

Covid-19 Döneminde
UV-C Lambalar*Prof. Dr. Sermin ONAYGİL**
ATMK Yönetim Kurulu Başkanı

* Bu çalışma, Aydınlatma Türk Milli Komitesi (ATMK) tarafından Uluslararası Işık Günü kapsamında 16.05.2020 tarihinde düzenlenen "Işık Gününde Covid-19 ve Aydınlatma" internet semineri için hazırlanmış ve sunulmuştur. Bilgiler kaynak verilmek kaydıyla kullanılabilir.

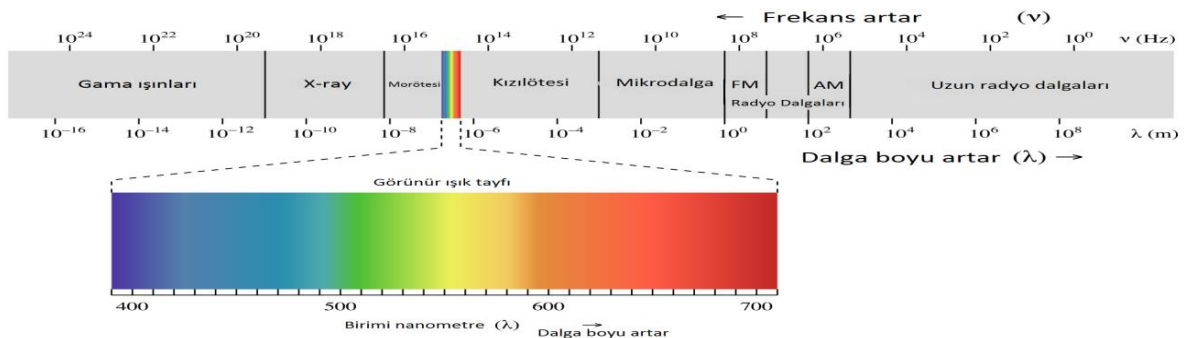
** İTÜ Enerji Enstitüsü, Enerji Planlaması ve Yönetimi Anabilim Dalı, Ayazağa Kampüsü, Maslak, İstanbul

1. GİRİŞ

Son günlerde içinde bulunduğumuz özel durum nedeniyle, Covid-19 virüslerini yok edebilecek bir yöntem olarak UV-C radyasyon yayan lambaların kullanımı gündeme gelmiştir. Aslında bu lambalar uzun yıllardır su arıtmada ve hava dezenfektasyonunda kullanılmaktadır. Direkt temas halinde cilt ve göz üzerinde olumsuz etkileri bilindiği için, iyi tasarlanmış ve kontrol edilebilir sistemlerle birlikte kullanılmaları gerekmektedir. Oysaki şu andaki uygulamalarda sadece ülkemizde değil, tüm dünyada bilinçsiz kullanımları olduğu gözlemlenmektedir. İnsan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabilecek bu radyasyon kaynaklarının kullanımında bilinç oluşturmak amacıyla, literatür araştırmasına dayanan bu çalışma hazırlanmıştır. Çalışmada ultraviyole ışınımın tanımları yapıp, virüs yayılımının önlenmesindeki etkileri incelenmekte ve dikkat edilmesi gerekenlerle konudaki eksiklikler açıklanmaktadır.

2. ULTRAVİYOLE IŞINIM

Bilindiği gibi insan doğası ve yapılan işler gereği yaşamın her anında aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gereklilik olası durumlarda doğal aydınlatmadan, yetersiz olduğunda da yapay aydınlatmadan sağlanmaktadır. Görsel duyarlılığa neden olabilen radyasyon enerjisi "ışık" olarak tanımlanmaktadır. İnsan gözü 380 nm – 780 nm arasındaki radyasyonlara karşı duyarlıdır ve bu dalga boyları arasındaki elektromanyetik dalgalar "görülebilir bölge" ya da "ışık" olarak adlandırılmaktadır (Şekil 1). Görülebilir bölgenin sağında daha uzun dalga boylarında "kızılötesi/infraruj" ışınım; sol tarafında ise daha kısa dalga boylu "morötesi/ultraviyole" ışınım yer almaktadır.



