

MORÖTESİ BÖLGEDE IŞINIM DÜZEYİ ÖLÇÜMÜ PRENSİPLERİ

Murat Durak, Ferhad Samadov, A.Kamuran Türkoğlu

TUBİTAK-Ulusal Metroloji Enstitüsü, P.K. 21, 41470, Gebze-Kocaeli / TÜRKİYE
Tel: 262 6466355 E-Mail: durak@ume.tubitak.gov.tr

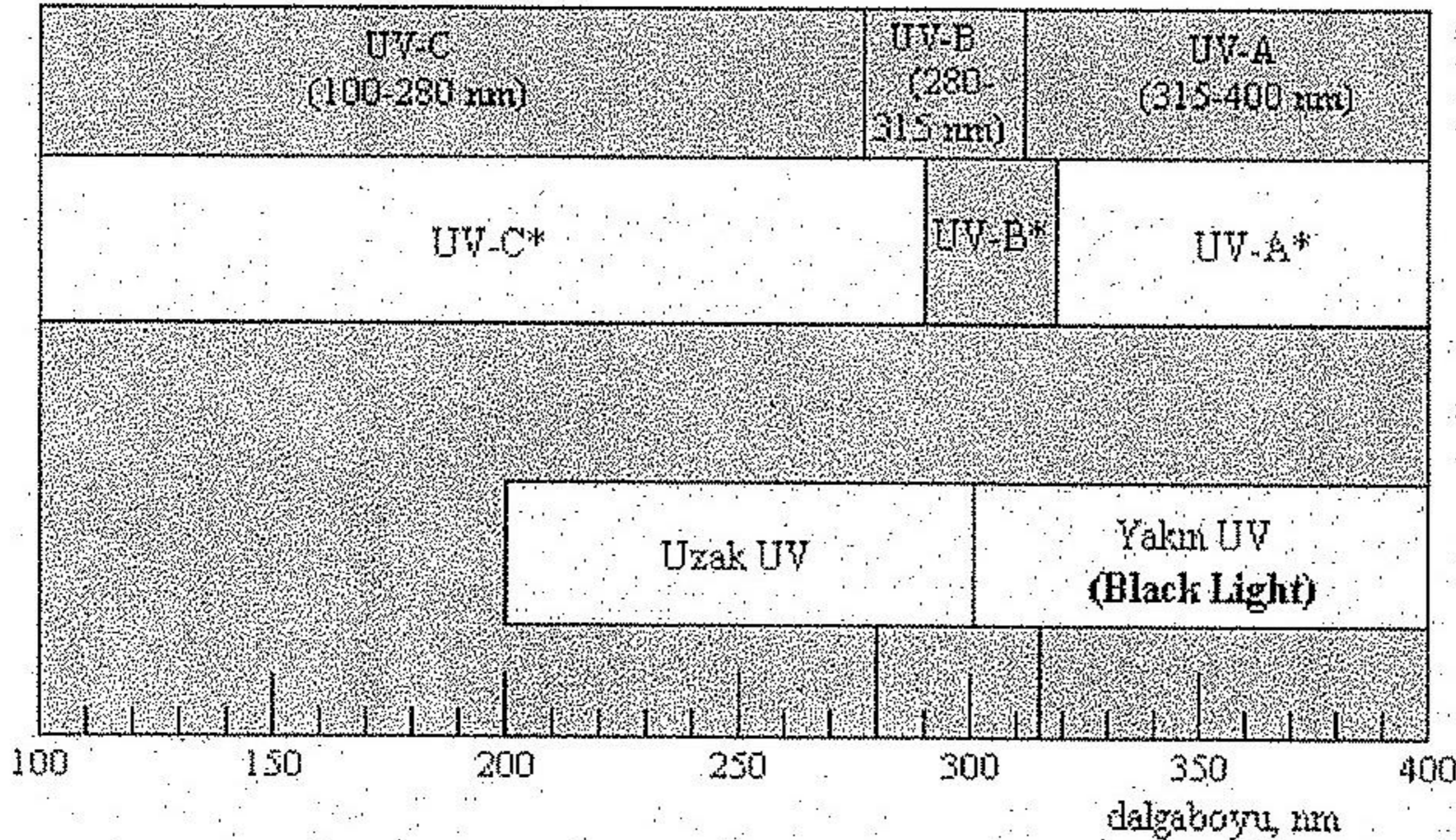
ÖZET

Morötesi bölge ışınım düzeyi ölçümlerinde kullanılan % 10 doğruluğa sahip morötesi (UltraViolet-UV) ışınım düzeyi ölçerlerin kalibrasyonuna yaygın olarak ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ölçümler insana zarar vermeyen test uygulamalarında ve ilaç sanayinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu gereklilikten dolayı Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Optik Laboratuvarında bu ölçümleri gerçekleştirmek için bir düzenek kurulmuştur. Bu çalışmada morötesi bölge ışınımı ve kurulan ölçüm düzeneği hakkında bilgi verilerek uluslararası izlenebilirliğin sağlanmasına yönelik çalışmalar anlatılmıştır.

Anahtar Sözcükler: UV, morötesi, ışınım düzeyi, kalibrasyon.

1.MORÖTESİ IŞINIM

Kısa dalgaboylarındaki UV ışınım, görünür bölgedeki ve kızılötesi (InfraRed - IR) bölgedeki ışınımına göre daha çok parçacık özelliği göstermektedir [1]. Morötesi bölge kendi içinde, 315-380 nm arası UV-A, 280-315 nm arası UV-B ve 100-280 nm arası UV-C olacak şekilde üç bölgede tanımlanır. Bu bölgeler Şekil 1' de görülmektedir.



Şekil 1. Genel UV Band Spektrumu

UV-A ışığı, morötesi ışınımın doğada en fazla bulunan türüdür. Enerjisi en az olduğu için zararı da en azdır. UV-A ışığı sıklıkla *Black-light* olarak adlandırılır. Floresan maddelerin görünür ışık yaymasını ve böylece karanlıkta parlamasını sağlarlar. Fototerapilerde, solaryum uygulamalarında ve tahribatsız malzeme çatlak analiz işlemlerinde UV-A lambaları kullanılır.

