2.7m arasında olan odalarda ızgaralı modeller, 2.7-3.7m arası veya daha yüksek olan odalar için ise perdeli UV-C armatürler tercih edilmektedir (Şekil 7). Ayrıca tavan yüksekliği minimum 2.89m olan odalar için askı model armatürler önerilmektedir.



Şekil 7 Üst hava ışınmalı UV-C lambalarının kurulumu

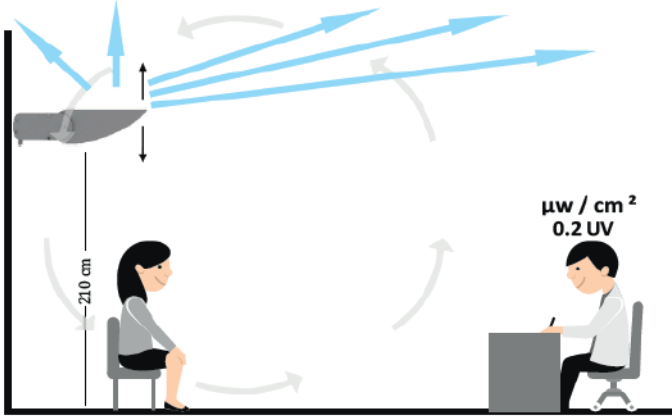
Bir sağlık tesisinde üst hava ışınmalı modellerin kurulumunda dikkate alınması gereken oda ile ilgili faktörler:

- **TB bulaşma riski:** Bulaş riskinin yüksekliğine bağlı olarak kurulması gereken alanlar ve odalar değerlendirilir.
- **Taban alanı:** Taban alanı 18-20 m<sup>2</sup> için en az 30W lamba kullanılması önerilebilir. Tavan yüksekliği 2.44m için metrekare başına 1.83W yeterlidir.

- **Odanın şekli:** Kare veya dikdörtgen olması durmuna göre değerlendirilmelidir. Tek armatür kurulacaksa en uzun duvarın orta noktasına, iki armatür kurulacaksa biri en uzun duvarın ortasına diğeri kısa duvarın orta noktasına kurulmalıdır. Askılı modeller hemen her zaman tavanın orta noktasına asılması tavsiye edilir.
- **Tavan yüksekliği:** Aralarında kesin sınırlar olmamakla birlikte tavan yüksekliği 2.4-2.7m arasında olan odalarda ızgaralı modeller, 2.7-3.7m arası veya daha yüksek olan odalar için ise perdeli UV-C armatürler tercih edilmektedir. Ayrıca tavan yüksekliği minimum 2.89m olan odalar için askı model armatürler önerilmektedir.
- **Yüzeylerin yansıtıcı özellikleri:** Genel olarak parlak yüzeyler daha fazla yansıtma özelliğine sahiptir. Beyaz sıva %40 – %60, yağlı boya % 3 – %10 ve su bazlı boyalar %10 – %35 oranlarında ışığı yansıtma özelliğine sahiptir. İnsan sağlığını olumsuz etkileyecek kadar yansıma sağtanan yüzeyler titanyum dioksit içeren boyalar ile yeniden boyanabilir.
- **Bakım için erişilebilirlik:** Lambalar kısa sürede toz tuttukları, dolayısıyla etkinlikleri azaldığı için düzenli olarak temizlenmelidir. Bu nedenle lambalar ve armatürler kolay erişilebilir olmalıdır.

#### **Yarı açık üst hava ışımalı UV-C armatürler (perdeli model):**

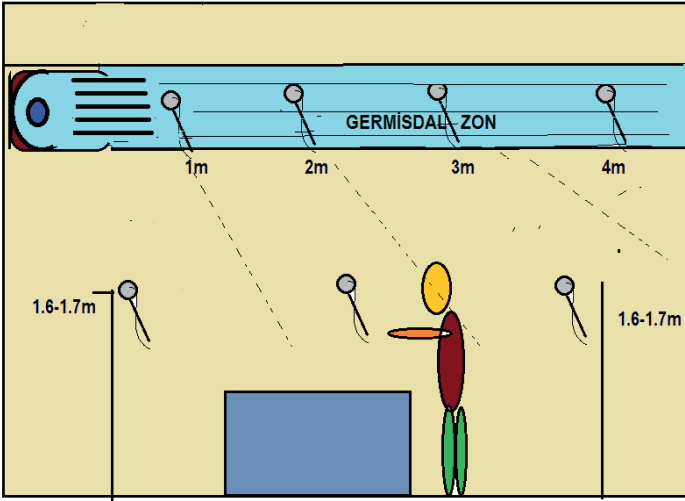
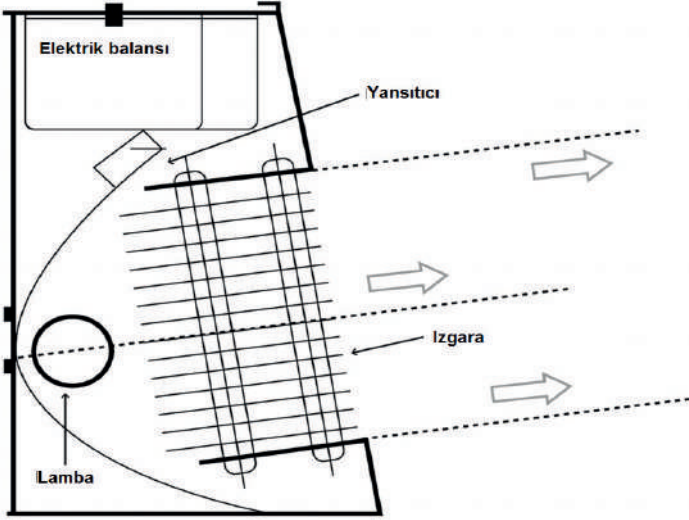
Üst hava dezenfeksiyonunda en etkili modellerden biridir. Birkaç farklı tipi bulunmakla birlikte alt kısmı tamamen kapalı veya ışık sızdırmaz biçimde yarı açık modeller tercih edilmektedir. Duvara (Şekil. 8) veya tavana askı şeklinde kurulabilecek modellerdir.



Şekil 8 Üst ışınları UV-C lamba/armatürler ve bazı uygulama modelleri

### Izgaralı modeller:

Hava dezenfeksiyonu sağlamaya yönelik etkili armatür modellerinden biridir. Bu armatür, kaynaktan yayılan ışınların birbirine paralel olarak üst hava bölgesini yatay biçimde ışınlama yapacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9 Üst hava ışımalı ızgaralı model

Köşe (90°), duvar 180° ve tavana askı 360° ışınlama yapabilecek modelleri vardır.

## Diğer UV-C armatürler

### Kapalı sistemler:

UV lambaları kullanan bağımsız devridaim (resirküle) UV-C üniteleri çok çeşitli tasarım ve boyutlarda üretilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde sağlık tesislerinde, okullar, konutlar ve toplu yaşam alanları da dahil olmak üzere birçok tesiste kullanılmaktadır. Hastanelerde kullanım için yüksek hacimli cihazlar/UV sistemleri tercih edilmektedir. Cihazlar mikrobiyal konsantrasyonların en yüksek olduğu zeminin yakınında hava çeker ve solunum yüksekliğinde temiz hava sağlar. Büyük hacimli cihazlar 37m<sup>2</sup>'lik alanlara yeterli olabilecek şekilde tasarlanmaktadır.