Şekil 1. Elektromanyetik dalgalar içinde ışığın yeri

İncelememizin konusu ultraviyole ışınlar olduğu için bundan sonra bu bölüm detaylandırılacaktır. Ultraviyole ışınlar 315 nm – 400 nm arasında UV-A, 280 nm – 315 nm arasında UV-B, 100 nm – 280 nm arasında da UV-C olarak adlandırılmaktadır [1]. Güneşin spektrumunda UV radyasyonlar mevcuttur. Ancak, güneş ışınları yerküreye ulaşırken atmosferden UV-A ışınlar etkilenmeden geçerken, UV-B ışınların %90'u ozon, su buharı, oksijen ve karbondioksit tarafından yutulur. UV-C ışınların ise tamamı ozon tabakasında yutulmaktadır. Yeryüzüne ulaşan UV ışınların %90'ı UV-A, %10'u UV-B radyasyonlardır.

Kısa dalga boylu radyasyonların enerjileri yüksektir. Mikroorganizmaların çoğalmasının önlenmesinde UV-A radyasyonlar etkisizken, UV-B radyasyonların etkisi de düşüktür. Buna karşılık UV-C radyasyonların etkisinin yüksek olduğu bilinmekte ve bu ışınlar GUV (Germicidal UV – mikrop öldürücü UV) olarak adlandırılmaktadır.

3. UV-C RADYASYON ÜRETİMİ

Yapay ışık ısı, deşarj, elektrolüminesan yöntemleri ile üretilmektedir. Flüoresan olarak bilinen alçak basınçlı civa buharlı lambalar deşarja dayalı lüminesan yöntemi ile görülebilir bölgede radyasyon yaymaktadır. Bu lamba tüplerinin iç yüzeyleri flüoresan malzeme ile kaplanmadığında 254 nm'de yoğun ışınım elde edilmektedir. Sıcak ve soğuk elektrotlu alçak ve yüksek basınçlı civa buharlı lambalarla elde edilen 254 nm dalga boylu radyasyonlar 70 yılı aşkın süredir mikroorganizmaların dezenfektasyonu amaçlı kullanılmaktadır. Bu lambalarla 20 J/m² ile 200 J/m² arasındaki dozlarda radyasyon enerjisi elde edilebilmektedir. Sıcak elektrotlu olanların etkinlik faktörleri (lm/W) yüksek olurken, soğuk elektrotluların ömürleri daha uzundur.

Son yıllarda soğuk elektrotlu (excimer) düzeneklerde kripton/bromür ve kripton/klor gaz çiftleri kullanılarak elde edilen ve uzak UV diye adlandırılan sırasıyla 207 nm ve 222 nm dalga boylu UV-C radyasyonların mikroorganizma bozucu etkilerinin daha yüksek olduğu konusunda araştırmalar mevcuttur [2]. Kripton / klor gaz çifti ile 222 nm'de ışınım yapan kaynağın spektrumu monokromatik özelliğe yakın olduğundan, diğer etkileri araştırılmamış dalga boyları tayfta yer almadığı için filtre gerekmeden doğrudan kullanılabilir. Bu nedenle mikrop öldürücü etkisi daha yüksek olmasına rağmen 207 nm yerine daha çok 222 nm dalga boylu radyasyon kaynağının kullanımı önerilmektedir.

4. UV-C'lerin MİKROP ÖLDÜRÜCÜ ETKİLERİ ve MİKROORGANİZMA DEZENFEKTASYONU

Daha önce de ifade edildiği gibi, enerjisi yüksek UV-C radyasyonlar mikrop öldürücü UV (Germicidal UV) olarak adlandırılmakta ve GUV kısaltması ile bilinmektedirler.

Mikroorganizmaların UV-C radyasyonlar ile etkisiz hale getirilmesinde;

- Mikroorganizmanın çeşidi ve yapısal özellikleri,
- Uygulanan radyasyonun yoğunluğu ve süresi (dozu),
- Ortamın bağıl nem oranı,
- Radyasyonun dalga boyu etkilidir [1].

