

# İŞİTME DEĞERLENDİRMELERİ İÇİN METROLOJİK İZLENEBİLİRLİK SORUNLARI

**Enver SADIKOĞLU**  
**Eyüp BİLGİÇ**

## ÖZET

Sağlık taramalarının ayrılmaz bir parçası olan işitme değerlendirmeleri; odyometre, otoakustik emisyon cihazı, ABR cihazı gibi çok geniş yelpazedeki ölçüm araçları ile gerçekleştirilen ölçümlerin sonuçlarına dayanmaktadır. Gerçekleştirilen ölçümlerin doğruluğu ve güvenilirliği, dolayısıyla işitme değerlendirmesinin doğruluğu ve değerlendirme sonucunda uygulanan tedavi veya işitme kayıplarına göre işitme araçlarının seçimi, ölçümlerde kullanılan cihazların düzenli olarak gerçekleştirilen kalibrasyonlara bağlıdır. Ancak işitme değerlendirmesi süreci ile ilgili odyoloji dünyasının halen dile getirdiği ve metroloji enstitülerinin gündemine getirdikleri bazı metrolojik izlenebilirlik problemleri bulunmaktadır. İşitme değerlendirmeleri ve odyolojik ölçümlerin güvenilirliği ve metrolojik izlenebilirlik problemlerini kısmen de olsa çözmek üzere 2012 – 2019 yılları arasında Avrupa Birliği desteği ile büyük ölçekli ve çok katılımlı iki adet araştırma projesi yürütülmüştür. Yürütülen projelerde TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) de ortak olarak etkin görev almıştır. Bu bildiri işitme değerlendirmelerindeki metrolojik izlenebilirlik sorunlarının çözümü için yürütülmüş olan projeler kapsamındaki faaliyetleri ve çıktılarını özetlemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İşitme değerlendirmesi, metrolojik izlenebilirlik, kulak simülatörü

## ABSTRACT

Hearing assessment is one of the elements of the health screening. Hearing assessment is based on measurements performed by a wide variety of measurement tools such as audiometers, otoacoustic device, ABR device, etc. Accuracy and reliability of performed measurements, as a result efficiency of applied treatment and choice of correct hearing aids, strongly depends on periodic calibration of devices used for audiological measurements. However there are few problems concerning to calibrations and they have to be resolved for improving the current practice in audiometry. The problems concerning with metrological traceability and adequacy of calibration methods. To overcome these problems, which were pronounced by audiology community and recognized by National Metrology Institutes two joint research projects funded by European Commission were carried out from 2012 to 2019. This paper outlines activities and outcomes of these projects, where TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü was an active partner.

**Key Words:** Hearing assessment, metrological traceability, ear simulator

## 1. GİRİŞ

Günümüzde her bir birey yaşamı boyunca büyük bir olasılıkla işitme değerlendirmesine tabii tutulmaktadır. İşitme değerlendirmeleri; odyometre, otoakustik emisyon cihazı, ABR cihazı gibi çok geniş yelpazedeki ölçüm araçları ile gerçekleştirilen ölçümlerin sonuçlarına dayanmaktadır. Gerçekleştirilen ölçümlerin doğruluğu ve güvenilirliği, dolayısıyla işitme değerlendirmesinin doğruluğu ve değerlendirme sonucunda uygulanan tedavi veya işitme kayıplarına göre işitme araçlarının seçimi, ölçümlerde kullanılan cihazların düzenli olarak ve ulusal ölçüm standartlarına izlenebilir gerçekleştirilen kalibrasyonlara bağlıdır.

İşitme değerlendirmesi süreci ile ilgili odyoloji dünyasının dile getirdiği ve odyolojik cihazların kalibrasyonu konusunda hizmet veren metroloji enstitülerin dikkatini çektiği bazı metrolojik izlenebilirlik problemleri bulunmaktadır. Bunlardan birincisi işitme değerlendirmesinde önemli yeri olan odyometre ve benzeri cihazların kalibrasyonlarında kullanılan referansların yetersizliğidir. Bu tür cihazların kalibrasyonlarında genellikle insan kulağının ses iletimini sergileyebilen yapay kulak ve kulak simülatörü gibi çeşitli araçlar kullanılmaktadır. Bu araçlar yetişkin insanın kulak anatomisi ve özelliklerini esas alarak tasarlanmıştır. Ancak yenidoğan ve küçük çocuklar da kalibrasyonu kulak simülatörleri ile yapılmış cihazlarla işitme taramalarına tabi tutulmaktadır. Bu durumda tarama sonuçları tam gerçeği yansıtmamaktadır. Tarif edilmiş sorunun çözümü için tüm yaş gruplarının kulak özelliklerini simüle edebilecek kalibrasyon araçlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Diğer önemli sorun ise odyolojik ölçümlerde kullanılan cihazların kalibrasyon yöntemiyle ilgilidir. Kalibrasyonlar genellikle saf ton akustik sinyallerle yapılmakta olup, gerçek odyolojik uygulamalarda ise değişik tür (darbe, sinüs içerikli darbe sinyali (tone burst)) ve sürelerde uyarı sinyalleri kullanılmaktadır. Bu nedenle halen kullanılmakta olan referans standartların da saf tondan farklı sinyallere karşı tepkilerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