UV-B ise morötesi ışının sağlığa zararlı bir bant aralığını içermektedir. Atmosfer tarafından tam olarak soğurulmazsa biyolojik dokuya zarar verebilecek enerjiye sahiptir ve cilt kanserine neden olabilir. Dünya yüzeyine gelen UV-B ışınımının büyük kısmı atmosfer tabakası tarafından kesilir. Ozon tabakasındaki küçük bir değişiklik cilt kanseri olma riskini artırır. UV-C, hava içerisinde birkaç yüzmetre içerisinde soğurulması nedeni ile genelde doğada mevcut değildir. UV-C fotonlarının oksijen atomları ile çarpışması sonucu ortaya çıkan enerji ozon tabakasını oluşturur. UV-C lambaları özellikleri nedeni ile bakteri arındırma ve su/hava temizleme işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Morötesi ışınım madde ile etkileşerek maddenin atomlarının iyonlaşmasına neden olur ve fotoefekt olayı meydana gelir. Spektrumun morötesi ışınım bölgesinde maddelerin optik karakteristiği görünür bölgenin optik karakteristiklerinden büyük ölçüde farklıdır. Maddelerin bir çoğu UV ışınımı görünür ışığa oranla daha az yansır. Örneğin normal cam görünür bölgede şeffaftır fakat 320 nm dalgaboyundan daha küçük dalgaboylarında bu özelliğini yitirir. Safir, kuvarz, magnezyum florür, lityum florür gibi maddeler morötesi ışınımında şeffaftır.

Tüm maddelerin yansıtma katsayısı dalgaboyu azaldıkça azalır. Örneğin görünür bölgede yansıtma katsayısı %80 civarında olan alüminyumun, düşük dalgaboylarında ($\lambda < 90$ nm) yüzeyinin oksitlenmesi ile yansıtma katsayısı şiddetle azalarak %20 seviyesine düşer [2].

Katı cisimlerin ~ 3000 K akkorlaşma ısısında ışınımı, morötesi ışınımın kesintisiz spektrumu ile belirlenir ve şiddet sıcaklık arttıkça artar. Morötesi ışınım kaynakları olarak, civa, zenon (Xe) ve değişik türlü gaz boşalmalı lambalar kullanılır. Bu lambaların camı morötesi ışınım için şeffaf olan malzemelerden (çoğu zaman kuvarz) yapılır.