Bakteri, virüs çeşidine bağlı olarak mikroorganizmanın etkisiz hale getirilmesi için gerekli radyasyon miktarı farklılık göstermektedir. Doz, radyasyon yoğunluğu ve uygulama süresinin çarpımı ile hesaplanmakta ve (mJ/cm²) veya (J/m²) birimi ile verilmektedir.

$$\text{Radyasyon Dozu (mJ/cm}^2\text{)} = \text{Radyasyon Yoğunluğu (mW/cm}^2\text{)} \times \text{Etki Süresi (sn)}$$

Radyasyonların mikrop öldürme etkinliği logaritmik basamaklar olarak dikkate alınmaktadır.

1 log basamak: %90 etkinlik

2 log basamak: %99 etkinlik

3 log basamak: %99,9 etkinlik

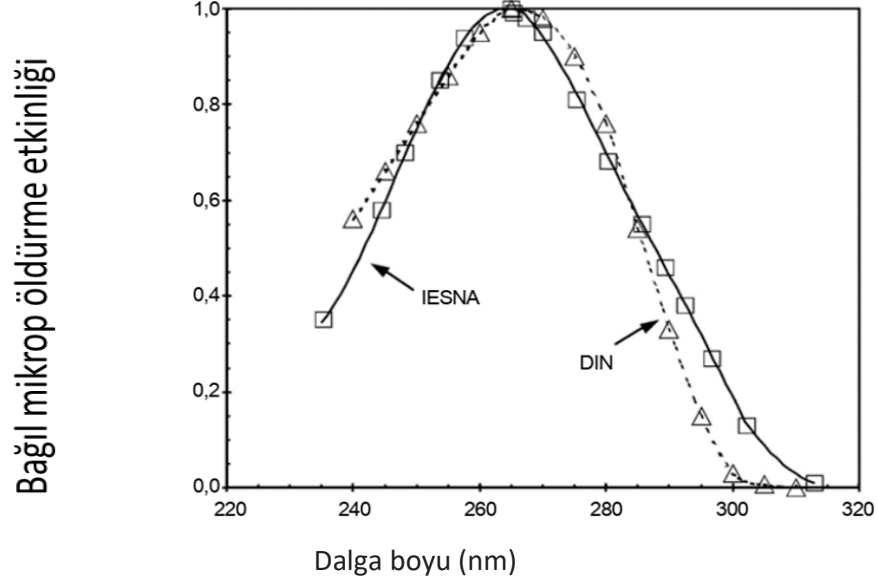
Kabul edilen basamağa göre etkili olacak radyasyon dozu değişmektedir. İki basamak arasında dozun iki kat artırılması yada azaltılması gerekmektedir.

Tablo 1'de farklı virüslerin yok edilebilmesi için gerekli radyasyon dozları %90 ve %99 etkinlik basamakları için verilmektedir.

Tablo 1. Virüslerin yok edilmesi için gerekli radyasyon dozları

Virus	Energy Dosage of UV Radiation (UV Dose) in $\mu\text{Ws/cm}^2$ Needed for Kill Factor	
	90% (1 log Reduction)	99%* (2 log Reduction)
Bacteriophage - <i>E. Coli</i>	2,600	6,600
Infectious Hepatitis	5,800	8,000
Influenza	3,400	6,600
Poliovirus - Poliomyelitis	3,150	6,600
Tobacco mosaic	240,000	440,000

Araştırma sonuçlarına göre GUV ışınımının ebola virüsünün yüzeylerde yayılımını önlemede etkin ve influenza için de etkili olabildiği açıklanmış olmasına rağmen, henüz SARS-COV-2 virüs için geçerli ve yetkili kurumlarca onaylanmış net değerler mevcut değildir [3]. Ortamın bağıl nem oranı %65'in üstünde olduğunda mikroorganizmaların UV-C radyasyonlardan etkileşimi azalmaktadır. Etkinin radyasyonların dalga boylarına göre değişimleri 230 nm – 320 nm arasındaki UV-C ışınım için Şekil 2'de gösterilmektedir.

