

RADYOMETRİ VE FOTOMETRİ İÇİN YENİ KALİBRASYON STANDARTLARI VE YÖNTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Şenel Yaran¹, Zühal Alpaslan Kösemen¹, Saulius Nevas²,

¹ TUBITAK UME, Türkiye

² Physikalisch-Technische Bundesanstalt-PTB, Germany

senel.yaran@tubitak.gov.tr

zuhal.kosemen@tubitak.gov.tr

Saulius.Nevas@ptb.de

ÖZET

Çeşitli optik uygulamalarında kullanılan ışınım kaynaklarının karakterizasyonu ve kalibrasyonları kapsamında gerçekleştirilen ölçümlerin doğruluğu ve uluslararası standart birimleri (SI- Système international) doğrultusunda izlenebilirliğinin sağlanması önemli bir konudur. Bu ölçümlerde kullanılan spektrometrik ölçüm cihazlarının kalibrasyonları, tungsten flamanlı ışınım kaynakları, kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ancak, tungsten flamanlı aydınlatma ürünlerinin enerji verimliliğinin düşük olması nedeniyle üretimi aşamalı olarak durdurulmuş ve dolayısıyla bu standart ışınım kaynaklarının temin edilmesi zorlaşmıştır. Bu proje, ultraviyole, görünür ve yakın kızılötesi (UV / VIS / NIR) dalgaboyu aralıklarındaki tayfsal ışınım birimini aktarmak için yarı iletken teknolojisi gibi yeni teknolojiler kullanılarak uygun transfer standart ışınım kaynakları ve alternatif prosedürler sağlamayı ve bunların kullanımının yaygınlaştırılmasını amaçlamaktadır.

Anahtar Kelime: LED, tungsten flamanlı kaynaklar, spektrometre, kalibrasyon

1. GİRİŞ

Yapay ve doğal ışık kaynaklarının tayfsal ışınım değerinin doğru bilgisi, endüstriyel (UV iyileştirme, dezenfeksiyon, fotovoltaik ekipman, genel ve bahçe aydınlatması vb.), çevresel (güneş ışını, temel iklim değişkenleri vb.), tıbbi (güneş yatakları, fotobiyolojik tedavi vb.) veya bilimsel (analitik spektroskopi, plazma vb.) uygulamaları için temel öneme sahiptir. Tayfsal ışınım ölçümlerini gerektiren uygulama alanlarının çeşitliliği ve dolayısı ile tayfsal ışınım ölçüm ihtiyacı teknolojideki gelişmeler ile birlikte devamlı artmaktadır.

Optik ışınım kaynaklarının tayfsal özellikleri hakkında yüksek doğrulukla veriye erişilebilir olması, daha yüksek kaliteli ürünler, bilgiler ve hizmetlerin üretilmesi için teknolojik bir gerekliliktir.

Mevcut durumda metroloji alanında kullanılan ışınım standartları tungsten flamanlı ışınım kaynakları olup enerji verimliliklerinin çok kötü olması

nedeniyle üretimi durdurulmuş ve yeni teknoloji ürünlerin kullanımı devletler ve uluslararası kuruluşlar tarafından teşvik edilmektedir

Bu Radyometri Ve Fotometri İçin Yeni Kalibrasyon Standartları Ve Yöntemlerinin Geliştirilmesi projesi ile optik ışınım olarak doğal ve yapay kaynakların tayfsal ışınım değerinin SI birimlerine izlenebilir olarak ölçümünü sağlamak ve bu ölçümler için gereken metrolojik altyapıyı geliştirmek amaçlanmıştır.

2. İHTİYAÇLAR

Geride bıraktığımız yüz yıl içerisinde metroloji alanında kullanılan standart ışınım kaynakları, tungsten flamanlı ışınım kaynaklarıdır. Bu standart kaynaklar kullanılarak düşük doğruluklara sahip ışınım kaynaklarının ve spektrometrelerin kalibrasyonları kaynak tabanlı olarak yapılmıştır.