Elektronların hızlandırılması ile saçılan ışınım morötesi bölgede kesintisiz spektruma sahiptir, yani manyetik alanda hareket eden rölatif süratli parçacıkların elektro-manyetik dalga saçmasıdır [3]. Bu durumda $\epsilon \gg mc^2$ enerjili parçacığın tam güçlü ışınımı aşağıdaki eşitlik gibidir;

burada;

$$-\frac{d\epsilon}{dt} = \frac{2e^4}{3m^4 c^7 H_{\perp}^2 \epsilon^2} = 0,98 \times 10^{-3} H_{\perp}^2 \left(\frac{\epsilon}{mc^2}\right)^2 eV/s \quad (1)$$

e - parçacıkların yükü

H_{\perp} - parçacıkların hareket doğrultusuna dik manyetik alan

Işınım gücü parçacığın kütlesine bağlı olduğundan, elektron ve pozitron için spektral dağılımı (ν frekansa göre) aşağıdaki gibi ifade edilir;

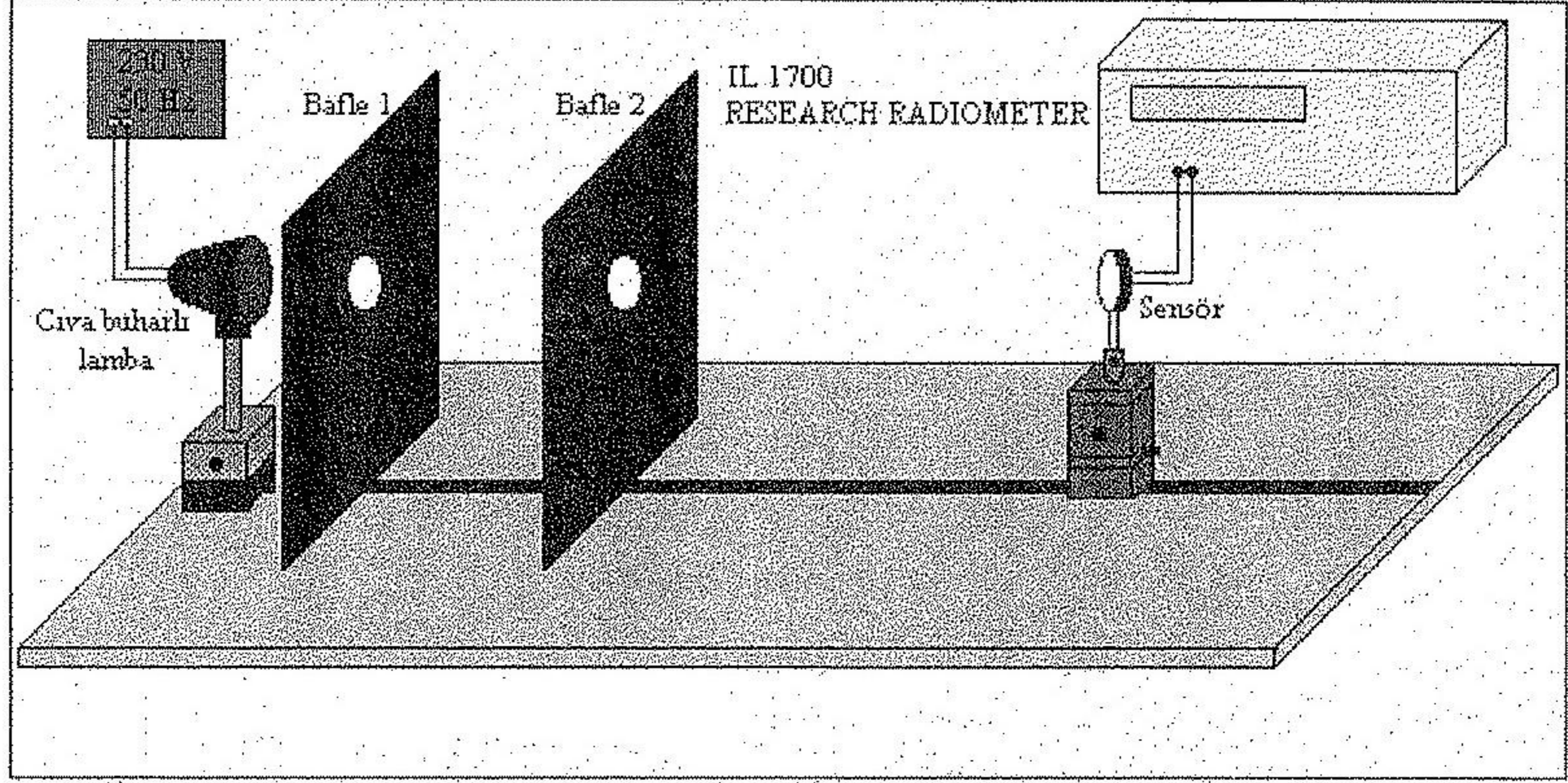
$$P(\nu) = \frac{\sqrt{3e^3 H_{\perp}}}{mc^2} \frac{\nu}{\nu_c} \int_{\nu/\nu_c}^{\infty} K_{5/3}(\eta) d\eta \quad (2)$$