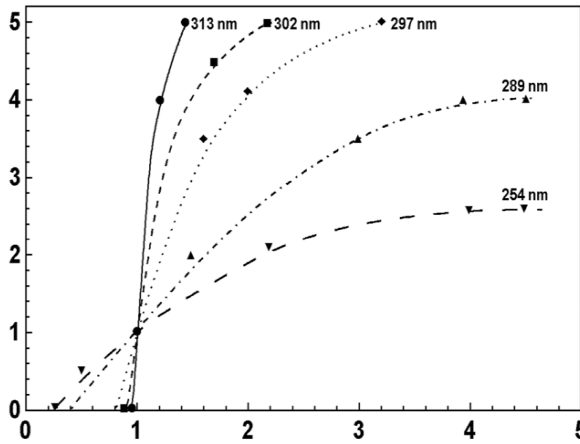


Şekil 2. Standart UV-C mikrop öldürme cevap eğrisi [1]

Şekilde 254 nm dalga boyunda mikrop öldürme etkinlik değerinin maksimuma yakın olduğu görülmektedir. Uzak UV'lerde etkinlik değerinin daha da yükselebileceği açıklanmaktadır [2].

5. UV-C'lerin İNSAN SAĞLIĞINA ETKİSİ

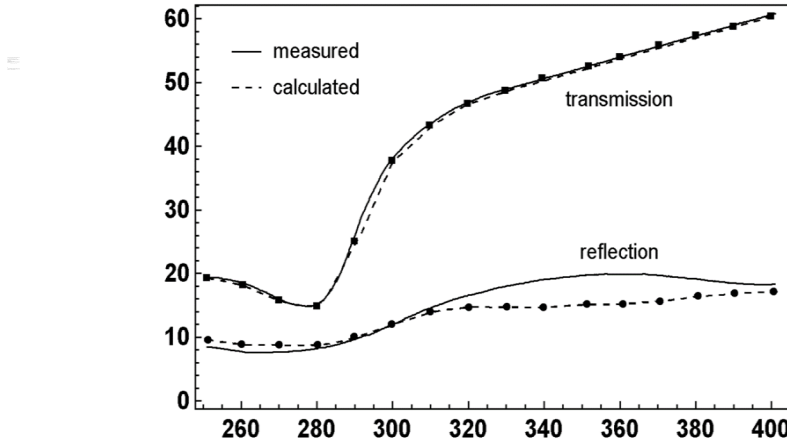
En önemli konu bu UV-C radyasyonların kullanıldıkları ortamlarda insan sağlığı üzerindeki olası olumsuz etkileridir. UV radyasyonların cilt ve göz korneasında tahribat yaratabildiği bilinmektedir. Diğer yandan, UV-C radyasyonlardaki riskin UV-B'lere göre daha düşük olduğu, sadece UV-C radyasyonların olduğu ortamlarda cilt kanseri riskinin de ihmal edilebilecek düzeyde olduğu açıklanmaktadır.



Şekil 3. Farklı dalga boyundaki UV radyasyonlarda doza bağlı cilt kızarıklık derecesi

Şekil 3'de farklı dozlardaki farklı dalga boylarında UV ışınımının ciltte oluşturduğu kızarıklık dereceleri gösterilmektedir [4], [5]. Şekilden olumsuz cilt etkileşimlerinin 254 nm dalga boyunda en düşük derecede olduğu görülmektedir.

Şekil 4'den de deri üst tabakasının geçirgenliğinin kısa dalga boylarında düşük değerlerde olduğu görülmektedir [6]. UV radyasyonların insan üzerindeki olası olumsuz etkileri dalga boyuna, yoğunluğuna ve uygulanma süresine, dolayısıyla dozuna bağlıdır.