Bağımsız UV-C cihazlarının, hava akışının yaklaşık 2.54 m/s çalışacak şekilde üretilmesi ve içine yeterli güce sahip UV lambaların yerleştirilmesi ve uygun şekilde tasarlanması gerekir. Çoğu üretici düşük dozları telafi etmek veya kısa pozlama sürelerine karşı güvenli dezenfeksiyon sağlamaya yönelik genellikle UV voltajını artırır veya daha kompakt tasarımlar yapmaktadırlar.

Bağımsız UV-C cihazları esas olarak kanal içi sistemlerine de kurulumu tasarlanmaktadır. Ancak kanal sistemleri içinde hava hızla akış gösterir. Kanal içinde partiküller hava akımı içindedir. Bu nedenle tasarım ve doz hesaplamaları yapılmalıdır. UV-C lambaların konumu, sayısı ve ışınma genellikle önceden tanımlan bazı standartlara uygun hesaplanır. Bağımsız cihazlardan farklı olarak tasarım yanında kullanılan alanlarındaki temiz hava dağıtım oranının da (THDO) dikkate alınması gerekir. Bu oran her bir bağımsız cihaz için performans dahil, ünitenin yerleştirildiği kapalı alanın hacmine ve/veya taban alanına bağlı olarak değişir. Havalandırma sistemlerinde dezenfeksiyonun etkinliğini belirlemede mikrobiyal doz tahminleri ile birlikte tasarlanmış sistemin sahip olduğu UV mikrop öldürücü ölçüm değerleri

Ultraviyole mikrop öldürücü ışınlama kritik öneme sahiptir. Bu tür cihazların değerlendirilmesinde üretici firma tarafından sağlanan filtre özellikleri (varsa ön filtre/HEPA vb.) hava akım hızı ( $m^3/min$ ), THDO, UV-C lamba gücü (Watt), doz ( $J/m^2$ ) UV mikrop öldürücü ölçüm değeri dikkate alınır. Literatür verilerine göre bazı ticari cihazların değerlendirilmesinde biyodosimetrik test sonuçları ortalama dozun  $288 J/m^2$ , modellenmiş dozun ise  $304 J/m^2$  olduğu gösterilmiştir. Covid-19'a karşı kullanılacak cihazlar için en azından bu değerlerin sağlanması gerektiği değerlendirilmiştir.

Yeni bir model olarak bazı üreticiler tarafından otosirkülasyon (bacalı) modeller üretilmektedir. Tamamen kapalı ve güvenlidir. Duvara monte edilmekte ve oda içindeki alt -üst düzey doğal hava akımlarından yararlanır (otosirkülasyon) Özellikle hasta odalarında hasta başında kullanılması uygundur.

#### **UV-C armatür bakımı:**

Maksimum verim için armatür ve lambalara düzenli bakım ve temizlik yapılmalıdır. Bakım için bir form oluşturulmalı ve kayıt tutulmalıdır. İdeal olarak lambaların yüzeyleri aylık olarak %70 alkol (deterjan, sabun vb. kullanılmamalı) ile temizlenmeli ve kurulanmalıdır

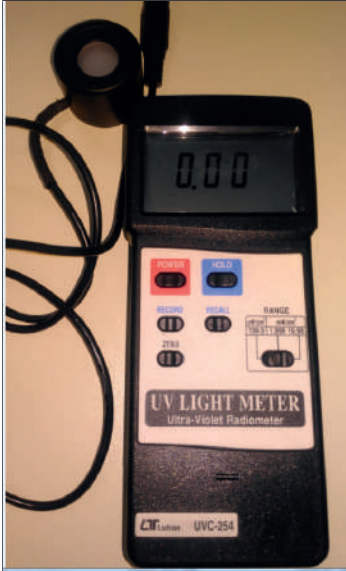
#### **UV-C lambaların ölçümleri**

**Üreticiler:** 200 nm'nin üzerinde radyasyon yayan UV-C lambalar IEC 62471'e (2006) uygunluk açısından test edilebilir. Bu standart, armatürler de dahil olmak üzere lambaların ve lamba sistemlerinin fotobiyolojik güvenliğini değerlendirmek için rehberlik sağlar. 200 nm ila 3000 nm dalga boyu aralığında LED'ler (ancak lazerler hariç) dahil olmak üzere elektrikle çalışan tüm tutarsız geniş bant optik radyasyon kaynaklarından gelen fotobiyolojik tehlikelerin değerlendirilmesi ve kontrolü için maruz kalma sınırlarını,

ölçüm tekniklerini ve sınıflandırma şemasını tanımlar. Bununla birlikte, Avrupa’da sınır değerler zaten Yapay Optik Radyasyon Direktifi (Direktif 2006/25 / EC) kapsamındadır. Bu nedenle, IEC 62471’in (2006) 4. Maddesinde belirtilenler yerine direktifin sınırlarının uygulanması gerekmektedir.

### **Kullanıcılar ve saha ölçümleri:**

Çoğu kaliteli lambaları için üreticinin garantisi 8000 saat olup bu sürekli kullanımda 1 yıla takabül eder. Ancak lambaların %90’ı için ortalama gerçek lamba ömrü ortalama 3 yıl kadardır. Lambanın ömrü ölçülerek belirlenmez. Bunun mümkün olmadığı durumlarda kullanım kayıtları dikkate alınabilir ve kullanım süresine göre değiştirilmelidir. Ölçüm için “International Light meter, model 1400A with SEL240 detector” ya da “Gigahertz-Optik X911 with UV-3718-4 detector” en çok tercih edilen cihazlardır. Bazı hastaneler “UV light meter UVC 254 model” (Şekil 10) kullanmaktadır. Ölçüm cihazları 3 yılda bir kalibre edilmelidir.



Şekil 10. UV light meter UVC 254

Şekil 11 Lamba etkinlik ölçümü

UV-Lambalar etkinlik ve güvenlik açısından düzenli olarak (6 ayda bir) ölçülmeli ve kayıt altına alınmalıdır. Lamba ölçümü etkinlik için ilk kurulumunda 100 saatlik ilk yanma süresi sonunda hava akımı olmayan ortamda yapılır (Şekil 11). Ölçüm cihazının sensörü korumasız lambaya yönelik tutarak bir metre uzaklıkta 3 kez ölçüm yapılır ve ortalaması hesaplanır. 30W'lık lambalar için ışınlama  $100\mu\text{W}/\text{cm}^2$  altına düşerse değişim önerilmektedir. Daha düşük W'lı lambalar için bu değer daha düşük olabilir. Ancak bir lambanın başlangıçta ölçülen değeri ne olursa olsun  $50\mu\text{W}/\text{cm}^2$  'ın altında ölçülen değerler lambanın ömrünün bittiğini gösterir.