$$\nu_c = (3eH_{\perp} / 4\pi mc)(\epsilon/mc^2)^2$$

$K_{5/3}$ - silindirik fonksiyon

1.1. Morötesi bölgede ışınım düzeyi ölçümleri düzeneği

Optik laboratuvarında 1998 yılı sonu itibarı ile kurulmuş olan Morötesi bölgedeki ışınım düzeyi ölçümleri düzeneği ile özellikle 365 nm dalgaboyuna yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu düzenek Şekil-2’de verilmektedir;



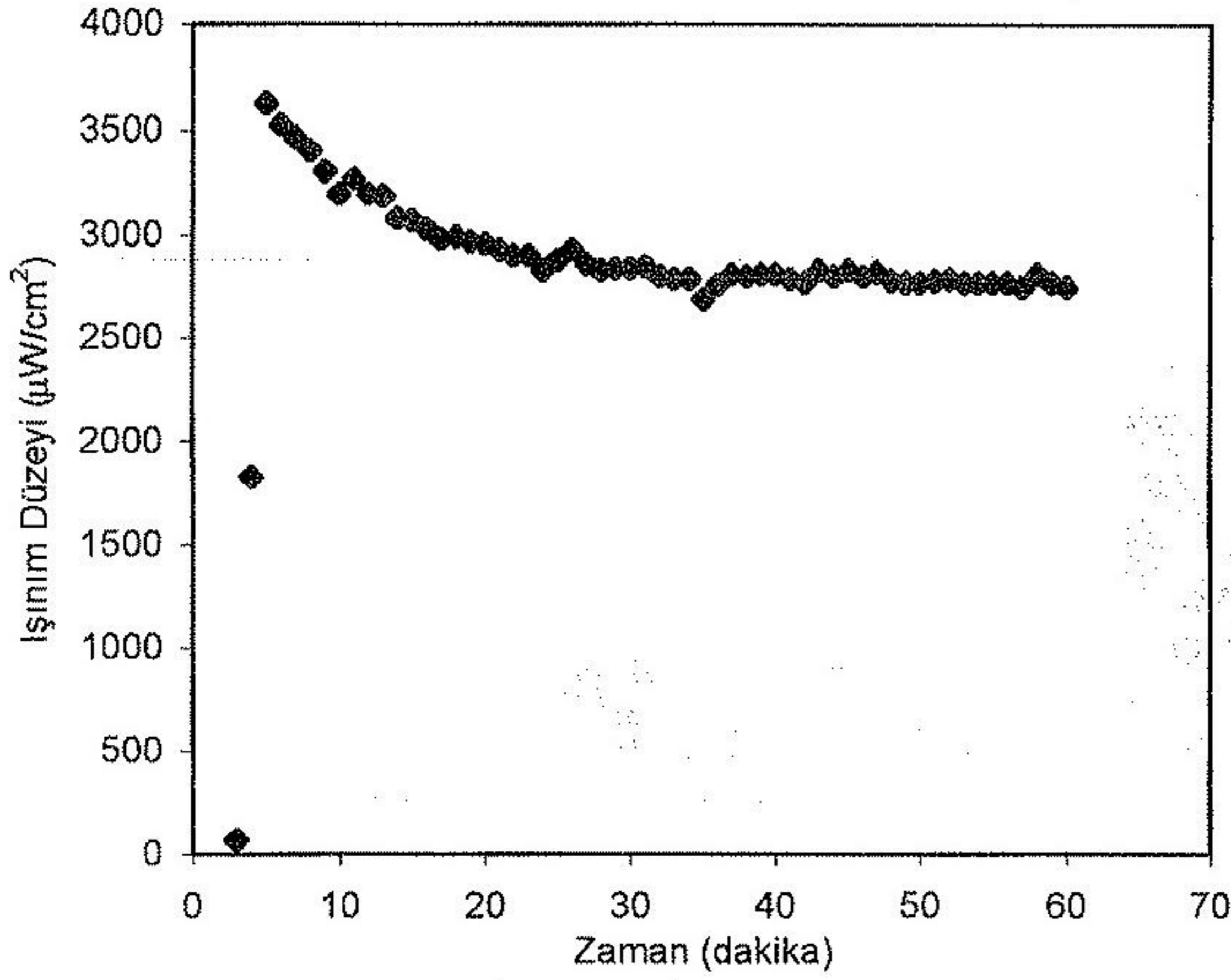
Şekil 2. UV Işınım düzeyi ölçümleri düzeneği.