Spektrometrelerin kalibrasyonunda yıllardır tungsten

flamanlı standart ışınım kaynakları, 250 nm ile 2500 nm tayfsal aralığında tayfsal ışınım birimini yaymada kullanılmıştır. Ancak bu tür lambaların pazardaki bulunabilirliği ve metrolojik amaçlar için uygulanabilirliği, 2009 yılında Avrupa Komisyonu tarafından çıkarılan ışık kaynaklarına getirilen yasağın ardından azalmıştır [1]. Bunun sonucunda başka ışınım kaynakları arayışı başlamış ve yarı iletken gibi yeni teknolojik ürünlere geçiş yapılması ihtiyacı oluşmuştur.

Bu nedenle, metroloji alanında da acil olarak yeni teknoloji ışınım kaynakları kullanılarak alternatif standart ışınım kaynaklarının oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca, detektör tabanlı izlenebilirlik yayma yöntemlerinin de geliştirilmesine acil ihtiyaç vardır.

Yarı iletken aydınlatma ürünlerine geçiş ile tetiklenen yeni referans standartlar ve izlenebilirlik yöntemleri ihtiyacı, Avrupa Ulusal Metroloji Enstitüleri Birliği (EURAMET) [2], Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) [3] ve Uluslararası Ölçü ve Tartı Komitesi'nin (CIPM) Işık Ölçüm ve Radyometri Danışma Komitesi (CCPR) [4] tarafından araştırma strateji belgelerinde ifade edilmiştir.

EURAMET ArGe proje çalışmaları kapsamında bu ihtiyacın giderilmesi amacıyla 2022 yılında bir projenin başlatılmasına karar verilmiştir. Bu proje, TÜBİTAK UME'nin de içerisinde olduğu 17 ortaklı bir projedir. Proje çalışmaları Haziran 2023 tarihinde başlamış ve Haziran 2026 tarihinde tamamlanacaktır.

Projenin amaçları şunlardır:

I. Tungsten flamanlı ışınım kaynaklarına dayanan mevcut transfer standartlarını değiştirmek için dar bant ve geniş bant LED kaynakları, ışılan boyalı entegre

küreler, lazerle çalışan plazma ışık kaynakları (LDLS) ve geniş bant beyaz ışık lazerler gibi yeni teknoloji ürünleri üzerine inşa edilmiş ultraviyole, görünür ve yakın kızılötesi (UV-VIS-NIR) tayfsal aralıklarda tayfsal ışınım için yeni transfer standart kaynakları geliştirmek. Yeni standart kaynakların tayfsal ışınım için gereksinimleri şunlardır: i) iyi tanımlanmış ve amaç için uygun tayfsal ve geometrik özellikler, ii) uzun vadeli kararlılık, iii) tekrarlanabilirlik, iv) sağlamlık ve v) mevcut kalibrasyon sistemleri ile uyumluluk. Yeni standart kaynakların, belirsizliklerinin %0.5 ($k = 2$) kadar düşük olması hedeflenmektedir.

II. Işınım biriminin oluşturulması / yayılmasının kaynak tabanlı olmasına alternatif olarak, tayfsal ışınım ölçümlerinin dedektör tabanlı izlenebilirliğini sağlamak için yeni yöntemler geliştirmektir. Bu, i) transfer standardı olarak kullanılacak spektrometrelerin özelliklerinin minimum gereksinimlerinin tanımlanması ve projedeki çalışmalar için donanımın seçilmesini içerecektir, ii) seçilen donanımların tüm ilgili özelliklerinin kapsamlı karakterizasyonu ve tayfsal ışınım tepkisine göre kalibrasyonu, iii) transfer standart spektrometrenin esnek bir dijital ikiz modelinin geliştirilmesi; bu, donanımların karakterizasyon ve kalibrasyon sonuçlarının son kullanıcı uygulamalarına aktarılmasını sağlayacak ve aynı zamanda ilişkili ölçüm belirsizliklerinin değişen ölçüm koşullarında belirlenmesine imkan tanıyacaktır. Ayrıca, iv) bir spektrometre cihazından diğerine kalibrasyon sonuçlarının transfer edilmesi için gerekenlerin ayrıntılı olarak tasarlanması ve belgelenmesi gerekmektedir.