Ölçüm sırasında

1. Koruyucu gözlük kullanın
2. Açık lambaya korumasız gözle bakmayın
3. Sensörün yönü ve mesafesini dikkate alın;
4. Ölçümlerin kaydını tutun;
5. Ozon kokusu sahte lambaların işaretidir lambayı hemen değiştirin.

!

### UYARI

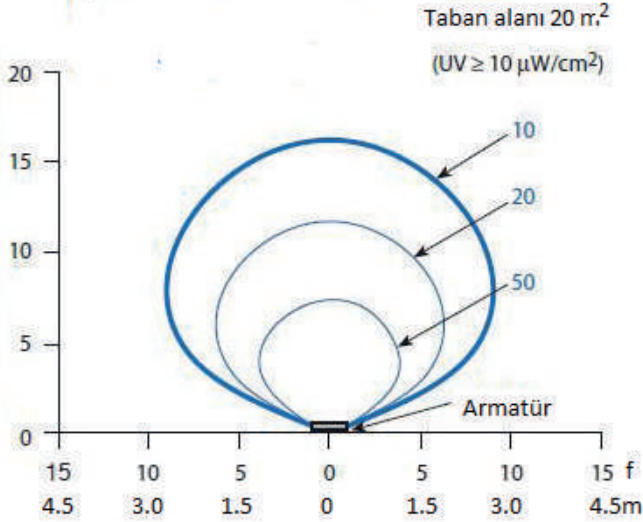
*“Üst oda mikrop öldürücü sistem devamlı olarak açık bırakılmalıdır, gece ve gündüz, çünkü sık açıp kapama, özellikle üç saat veya daha kısa aralıklarla, lamba ömrünü azaltır.”*

### Mikrop öldürücü (germisidal) alan ölçülmesi:

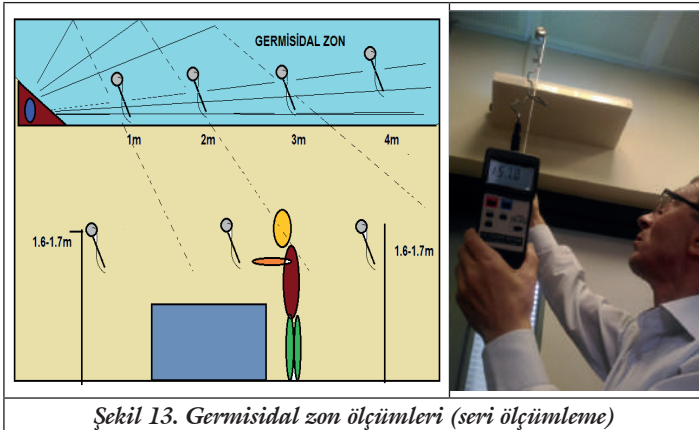
Lambanın etkilik ölçümleri önemli ve gereklidir. Ancak üst hava dezenfeksiyonunda daha önemlisi germsidal alan(üst hava ışınması alanı) ölçülmesidir. Bunun için germsidal alan



içinde en az 3 farklı uzaklıkta (1m, 2m, 3m) yapılan ölçüm yapılarak ortalaması alınır. Etkili bir alanda bu değer  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  den az olmamalıdır (Şekil 8, 9 ve 10).



Şekil 12 Germisidal zon ışınlanma değerleri



## **Yavaş hava karışımı sağlanması (tavan pervanesi, mekanik ventilasyon, radyatörler)**

Mekanik havalandırmadın bulunmadığı ortamlarda hava yavaş bir şekilde oda içinde hareket eder. Bu hareket çoğunlukla aşağıdan yukarıya doğru olur ve kontamine havanın ışınlama bölgesine ulaşarak dezenfeksiyonuna katkı sağlar. Kapalı cihazlarda/sistemlerdeki mekanik havalandırma yeterli olacağını düşünülmesine rağmen bu konudaki kanıta dayalı veriler henüz yetersizdir. Bu nedenle uygun merkezi havalandırma olmayan yerlerde sadece açık veya kapalı armatürlerin kullanıldığı alanlarda oda içi hava akımının uygun şekilde desteklenmesi gerekebilir.

2. Kişisel kullanım alanlarında (çalışma vb. alanlarda) güvenli maruziyet (örneğin 8 saat için  $0,2 \mu W/cm^2$  den az).

Sağlık tesisleri başta olmak üzere toplu yaşam alanlarında UV lambalar hasta sağlığını, personeli ve ziyaretçileri olumsuz etkileyecek şekilde kurulmamalı ve kullanılmamalıdır. Amerikan Endüstriyel Hijyenistleri insan sağlığı açısından yansıyan UV ışığının 8 saat için  $6mJ/cm^2$  ( $0.2\mu W/cm^2$ ) den daha düşük olması gerektiğini ifade etmektedirler. Alışveriş merkezleri, yurt odaları, koridorlar bekleme salonları ve hasta odaları gibi kapalı alanlar radyasyona maruz kalmamaları için uygun cihaz kurulmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır. Bu tür alanlarda alan kullanım koşullarına uygun olarak 8-24 saatlik maruziyet  $0.2- 0.07\mu W/cm^2$  (Tablo.12) olmalıdır.

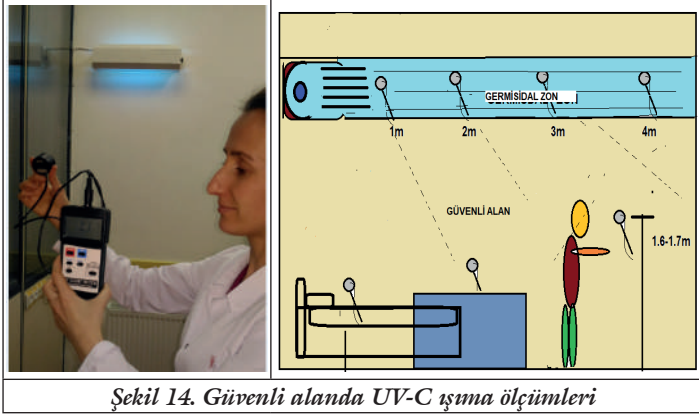
Tablo.12 .UV-C ışımaya maruziyet sınır eşik değerleri

Maruziyet süresi	Etkili radyasyon* ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Örnek mekanlar/ açıklamalar
24 saat	0,07	Hasta odaları, mahkum servisleri
18 saat	0,09	Koğuşlar ve yurt yatakhaneleri
12 saat	0,14	
10 saat	0,17	Muayene odaları, sekreter çalışma alanları, biyokimya, mikrobiyoloji ve patoloji laboratuvarları
8 saat	0,2	
4 saat	0,4	Bekleme salonları
2 saat	0,8	
1 saat	1,7	Bekleme salonları, koridor vb geçiş alanları
30 dakika	3,3	Koridor vb geçiş alanları, (Bekleme yapılamaz)
15 dakika	6,7	Ürün paketleme servisleri vb. <b>KORUNMASIZ KULLANILMAZ</b>
10 dakika	10	
5 dakika	20	Kişisel koruyucu donanım(KKD) giyilerek: temiz odalar, gıda ve ilaç dolum/paketleme üniteleri, ilaç üretim tesislerinde kullanılabilir. Ayrıca sağlık tesislerinde insansız alanların hava ve yüzey dezenfeksiyonunda ameliyathane, otopsi odaları, kaza sonrası laboratuvar alanları vb. <b>KORUNMASIZ KULLANILMAZ</b>
1 dakika	100	
30 saniye	200	
15 saniye	400	
5 saniye	1200	
1 saniye	6000	
*TS EN ISO 15858'e göre		