Şekil 4. Deri üst tabakasının farklı dalga boylarındaki ışınımı geçirme ve yansıtma faktörleri

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) tarafından 253,7 nm'de insan için zararlı olmayacak eşik sınır değer (TLV – Threshold Limit Value) 8 saatlik uygulamada 6 mJ/cm² olarak açıklanmaktadır. Bu da 172,7 cm yükseklikteki insan gözünün 0,002 W/m² radyasyon yoğunluğuna maruz kalması anlamına gelmektedir [7]. ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) tarafından da hiçbir koruyucu cihaz kullanılmayan göz ve cilt için eşik sınır değerleri 270 nm'de 30 J/m², 254 nm'de 60 J/m² ve 222 nm'de 240 J/m² olarak verilmektedir [8]. Uygulamalarda bu eşik değerlerin aşılmaması, ışınımın direkt kullanıcılar üzerine gelmesini engelleyici ekranlama düzeneklerinin oluşturulması esastır.

6. UV-C'lerin KULLANILDIĞI SİSTEMLER

UV-C radyasyon kaynakları aşağıdaki sistemlerde kullanılmaktadır;

- **Tavana yönlendirilmiş (upper-room) GUV sistemler:** ortamda havanın çok iyi sirküle edilmesi ve ışınımın kullanıcılara direkt ulaşmasını engelleyici ekranların kullanılması gerekmektedir. Virüs önleyici etki ortamın bağıl nem oranına, sıcaklığa ve hava akış durumuna bağlıdır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından tüberküloz yayılımının önlenmesinde etkili olduğu açıklanmaktadır.
- **Portatif GUV sistemler:** zeminde, tavanda yada duvarda kullanılabilen cihazlarda direkt insan temasının engellenmesi için gerekli kontrol düzenekleri bulunmalıdır.
- **İklimlendirme ünitelerine entegre sistemler:** ortam koşullarına uygun bakım ve lamba değişimlerinin yapılması önemlidir. Özellikle HEPA (High Efficiency Particulate Air) filtreli iklimlendirme ünitelerinde yüksek verimli uygulamalar olasıdır [7].

7. EKSİKLİK ve DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER

Literatürde mevcut bilgiler ışığında mikroorganizmaların yayılımını önlemek amaçlı UV-C radyasyon kaynaklarının kullanılmasında dikkat edilmesi gerekenler ve mevcut eksiklikler aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