Şekilde gösterilen radyometrik tezgah morötesi ışınım düzeyi ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) ölçüm/kalibrasyon işlemlerinde kullanılmaktadır. Radyometrik tezgah üzerindeki ray sistemi üzerine yerleştirilmiş mekanik dedektör tutucu üç boyutta harekete olanak sağlamaktadır. Işık kaynağı olarak kullanılan cıva buharlı lambadan (320 nm – 400 nm arası maksimum ışınım yoğunluğu 365 nm) çıkan ışınım fotodedektör üzerine düşürülmektedir. Dedektör üzerine düşen maksimum ışınım miktarı, dedektör üç boyutta hareket ettirilerek ayarlanır. Cıva buharlı lamba cıvanın ışınım yaptığı dalgaboyu hattında en yüksek güç değerini sağlar. Örneğin, 365 nm ‘de 40 mW elde edilebilir. Bu değerdeki güç 20 mm çaplı bir alanda $10 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ‘lik bir ışımaya neden olur. Bu şekilde detektörün o alan içinde hassaslık kalibrasyonu yapılmış olur.

Morötesi ışık kaynağından çıkan ışınımın çevredeki yüzeylerden yansımadan doğrudan ve homojen olarak UV sensörü üzerine gelmesi istenmektedir. Bunun için UV kaynağı önüne çeşitli mesafelere yüzeyden yansımayı ortadan kaldırmak için diyaframlar yerleştirilmiştir. UV ölçüm masası, UV kaynağı kabini ve baffle’lar mat siyah boya ile boyanmış olup yansımadan meydana gelebilecek hatalar minimuma indirgenmiştir. Ölçümler, yerine koyma yöntemi ile gerçekleştirilmekte olup aynı mesafelerde UV standart ölçer cihazı ile test cihazı ölçüm sonuçları karşılaştırılmaktadır.

1.2. Morötesi ışınım düzeyi ölçümleri düzeneğinde kullanılan cihazlara ait teknik özellikler.

Işık kaynağı olarak 230 V, 50 Hz ile çalışan 100W’ lık Cıva buharlı lamba kullanılmaktadır [4]. Kullanılan cıva buharlı lamba 320-400 nm dalga boyları arasında maksimum ışınım yoğunluğu 365 nm’de olacak şekilde ışınım yaymaktadır. Grafik-1 ‘de ışık kaynağının sabit bir mesafede, çalıştırdıktan itibaren 60 dakika içerisindeki ışınım düzeyindeki değişimi verilmektedir.



Grafik 1. Cıva buharlı ışık kaynağı ışınım düzeyinin zamana göre değişimi.

Işık kaynağından çıkan ışınımı algılamak için Standart Radyometre cihazı kullanılmaktadır. UV konsantrasyon filtreleri ve IL 1700 Research Radiometer cihazından oluşan algılayıcı fotodedektör Şekil.-2' de (UV ışınım düzeyi ölçümleri düzeneği) görülmektedir. Morötesi konsantrasyon filtresi (365 nm) ve dağıtıcı ile birlikte kullanılan sensörün hassaslığı ise Grafik 2' de verilmektedir. Yüksek hassaslığa sahip bu tip fotodedektörler hassas ölçümlerde kullanılmaktadır. Grafikten anlaşılacağı gibi fotodedektörün hassaslığının maksimum olduğu dalga boyu 365 nm dir.