### Hava dezenfeksiyonunda güvenlik alanları ölçümleri

Personel, hasta ve ziyaretçilerin UV ışımalarından zarar görmemeleri için TS EN ISO 15858 standardı maruziyet sınırlarının aşılması gereklidir. Özellikle UV-C armatürün kurulumu sonrasında yapılmalı ve düzenli olarak ölçülerek

kontrol edilmelidir. Bunun için göz seviyesinde (genellikle 1,6- 1.7m) ve alanın kullanım durumuna göre (örneğin masa başı, yatak başı vb.) farklı açı ve pozisyonlardan ölçümler alınır (Şekil 14). Ölçüm ortalaması sınır değerleri aşmamalıdır (Tablo.12).



Şekil 14. Güvenli alanda UV-C ışınma ölçümleri

### Hava dezenfeksiyonunda güvenlik alanları ölçümleri

Personel, hasta ve ziyaretçilerin UV ışınlarından zarar görmemeleri için TS EN ISO 15858 standardı maruziyet sınırlarının aşılması gereklidir. Özellikle UV-C armatürün kurulumu sonrasında yapılmalı ve düzenli olarak ölçülerek kontrol edilmelidir. Bunun için göz seviyesinde (genellikle 1,6- 1.7m) ve alanın kullanım durumuna göre (örneğin masa başı, yatak başı vb.) farklı açı ve pozisyonlardan ölçümler alınır (Şekil 14). Ölçüm ortalaması sınır değerleri aşmamalıdır (Tablo.12).

### EĞİTİM, TEMİZLİK VE BAKIM:

UV lambaları armatür içine (lamba manşonlarının içine) yerleştirilmiştir. Kirlenme ve solarizasyon, manşonun UV geçirgenliğini azaltabilir, bu da lamba spektrumlarında

değişiklikler veya doz hesaplamasında değişiklikler olarak görünebilir. Lambalar bakım ve temizlik için çıkarıldığında uygun şekilde kullanılmazsa mikroskobik kırıklar veya hasar alabilir ve lamba kırılmaya karşı hassas hale gelir. Lambanın etkinliğini çalışma saatlerinin sayısı, açma / kapama döngülerinin sayısı, birim (lamba) kaybeder.

Personel, hasta ve ziyaretçiler UV-C lamba ve armatürler konusunda bilgilendirilmelidir. Gerekli alanlara ve yerlere uyarıcı levhalar asılmalıdır (Şekil 15). Lambaların bakım ve temizliğinden sorumlu kişi eğitilmeli ve gerekli malzemeler (yedek lamba, toz bırakmayan bez, %70 alkol, aylık lamba başına 3ml) temin edilmelidir.



*Şekil 15: Uyarıcı levhalar: UV TEHLİKESİ-GÖZLERİ VE CİLDİ KORUYUN*

### **Bakım talimatı:**

- i. Lamba kurulumu sonrasında rutin olarak izlenmeli ve çalışma süreleri kaydedilmelidir.

ii. Ampuller, %70 etanol ile nemlendirilmiş yumuşak bir bezle aylık olarak silinmelidir.

iii. Ampul kapalı şekilde iyice soğuduğundan emin olunduktan sonra veya bir gece (8 saat) kapalı tutulduktan sonra silinmelidir.

iv. Ampul değişimi, kullanım miktarına bağlı veya mümkünse test edildikten (ölçüm sonuçlarına göre) sonra yapılmalıdır.

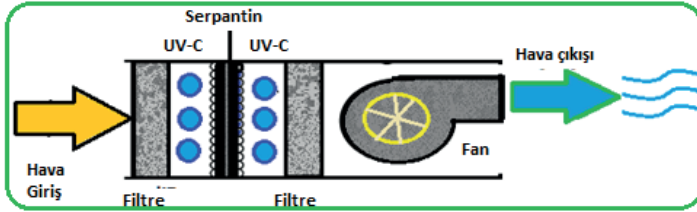
## **B-HAVA AKIMI DEZENFEKSİYONU**

HVAC (heating, ventilation, and air conditioning- ısıtma, havalandırma ve iklimleme) hava akımı dezenfeksiyonunda, klima santrali plenumlarına, hava akış sistemlerine veya HVAC kanallarına monte edilen UV-C armatürleri akım içindeki mikroorganizmaları inaktive eder (Şekil.16). Dezenfeksiyon dozu UV-C lambanın ışına gücü/yoğunluğu, maruziyet süresi ve hedef patojenin duyarlılığı ile belirlenir.

UV ışımının etkili olabilmesinde kritik faktör pozlama/doz kavramıdır. Mikrop öldürücü etki hareketli nesnelerin veya havanın hareket hızına, ışımının yoğunluğuna ve ışımaya maruz kalma süresine bağlı olarak değişir. Sabit yüzeylerde yeterli doz kısa sürede sağlanabilir. Ancak hava akımı UV-C ışına süresi kısaltır ve öldürücü dozun etkisini azaltır. Bu nedenle hava akımı hızı ve UV-C lamba gücü dikkate alınmalıdır. Uygulamada hareketli hava akımı esnasında, mikroorganizmanın ışımaya maruz kalma süresi, ortalama ışına değeri hesaplanmalıdır. Genel olarak havalandırma kanallarındaki etkili UV ışına dozu ortalama 2,54 m/s hava akımı 0,24 saniye olarak önerilmektedir. Havadaki bir tehdiye karşı inaktivasyon için cihazın özelliklerine bağlı olarak UV ışına saniye veya saniyelik kesirlerde etkili olacak şekilde yüksek UV yoğunluğu ve/veya daha fazla derinliğe

sahip olması gerekir. Bu nedenle hava kanallarında yüksek Watt lamba kullanılması önerilmektedir.

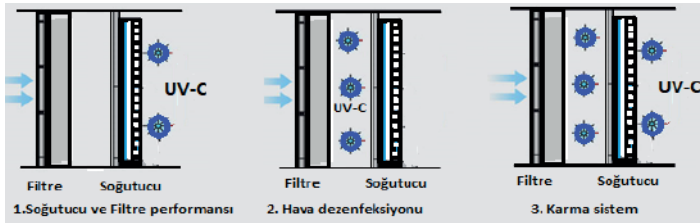
Maruziyet süresi boyunca bir patojen tarafından emilen potansiyel enerji miktarına ilave olarak, UV-C uygulamada hava akımı dezenfeksiyonu için çevresel diğer faktörlerde dikkate alınır. Bunlar, hava kanallarının yüzey yansıtıcılığı, ortam nemi ve sıcaklığı gibi faktörler sayılabilir.