- Bilimsel araştırmaların sonuçları ile elde edilmiş insan sağlığı açısından risk oluşmasını önleyici eşik sınır değerler detaylı olarak 254 nm için mevcuttur. 270 nm ve 222 nm için de bazı değerler açıklanmaktadır. Diğer yandan, kullanılacak kaynakların kesin risk eşik değerleri bilinen dalga boylarında ışınım üretmeleri gerekmektedir. Bunun için uygun UVR ölçümleri gereklidir. Bu ölçümlerde aletin kalibrasyon kaynağı önemlidir. Kalibrasyon kaynağı olarak genelde 254 nm alçak basınçlı civa buharlı lamba kullanılmaktadır. Ölçülen radyasyon dalga boyu kalibrasyon kaynağınıninkinden farklı olduğunda %10 ila %50 arasında spektral uyumsuzluk hatası olabilmektedir. Bu nedenlerle LED'lerin GUV amaçlı kullanımları önerilmemekte ve virüs önlemede etkilerinin düşük olduğu açıklanmaktadır [9].
- Farklı dalga boylu UV-C radyasyonlar kullanılması halinde, insan sağlığı açısından risk oluşturmayacak eşik sınır değerlerin (TLV) belirlenmesi gerekmektedir.
- Son günlerde bazı araştırmaların yapıldığı gözlemlenmesine rağmen, Covid-19 virüsünün çoğalmasını önlemek için gerekli UV-C dozu yetkili kurumlar tarafından henüz net olarak açıklanmamıştır. Virüsün bulaşma riski görülen hava ve katı yüzeyler olmak üzere iki ayrı uygulama için araştırma yapılması gerekmektedir.
- Virüs önleyici etkisi ve sağlık riski açısından, uygulamalarda UV-C ışınımının yoğunlukları ve çalışma süreleri cihazlara entegre sensör ve otomasyon sistemleri ile kontrol edilmelidir.
- Cilt üzerindeki etkileri konusunda araştırmalar olmasına rağmen, göz korneasında oluşabilen rahatsızlıkların (photokeratitis) önlenmesi için gerekli güvenlik eşığı konusunda araştırmalar yetersizdir.
- Piyasada mevcut UV cihazların beyan edildiği şekilde sadece UV-C radyasyon yaymama olasılıkları da vardır. UV-C yanında UV-A ve UV-B radyasyonlar da yayılabilmektedir. Bu da cilt kanseri riskini artırabilmektedir.
- Kısa dalga boylu UV-C ışınımının ortamda ozon miktarını artırma tehlikesi kontrol edilmelidir.
- Radyasyonların ortamdaki bitki ve eşyalara bozucu etkileri dikkate alınmalıdır. Özellikle plastik gibi hassas malzemelerin fotodekrasyonuna neden olabilirler.
- Konut gibi genel tüketicilere yönelik UV-C cihazların kullanımı güvenli bulunmamaktadır. DSÖ tarafından kesinlikle cilt ve göz ile direkt temas olmaması gerektiği konusunda uyarılar yapılmaktadır.
- Hastanelerde standart temizlik işlerinde kullanımları giderek artmasına rağmen, hala özel kullanım kılavuzu ve standart test prosedürü eksikliği mevcuttur [3, 10].
- İnsan temasına kapalı oldukları için su arıtma ve iklimlendirme ünitelerine entegre kullanımları önerilmektedir. İş güvenliği nedeni ile bu tesislerde bakım ve diğer amaçlarla çalışan kişilerin özel koruyucu gözlük, eldiven, kıyafet kullanmaları gerekmektedir.