1.3. Dedektör Hassaslığının belirlenmesinde kullanılan teknik yöntemler.

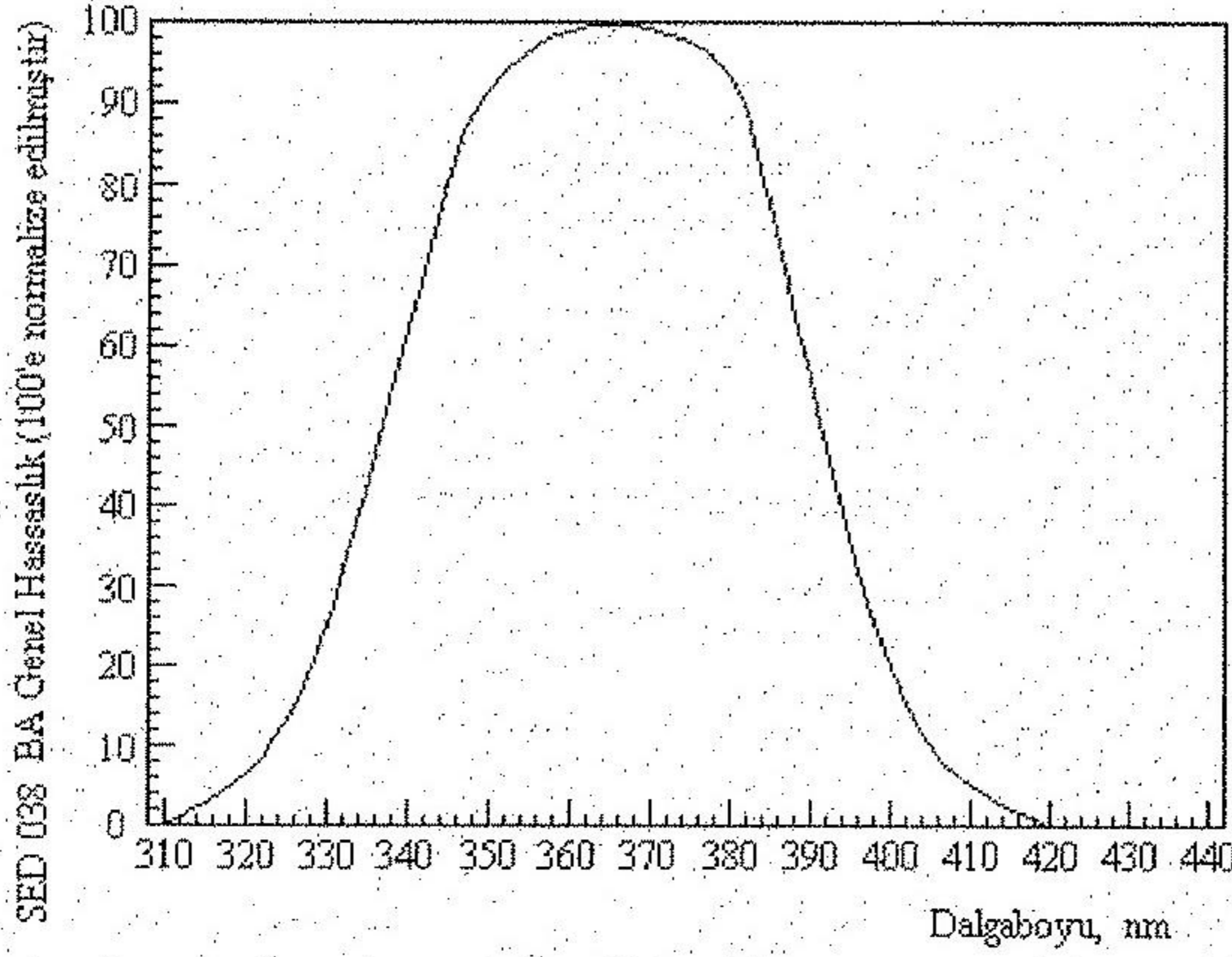
Dedektör hassaslığının belirlenmesinde kullanılan teknik yöntemlerden bazıları şöyledir[5].