Şekil 16. Havalandırma kanallarında UV lamba kullanımı

## C--SOĞUTUCU ÜNİTE/SERPANTİN YÜZEY İŞINLAMASI

Birçok tesiste hava kanalları içinde dezenfeksiyon amaçla en yaygın kullanılan tiptir. Bu sistemde lambalar serpantin/soğutucu ünite önüne yerleştirilir (Şekil 17). Böylece UV-C lambalar, üniteler, hava filtreleri, kanal duvarları ve drenaj tavaları üzerinde çoğalan bakterileri, virüsleri, küfleri ve biyofilmleri sürekli olarak ışınlanması sağlanır ve patojenlerin üremesi veya rezervuarlar haline gelmelerini önlenmiş olur.



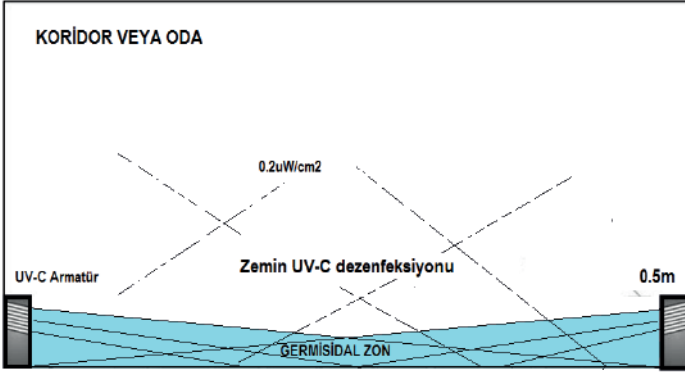
Şekil 17. Serpantin yüzey ışınlaması (modeller)

Bir serpantin ünite yüzey ışınlama sistemi ilk geçişte, havadaki patojenlerin %30'una kadarını ortadan kaldırabilir ve her bir sonraki geçişte konsantrasyonları daha da azaldığı değerlendirilmektedir. ASHRAE  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  den daha fazla ışınım sağlamasını önermektedir.

## 2-YÜZEY DEZENFEKSİYONU

### Zemin dezenfeksiyonu:

Bazı durumlarda hava dezenfeksiyonu ile beraber veya yalnız biçimde zemin dezenfeksiyonu gerekebilir. Bu tür sistemler ülkemizde sağlık tesislerinde kullanılmamaktadır (Şekil 18). Kullanılması durumunda risk, yarar zarar değerlendirmesi yapılmalı ihtiyaca uygun ve güvelik kurallarına uygun kurulmalı ve uygulanmalıdır.



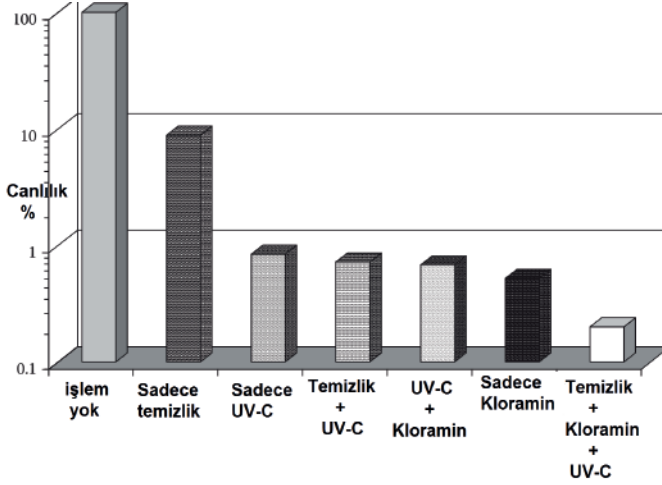
Şekil 18 .Yüzey yer dezenfeksiyonu

### Oda içi yüzey ve hava dezenfeksiyonu

Korumasız (çıplak) UV-C lambalar olarak çok farklı tasarım ve modelde üretilek kullanılmaktadır. Hava dezenfeksiyonundan çok yüzey dezenfeksiyonuna yönelik



üretilmekte ve uygulanmaktadır. Sağlık tesislerinde hastane enfeksiyonlarından sorumlu mikroorganizmalar için oldukça etkili oldukları saptanmıştır (Şekil 19). Sabit ve mobil olarak çoğunlukla ameliyathane ve izolasyon odalarında kullanılır (Şekil 20). Operasyon öncesi ve sonrası ortamda çalışan ve hasta bulunmadığı durumlarda çalıştırılması gerekir.

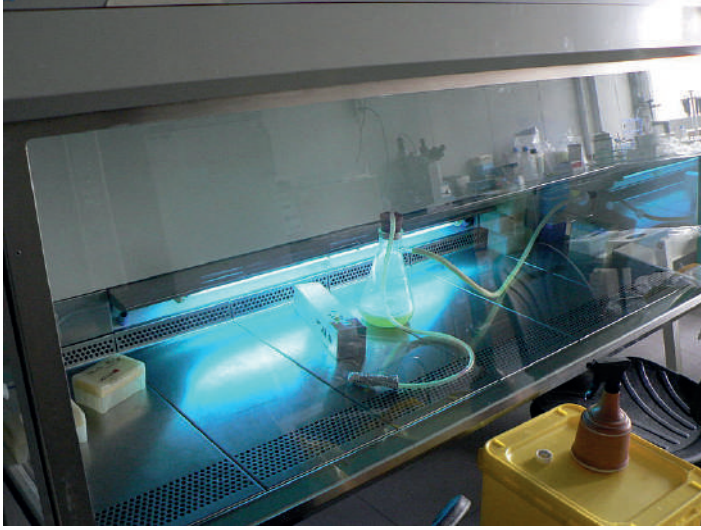


Şekil 19. Enfeksiyon kontrolüne yönelik uygulamalarda mikrop öldürücü etkinlik



### Biyogüvenlik kabinlerinin Yüzey dezenfeksiyonu:

Biyolojik Güvenlik Kabinleri (BGK), iç yüzeyi dekontamine etmek için genellikle UV lambalar kullanılmaktadır (Şekil 21). Lambaların yerleşimi, konumu ve gücü mikroorganizmaları öldürmek için yeterli olmalıdır. Bu açıdan lambanın ışına yoğunluğu periyodik olarak ölçülmeli ve  $40 \mu\text{W} / \text{cm}^2$  den düşük olmamalıdır. 30 Watt'lık nominal bir lamba gücü tipik olarak lambadan bir metre mesafede yaklaşık  $125 \mu\text{W} / \text{cm}^2$ 'lik bir UV yoğunluğu sağlar. Çoğu BGK'nde bu mesafe 1m'den az olduğundan çalışma yüzeyinde  $125 \mu\text{W} / \text{cm}^2$ 'den büyük değerler beklenebilir.