III. Birinci ve ikinci amaçlar doğrultusunda geliştirilecek yeni kaynak tabanlı transfer standartları ve detektör tabanlı izlenebilirlik yöntemlerinin, geçerliliğini sağlamaktır ve tayfsal ışınım ölçümlerini içeren en az üç son kullanıcı için, toplam belirsizlikleri %1 ($k = 2$) kadar düşük olacak şekilde metrolojik uygulanabilirliklerini göstermektedir. Bu, laboratuvarlar arası karşılaştırmalar ve son kullanıcı uygulamalarını içeren bir ölçüm karşılaştırması aracılığıyla gerçekleştirilecektir (örneğin güneş ışını ölçümleri, fotovoltaikler, aydınlatma ve renk ölçümleri).

IV. Yeni geliştirilen transfer standart ışınım kaynaklarının kullanımı, spektrometrelerin transfer standart donanımı olarak seçimi ve ilgili kalibrasyon prosedürleri ile kalibre edilmiş spektrometrelerin dijital ikizinin kullanımı için uygulama kılavuzları geliştirmektir. Yeni teknoloji transfer standart kaynaklarının ve kalibrasyon prosedürlerinin kullanımı için uygulama kılavuzları, ölçüm tedarik zinciri (kalibrasyon ve test laboratuvarları), standart geliştirme kuruluşları (CIE Bölüm 2), teknik komiteler (EURAMET TC PR, CCPR) ve son kullanıcılar (spektrometre üreticileri ve kullanıcıları) tarafından benimsenmelerini kolaylaştırmak ve entegre bir Avrupa metroloji altyapısı oluşturmak için gereklidir.

V. Entegre bir Avrupa metroloji altyapısının kurulmasını ve projede geliştirilen teknoloji ve ölçüm altyapısının ölçüm tedarik zinciri (kalibrasyon ve test laboratuvarları), standart geliştirme kuruluşları (CIE Bölüm 2), teknik komiteler (EURAMET TC PR, CCPR) ve son kullanıcılar (spektrometre üreticileri ve kullanıcıları) tarafından benimsenmesini

kolaylaştırmak için gerekli altyapıyı oluşturmak ve yaygınlaştırmaktır.

3. SONUÇ

Bu proje, mevcut teknolojinin dışında yeni teknolojiler kullanarak tayfsal ışınım için transfer standartları geliştirecek ve UV-VIS-NIR tayfsal aralığında yeni teknoloji kaynakları kullanılarak, tayfsal ışınım biriminin transfer belirsizliklerini (%0.5, $k=2$) kadar düşük seviyelere indirerek yaygınlaştırmayı hedeflemektedir. Yeni teknoloji tabanlı kaynaklar için adaylar, dar ve geniş bant LED'ler, ışık veren boyalar, lazerle çalışan ışık kaynakları, geniş bant lazerler ve diğer ticari ürünler gibi cihazları içermektedir. Ayrıca, geliştirilen kaynaklar, ile spektrometrelerin kalibrasyonu araştırılacaktır.

Bu proje (22IEM05 NEWSTAND), Avrupa Metroloji Ortaklığı ve Avrupa Birliği'nin Horizon 2020 araştırma ve inovasyon programından fon almıştır.

KAYNAKLAR

- [1] DIRECTIVE 2009/125/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 October 2009, "Establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products," OJ L285, 10–35 (2009).
- [2] EURAMET Strategic Research Agenda for Metrology in Europe, V1.0 (03/2016), <https://www.euramet.org/publications-media-centre/documents/>
- [3] CIE Research Strategy 4: New Calibration Sources and Illuminants for Photometry, Colorimetry, and Radiometry, [http://files.cie.co.at/CIE%20Research%20Strategy%20\(April%202020\)%20-%20Topic%204.pdf](http://files.cie.co.at/CIE%20Research%20Strategy%20(April%202020)%20-%20Topic%204.pdf)
- [4] CCPR Strategy Document 2022-2032, available at

<https://www.bipm.org/en/committees/c/cpr>