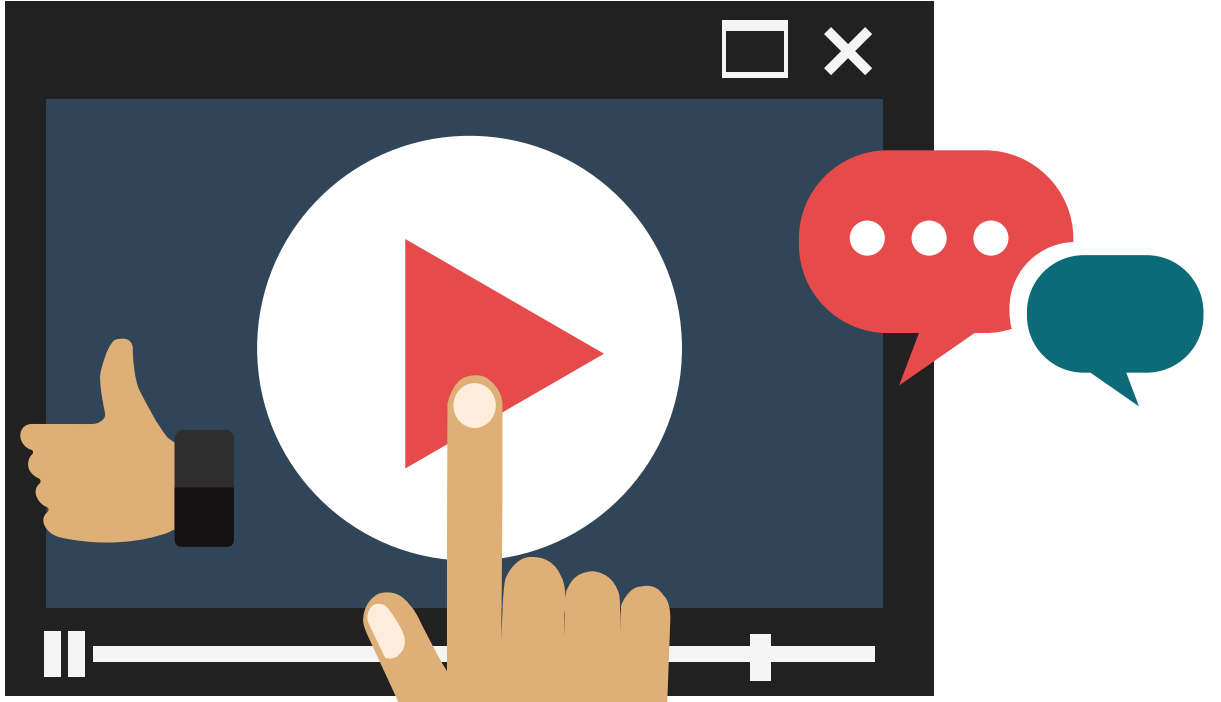
8. SONUÇ

Bu çalışma, yaşanan pandemi döneminde Covid-19 virüsünün dezenfektasyonu amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanılan UV-C radyasyon kaynaklarında uygulamada dikkat edilmesi gerekenleri açıklamak amacıyla hazırlanmıştır. UV-C ışınımının olumsuz etkileri dalga boyuna, yoğunluğuna ve uygulanma sürelerine bağlıdır. Mevcut literatür incelendiğinde, insan sağlığı açısından risk oluşmasını önleyici eşik sınır değerlerin detaylı olarak sadece 254 nm radyasyonlar için mevcut olduğu anlaşılmaktadır. Son günlerde bazı araştırmalar yapıyor olmasına rağmen, Covid-19 virüsünün çoğalmasını önlemek için gerekli UV-C radyasyon dozu yetkili kurumlar tarafından henüz açıklanmamıştır.

Bu nedenle Covid-19 virüslerinin tamamen yok edilebildiğinden emin olunması şu an için mümkün değildir. Ancak influenza vb. virüsler için geçerli değerler kabul edilerek uygulamalar yapılabilir. Kullanılacak cihazların sadece beyan edilen dalga boylarında radyasyon yaymaları ve ışınım yoğunluklarının yayılan radyasyon ile aynı dalga boyundaki referans kaynak ile kalibre edilmiş ölçüm cihazı ile ölçülüp, doğrulanmış olması son derece önemlidir. Bu koşulların yerine getirilebilmesi için standart ve kontrollerdeki eksiklikler en kısa sürede tamamlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] CIE 155: Ultraviolet Air Disinfection, 2003
- [2] Buonanno, M., Ponnaiya, B., Welch, D., Stanislauskas, M., Randers-Pehrson, G., Smilenov, L., Lowy, F.D., Owens, D.M. and Brenner, D.J., "Germicidal Efficacy and Mammalian Skin Safety of 222 nm UV Light", *Radiation Research* 187(4): 483-491. DOI:10.1667/RR0010CC.1, 2017
- [3] CIE, Position Statements on UV Radiation to Manage the Risk of COVID-19 Transmission, 12 May 2020
- [4] Hausser, K.W., Vahle, W. The dependency of light induced erythema and pigment formation upon the frequency (or wavelength) of the inducing radiation, *Strahlentherapie*, V. 13: p. 41-71, 1922
- [5] Sliney, D., Wolbarsht M.L. Safety with Lasers and Other Optical Sources, New York: Plenum Publishing Co., 1980
- [6] Sterenborg, H.J.C.M., Van Der Leun, J.C., Change in epidermal transmission due to UV-induced hyperplasia in hairless mice: a first approximation of the action spectrum, *Photodermatology*, V. 5: p. 71-82, 1985
- [7] CIE 187: UV-C Photocarcinogenesis Risks from Germicidal Lamps, 2010
- [8] ICNIRP Guidelines – On limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation), *Health Physics* 87(2):171-186; 2004
- [9] Houser, K.W., Ten facts about UV Radiation and Covid-19, *Leukos*, 16:3, p. 177-178, 2020
- [10] IEC 6247: 2006 / CIE S 009: 2002, Photobiological safety of lamps and lamp systems



Sube etkinlik
videolarını

youtube.com/emoistanbul

adresinden takip edebilirsiniz.



emoistanbul