*Şekil 21 . Biyogüvenlik kabinlerin UV Lambalar*

UV ışımının mikotoksinler, sporlar, bakteriler, yiyecek, su ve iç yüzey hava kalitesi üzerindeki mikrop öldürücü etkisini araştırmak için birçok çalışma yapılmıştır. Aşağıdaki tablo 13'de, bazı mikroorganizmalar için yüzey dekontaminasyonu/sterilizasyonuna yönelik gerekli UV-C enerji dozlarını vermiştir.

**Tablo 13 Bazı mikroorganizmalara yönelik %90 ölüm için gerekli doz ve süre**

<i>Mikroorganizma</i>	%90 sterilizasyon için UV-C Dozu ( $\mu\text{W sec/cm}^2$ )	Süre (saniye)*
<i>Penicillium spp.</i>	224.000	1800
<i>Aspergillus flavus</i>	34.900	300
<i>Aspergillus niger</i>	31.500	250
<i>Maya</i>	4.000	30
<i>Influenza A</i>	1.900	15
<i>HIV-1</i>	28.000	220
<i>Vaccinia</i>	1.500	10
<i>E.coli</i>	2.000	20
<i>S.aureus</i>	6.600	50
<i>B. subtilis</i>	6.800	50
<i>Mycoplasma</i>	8.400	70
<i>P. aeruginosa</i>	2.200	20

\* 125  $\mu\text{W/cm}^2$

Çalışanlar BGK'lerinin içindeki lambaların kullanımı, bakımı ve etkinliği konusunda eğitim almalı ve en fazla 6000 saat sonra ölçümlerinin yapılmasını sağlamalıdır.

### 3-SU DEZENFEKSİYONU

Düşük basınçlı cıva lambaları genellikle dezenfeksiyon ve / veya oksidasyon işlemleri için küçük veya orta akış hızlarında su arıtımı için kullanılır; Bu tür uygulamalar arasında çok çeşitli su türleri (içme ve kullanma suyu, yeraltı suyu, endüstriyel ve atık su, ultra saf su ve halka açık havuz suyu) bulunur. Yumuşak cam lambalar esas olarak içme suyu dezenfeksiyon sistemleri ve evsel su arıtma sistemleri (akvaryumlar, balık havuzları, özel havuzlar vb.) için kullanılır.), küçük akış hızları ve düşük maliyetleri nedeniyle transillüminatörler ve sterilizasyon ekipmanları. HID (Yüksek yoğunluklu deşarj) lambalar, genellikle konut içme suyu sistemleri hariç, su arıtımı için de kullanılmaktadır.

20. yüzyılın başından beri suyun UV ışınlanması dezenfeksiyon aracı olarak kullanılmaktadır. Bu, düşük basınçlı cıva buharlı lambalar ve bu lambaların etrafında kuvars tüpler kullanan yeni teknolojiler sayesinde mümkün oldu. Bu teknoloji, özellikle *Cryptosporidium* ve *Giardia* gibi klora dirençli parazitlere karşı etkinliği nedeniyle günümüzde içme suyu tesislerinde su dezenfeksiyonu için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Su dezenfeksiyonu için farklı UV-C cihazları kullanılmaktadır (düşük basınçlı, orta basınçlı cıva) ve bunlar, suyun kuvars tüpün etrafında küçük bir akışlı katman olarak ışınlanmasına izin veren metalik bir reaktöre yerleştirilen bir kuvars tüp (katkılı veya katkısız) ile korunmaktadır. (1-15 saniyelik temas süresiyle 3 log'luk bir azalma elde etmek için minimum 400 J/m<sup>2</sup> gereklidir). Reaktör, lambaların kapatıldığı bakım aşamaları dışında her zaman kapalı olduğundan, su arıtma tesislerinde çalışanların maruz kalma olasılığı yoktur.

## UV IŞIMA VE SAĞLIK

UV ışıma dalga boyu itibarıyla nüfuz edebilme özelliğine sahip değildir. Hava ve sınırlı düzeyde su dezenfeksiyonu dışında UV- C etkinliği yüzey ile sınırlıdır. Bu nedenle insan ve hayvanlarda çıplak deri ve gözde olumsuz etkiler yapar. Özellikle gözlerde konjonktivit, (konjonktiva tabakasının enflamasyonu) ve deride kızarıklığa (eritema) sebep olur. Bu tür etkiler çoğu zaman birkaç gün içinde tamamen iyileşse bile oldukça acı vericidir. Bu nedenle iş sağlığı ve güvenliği açısından maruziyet sınır eşik değerleri belirlenmiş olup çalışanların bu değerlerin üzerinde UV ışınlarına maruz kalmamaları gerekmektedir (Tablo.12). Aslında UV ışınlarının nüfuz edebilme özellikleri çok sınırlı olması ve bir çok madde tarafından da tamamen absorbe edilebilmesi nedeniyle korunma nisbeten kolaydır. Deriyi korumak için

örtü ve giysiler yeterli olur. Gözleri korumak amacıyla ise standart yapıdaki gözlükler veya yüz koruyucular kullanılabilir.

UV-C lambaların doğrudan ışınmaları canlılar için zararlıdır. Hava dezenfeksiyonu için UV-C lambaların kullanımından kaynaklanan maruziyetlere ilişkin bilgiler ve meydana gelen olumsuz sağlık etkileriyle ilgili bazı vakalar literatürle kayıtlıdır. Bunlardan birisi 26 tıp öğrencisi UV-C lambalardan kazara yüksek düzeyde yaklaşık  $70 \text{ J/m}^2$  emilen UV-C ışınmasına maruz kaldığı vakadır (Trevisan ve diğerleri, 2006). Lambaların yaydığı gerçek radyasyonun  $1,4 \text{ W/m}^2$  olduğu tahmin edilmiştir (radyometrik ölçümler bunu doğrulamıştır, çünkü otopsi masasının yüksekliğinden UV-C lambasının altında yaklaşık  $1 \text{ m}^2$ 'ye kadar ölçülen etkin ışınım  $0,5$  ila  $2,5 \text{ W}$  arasında değişmektedir).  $\text{J/m}^2$  ancak daha büyük olasılıkla, cilt fototipi ve semptomlara göre emilen etkili enerji  $5$  ila  $10 \text{ J/m}^2$  arasında olduğu belirlenmiştir.