1. Lazer-tabanlı metod.

Bu metotta dedektörün, dalgaboyu ayarlanabilir lazerden elde edilen monokromatik ışınımına karşı hassaslığı ölçülmektedir.

2. Çift monokromatör metodu.

Bu metodu belli bir spektral aralığa sahip kaynaktan çıkan ışınım monokromatör içerisine gönderilir ve çıkışta monokromatik ışınım elde edilir.



Grafik 2. SED 038 BA Genel hassaslığının dalgaboyuna göre değişimi.

Lazere dayalı yöntemlerin, yüksek doğruluğa ve yüksek spektral güç değerlerine sahip olmasına karşın ölçümlerin çok zaman alması ve pahalı olması gibi dezavantajları vardır. Çift monokromatör metodunun kullanımı ise kolaydır, fakat çıkış gücü düşüktür (350-400 nm'de 10 nm band genişliğinde 50-100 μ W elde edilir). Bu yüzden daha yüksek çıkış gücünde ışınım elde etmek için tek monokromatör kullanımını geliştirme çabaları vardır.

Işık kaynağı olarak 1kW 'lık xenon ve mercury-xenon lambaları kullanılmaktadır. Xenon lamba 254-400 nm dalagaboyu arasında kesintisiz ışınım yaymaktadır. Fakat mercury-xenon lamba, cıvanın ışınım yayma dalgaboyunda seriler halinde değişik şiddetlerde spektral çizgilere sahiptir. Mercury-xenon lambaların bu özelliği yüksek ışınım değerleri gerektiren ölçümler için uygundur. Kaynaktan çıkan ışınım monokromatörün giriş yarığı üzerine kırılma optiği kullanılarak düşürülür. Tek monokromatör kullanmanın temel amacı kaçak ışıktan kurtulmaktır. Kaçak ışığı azaltmak için monokromatörün önüne UV seçici dikroik ayna ve su filtresi yerleştirilir. Monokromatörün çıkış yarığındaki ışık dedektörün üzerine düşürülür. Üç boyutta hareketi sağlayan mekanik hareket düzeneği üzerine oturtulan dedektör üzerine düşen maksimum ışınım bu mekanik düzencele ayarlanır. Spektral bant genişliği 5-10 ve 20 nm 'ye göre değişik yarı genişlikleri kullanılır.

Spektral hassaslık ölçümlerinde ulusal izlenebilirliği sağlamak için aşağıdaki yöntemler kullanılmaktadır;

1. Kaplamalı silikon fotodiyod ışınım düzeyi hassaslığı ölçümleri için kalibreli standart çiftli monokromatör kullanılır. Bu kalibrasyon tekli monokromatör sisteminde temel transfer standardı oluşturulur.
2. Çalışma standardı dedektörünün kalibrasyonu (bu dedektör bir termopil veya ikinci bir silikon dedektör olabilir)
3. Müşterinin dedektörü ise ikinci maddede anlatılan çalışma standardına göre gerçekleştirilir.

365 nm' de elde edilen en iyi kalibrasyon belirsizliği, (k=2) %95 güvenilirlilik düzeyi için \pm %4.0'dır.

2. SONUÇ

UME Optik Laboratuvarında kurulmuş olan 365 nm morötesi ışınım ölçüm düzeneği sayesinde endüstride yaygın olarak kullanılmakta olan W/m^2 cinsinden morötesi ışınım düzeyi ölçerlerin kalibrasyon ihtiyacı karşılanmıştır. Gelecekte endüstriden gelebilecek farklı dalgalı boylarındaki ışınım düzeyi ölçerlerin kalibrasyon talepleri gözönünde bulundurularak çeşitli dalgalı boylarına yönelik altyapı çalışmaları devam etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Alex Ryer. Light Measurement Handbook. International Light Inc. 1998, s.5-6.
- [2] A. Meyer, E.Zeytz. Ultraviolet radiation. 1952.
- [3] A.A. Sokolov, I.M. Ternov. Relyavitisticeskiy elektron. 1974. Moskow. 624 s.
- [4] Tiede UV Hand Light Oparation Manual.
- [5] UV NEWS. Issue 2 / March 1999, s. 14-15