Hatta herhangi bir yüzeyden yansıma olsa bile eşik değeri aşan ışıma (yansı ışıma) da zararlı olabilir. Direktif 2006/25 / EC'ye göre çalışanlar için Maruz Kalma Sınır Değeri (ELV),  $180\text{-}400 \text{ nm}$  (UV-A ve UV-B ve UV-C) için 8 saatlik maruz kalma süresi için  $J\text{-eff} = 30 \text{ J/m}^2$  dir. Hassas kişiler için ELV'ler daha düşük olabilir. ISO 15858'göre çalışma ortamında günlük 8 saat süresinde maruz kalınabilecek maksimum ışıma miktarı  $0,2 \mu\text{W/cm}^2$  (microWatt/cm<sup>2</sup>)' doz ise  $6 \text{ mJ/cm}^2$  olarak kabul edilmiştir. Koridor veya benzeri geçiş yolları gibi güzergahlar, bekleme salonları vb. alanlar maruziyetin nispeten kısa sürdüğü durumlar ve ortamlarda eşik değer bir miktar daha yüksek olabilir. Aynı ortamda uzun süre kalmak zorunda olan kişilerin barındığı alanlarda (koğuş, hasta veya mahkum odaları gibi) *yansı ışıma* ya hiç olmamalı veya çok düşük düzeyde olmalıdır. İnsanların geçiş amacıyla kullandıkları ve kısa süre maruz kalacakları

koridor veya 1 saatten az süre bekleme yapılan kısa bekleme salonlarında  $1,7 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  'ye kadar ışımaya kabul edilebilirken, hasta odalarında olması gereken değer  $0,07 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  den az olmalıdır. Kullanılan armatürler için TS EN ISO 15858 "UV-C Cihazları - Güvenlik bilgisi - İzin insan maruziyet" standardında belirlenen bu UV-C ışımaya maruziyet sınırı eşik değerleri test edilmelidir.

### SONUÇ:

UV-C dalga boyu, ışımının yoğunluğuna, maruz kalma süresine, UV lamba yerleşimine, temizliğine, bakımına ve lamba yaşam ömrüne bağlı olarak hava kanalları ve klima santrallerinde yaşayan tüm mikroorganizmaların yüzde 99'unu veya daha fazlasını öldürebilir. UV-C sistemleri ve teknolojileri, bağımsız hava temizleme cihazlarında ve tesislerde patojenlerin konsantrasyonlarını azaltmak ve dezenfeksiyon sağlamak üzere güvenilir ve uygun maliyetli bir şekilde kullanılabilirler.

Ancak hiçbir UV-C cihazı veya sisteminin tek başına %100 güvenli olmadığı bilinmelidir. Ayrıca bu tür cihazların kişilerde yalancı güvenlik hissi doğurabileceği dolayısıyla UV-C lambaların kurulumundan işletilmesine kadar tüm aşamalarında sıkı güvenlik ve idari tedbirler alınması gerekli olduğu unutulmamalıdır.

**1-Güvenlik:** UV-C sağlığa önemli ölçüde zarar verebilecek potansiyele sahiptir. Bu nedenle kullanılması sıkı şekilde izlenmeli, gerekli ortam ölçümleri, bakım ve temizlik dahil her türlü tedbir alınmalıdır. Sistem güvenliği açısından değerlendirilmeli ve gerektiğinde test edilmelidir. Özellikle üst hava ışımali lambaların kullanıldığı alanlarda doğrudan ve/veya yansıyan ışımaya sağlığı olumsuz etkileyecek şekilde kullanılması önlenmelidir.

**2- Etkinlik:** İster açık, isterse kapalı veya cihaz üzerinde kurulu (hava kanalları dahil) tüm UV-C lambalar amacına uygun olduğu, teknik özelliklerinin yeterli ve etkili olduğu test edilmeli veya test edilmesi sağlanmalıdır. UV-C lambalarının temizliği, bakımı, etkinliği ve ömrü izlenmelidir.



### **Kaynaklar:**

- “Anti-bacterial UV-C LED applications driving stable growth in UV-LED market”. [www.semiconductor-today.com](http://www.semiconductor-today.com).  
Erişim tarihi: 17 Eylül 2023
- “Seoul Viosys, Technology, UV LED”. [www.seoulviosys.com](http://www.seoulviosys.com).  
Erişim tarihi 18 Eylül 2023
- Accidental exposure to UV radiation produced by germicidal lamp: case report and risk assessment. Zaffina S, Camisa V, Lembo M, Vinci MR, Tucci MG, Borra M, Napolitano A, Cannatà V. *Photochem Photobiol*. 2012 Jul-Aug;88(4):1001-4
- ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2017
- Applications of ultraviolet germicidal irradiation disinfection in health care facilities: effective adjunct, but not stand-alone technology. Memarzadeh F, Olmsted RN, Bartley JM. *Am J Infect Control*. 2010 Jun;38(5 Suppl 1):S13-24
- ASHRAE HANDBOOK. 2015 Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications, Inch-Pound Edition. ASHRAE, 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329.
- ASHRAE. (2017). ASHRAE handbook—Fundamentals. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. (2019). ASHRAE handbook—HVAC applications. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. (2020). ASHRAE position document on infectious aerosols. Retrieved from [https://bit.ly/ASHRAE\\_Aerosols](https://bit.ly/ASHRAE_Aerosols)
- Bianco, A., et al. (2020). UV-C irradiation is highly effective in inactivating and inhibiting SARS-CoV-2 replication. Retrieved from [https://bit.ly/Bianco\\_UV-C](https://bit.ly/Bianco_UV-C)
- CDC. (2020). COVID-19 employer information for office buildings. Centers for Disease Control and Prevention. Retrieved from [https://bit.ly/CDC\\_Reopen](https://bit.ly/CDC_Reopen)

- Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for Preventing the Transmission of Mycobacterium tuberculosis in Health-Care Settings, 2005. MMWR 2005;54(No. RR-17)
- Ceyhan İ. Sağlık tesislerinde hava ve yüzey dezenfeksiyonuna yönelik Ultraviyole(UV) lambaların seçimi, kurulumu, kullanımı ve bakımı, 2018. Ankara
- Coker, A., E. Nardell, P. Fourie, W. Brickner, S. Parsons, N. Bhagwandin, and P. Onyebujoh. 2001. Guidelines for the utilisation of ultraviolet germicidal irradiation (UVGI) technology in controlling the transmission of tuberculosis in health care facilities in South Africa. South African Centre for Essential Community Services and National Tuberculosis Research Programme, Medical Research Council, Pretoria.
- Effects of ultraviolet germicidal irradiation and swirling motion on airborne Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa and Legionella pneumophila under various relative humidities. Chang CW, Li SY, Huang SH, Huang CK, Chen YY, Chen CC. *Indoor Air*. 2013 Feb; 23 (1):74-84.
- Environmental Protection Agency, EPA (2003) Ultraviolet disinfection guidance manual (EPA 815-D-03-007), Draft, June 2003
- Environmental Protection Agency, EPA (2014) Health risk and exposure assessment for ozone. Final report (EPA-452/R-14-004a), August 2014
- Escalona VH, Aguayo E, Martínez-Hernández GB, Artés E. (2010) UVC doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach. *Postharvest Biol Technol* 56(3):223-231
- First, M.W., F.M. Rudnick, K. Banahan, R.L. Vincent, and P.W. Brickner. 2007. Fundamental factors affecting upper-room ultraviolet germicidal irradiation—Part 1: Experimental. *Journal of Environmental Health* 4: 1-11.

Forsyth A, Ide CW, Moseley H. (1991) Acute sunburn due to accidental radiation with UVC. *Contact Dermatitis* 24(2):141-142

Germicidal and Short Wave UV Radiation, *Sylvania-Engineering Bulletin*, 0-342 - <http://www.scribd.com/doc/81261178/Sylvania-Engineering-Bulletin-Germicidal-amp-Short-Wave-UV> Erişim tarihi:18.09.2023

Global Tuberculosis Report (Rep.). (2015). Retrieved July 13, 2016, from World Health Organization 2015. website: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/191102/1/9789241565059\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/191102/1/9789241565059_eng.pdf)

Guideline: Use Of UV Germicidal Lamps Inside Biological Safety Cabinets: uOttova. L'Universite Canadienne, Canada's University. Office of Risk Management 2013/Revised: 2016 [https://www.uottawa.ca/about-us/sites/g/files/bhrsksd336/files/2022-10/guideline\\_use\\_of\\_uv\\_lamps\\_in\\_bsc\\_0.pdf](https://www.uottawa.ca/about-us/sites/g/files/bhrsksd336/files/2022-10/guideline_use_of_uv_lamps_in_bsc_0.pdf) Erişim tarihi: 18/09/2023

Guidelines for the Utilization of Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) in Controlling Transmission of Tuberculosis in Health Care Facilities in South Africa. 2009, South Africa Medical Research Council Tuberculosis Research Centre.

Guidelines on Airborne Infection Control in Healthcare and Other Settings. In the context of tuberculosis and other airborne infections. Directorate General of Health Services Ministry of Health & Family Welfare. Nirman Bhawan, New Delhi.

<http://www.cdc.gov/tb/topic/basics/howtbspreads.htm>

<http://www.sahealthinfo.org/tb/guidelines.pdf>

IUVA. (n.d.). IUVA fact sheet on UV disinfection for COVID-19. International Ultraviolet Association. Retrieved from <http://www.iuva.org/COVID-19>

Jones D and Ivanovich M. UV-C for HVAC Air and Surface disinfection. Supplement to ASHRAE. 2020 edition of AMCA inmotion magazine page 2-10. <https://www.>

[amca.org/educate/inmotion/amca-inmotion-magazine-2020-issue.html](http://amca.org/educate/inmotion/amca-inmotion-magazine-2020-issue.html)

- Ko G, First MW, Burge HA, The characterization of upper-room ultraviolet germicidal irradiation in inactivating airborne microorganisms. *Environ Health Perspect.* 2002 Jan; 110(1): 95–101.
- Kowalski W. 2012 Hospital Airborne Infection Control. CRC Press NW, USA.
- Kowalski, W. (2009). Ultraviolet germicidal irradiation handbook: UVGI for air and surface disinfection. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Nardell E, Vincent R, Sliney DH. Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) for Air Disinfection: A Symposium in Print. *Photochemistry and Photobiology*, 2013, 89: 764–769
- Nardell, E.A. and M.W. First, Guidelines for the Application of Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation for Preventing Transmission of Airborne Contagion—Part II: Design and Operation Guidance. *ASHRAE Transactions*, 1999. 105.
- Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings, Y.C. James Atkinson, Carmen Lúcia Pessoa-Silva, Paul Jensen, Yuguo Li and Wing-Hong Seto, Editor. 2009, WHO: Geneva.
- Position Paper on the Use of Ultraviolet Lights in Biological Safety Cabinets. (ABSA). - *Applied Biosafety*, 11(2) pp. 81-87 © American Biological Safety Association 2006
- Schmalwieser AW, Wright H, Cabaj A, Heath M, Mackay E, Schauburger G. (2014) Aging of low-pressure amalgam lamps and UV dose delivery. *J Environ Eng Sci* 9(2):113-124
- Selma MV, Allende A, López-Gálvez E, Conesa MA, and Gil MI. (2008) Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry. *Food Microbiol* 25(6):809-814

- Shah CP, Weis E, Lajous M, Shields JA, Shields CL. (2005) Intermittent and chronic ultraviolet light exposure and uveal melanoma: a meta-analysis. *Ophthalmology* 112(9):1599-1607
- Shehade SA, Roberts PJ, Diffey BL, Foulds IS. (1987) Photodermatitis due to spot welding. *Br J Dermatol* 117(1):117-119
- Technical and Operations Guidelines for Tuberculosis Control. 2005, Central TB Division, Directorate General of Health Services, Ministry of Health and Family Welfare, Government of India: New Delhi, India.
- Trevisan A, Piovesan S, Leonardi A, Bertocco M, Nicolosi P, Pelizzo MG, Angelini A. (2006) Unusual high exposure to ultraviolet-C radiation. *Photochem Photobiol* 82(4):1077-1079
- TS EN ISO 15858 “UV-C Cihazları - Güvenlik bilgisi - İzin insan Maruziyet
- Tuberculosis Infection Control: A Practical Manual for Preventing TB. 2007, Francis J Curry National Tuberculosis Center: San Francisco.
- Ultraviolet germicidal irradiation”. University of Liverpool. [https://www.liverpool.ac.uk/media/livacuk/radiation/pdf/UV\\_germicidal.pdf](https://www.liverpool.ac.uk/media/livacuk/radiation/pdf/UV_germicidal.pdf) Erişim tarihi: 17 Eylül 2023
- Ultraviolet Radiation in the Workplace. Ontario Ministry of Labour Publication, 2009.
- UV air cleaners and upper-room air ultraviolet germicidal irradiation for controlling airborne bacteria and fungal spores. Kujundzic E, Matalkah F, Howard CJ, Hernandez M, Miller SL. *J Occup Environ Hyg*. 2006 Oct; 3 (10):536-46.
- WHO Infection prevention and control of epidemic -and pandemic-prone acute respiratory diseases in health care. WHO interim guidelines. . 2007, WHO: Geneva.

WHO Policy on TB Infection Control in Health-Care Facilities, Congregate Settings and Households. 2009, WHO: Geneva.

Wikipedia Ultraviyole mikrop öldürücü ışınlama [https://tr.wikipedia.org/wiki/Ultraviyole\\_mikrop\\_%C3%B6ld%C3%BCr%C3%BCc%C3%BC\\_%C4%B1%C5%9F%C4%B1n\\_lama](https://tr.wikipedia.org/wiki/Ultraviyole_mikrop_%C3%B6ld%C3%BCr%C3%BCc%C3%BC_%C4%B1%C5%9F%C4%B1n_lama)

World Health Organization 1999, Guidelines For The Prevention of Tuberculosis in Health Care Facilities in Resource-Limited Settings. WHO/CDS/TB/99.269

World Health Organization 2009. Natural ventilation for infection control in health-care settings. WHO Publication/Guidelines.

World Health Organization, 2009. WHO policy on TB infection control in health-care facilities, congregate settings and households. WHO/HTM/TB/2009.419.

World Health Organization. WHO Interim Guidelines. 2007. Infection prevention and control of epidemic- and pandemic-prone acute respiratory diseases in health care. WHO/CDS/EPR/2007.

# Hava ve Yüzey Dezenfeksiyonu: *Ultra Viole Lambalar*

Prof. Dr. İsmail Ceyhan

 ÖZGÜR  
YAYINLARI