## 2. ODYOLOJİK ÖLÇÜMLERDE METROLOJİK İZLENEBİLİRLİK

Odyolojik ölçümlerin SI birimlerine izlenebilirliği ses basınç birimi standardı üzerinden sağlanmaktadır. Ses basınç biriminin birincil standardı IEC 61094-2 standardına [1] uygun olarak gerçekleştirilen referans mikrofonların karşılıklı kalibrasyonu üzerinden oluşturulmaktadır. Birincil standardın değerinin alt seviyelere aktarımı çalışma standardı niteliğindeki mikrofonların (WS1, WS2) karşılaştırma yönteminin [2] uygulandığı kalibrasyon yoluyla sağlanmaktadır. İnsan kulağının ses iletimini sergileyebilen yapay kulak ve kulak simülatörü cihazlarının kalibrasyonları transfer standardı mikrofonları ile yapılmakta ve bu araçlar odyometre ve benzeri cihazların kalibrasyonunda referans olarak kullanılmaktadır. Kalibrasyonu yapılmış odyometre ve diğer odyolojik cihazlarla rutin işitme taramaları gerçekleştirilmektedir. Böylece rutin olarak gerçekleştirilen işitme taramaları kapsamındaki ölçümlerin sonuçlarının ses basınç birimi Pascal'a izlenebilirliği sağlanmış olmaktadır.

Odyolojik ölçümlerin kulak simülatörü üzerinden metrolojik izlenebilirliğinin kurulmuş olmasına rağmen halen piyasada bulunan ve hatta standartlaştırılmış hale gelmiş [3,4] ürünler (Şekil 1) 1950 – 1970 yılları arasında oluşan deneysel veriye dayanarak üretilen ürünlerdir. Bunlar sadece yetişkin kulak yapısı ve anatomisine uygun olduğu için bu cihazların kullanımı ile kalibrasyonları gerçekleştirilen odyometrik cihazlarla işitme değerlendirmesi yapıldığında farklı yaş grubundaki insanlar için gerçekçi sonuçlar elde etmeme olasılığı yüksektir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için bazı üreticiler özellikle bebek kulak yapısına uyarlanmış kulak simülatörü [5,6] üretimini gerçekleştirmiş (Şekil 2), ancak bu ürünün de halen standartlaştırılmış olan ürünle (yetişkin kulak simülatörü) birlikte yetersiz kaldığı açıktır.



**Şekil 1.** Ticari olarak temin edilebilen yapay kulak [7,8] ve kulak simülatörü [9] örnekleri



**Şekil 2.** Bebek için geliştirilmiş kulak simülatörü [6]



**Şekil 3.** EARS projesi kapsamında geliştirilmiş kulak simülatörü prototipi [10]

### 3. YENİ NESİL KULAK SİMÜLATÖRLERİ ve EARS II PROJESİ

Avrupa Birliği Metroloji Araştırma Programı (EMRP) kapsamında 2012 – 2015 yılları arasında yürütülmüş olan "Evrensel Kulak Simülatörü ve İşitilemeyen Sesin Algılanması" (EARS) projesi çerçevesinde yenidoğan çocuklara hitap edecek yeni nesil kulak simülatörü üretilmiş ve karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir [10-12]. Bugüne kadar üretilen Şekil 3'teki kulak simülatörü haricindeki tüm ürünler geçmiş yüzyılda klinik deneylerde elde edilen verileri esas alarak üretilmiştir. Oysa son 15 yıl içinde gerçekleştirilen deneysel çalışmalar yeni nesil evrensel kulakların tasarım ve üretiminin yapılması için çok zengin veri sağlamıştır [13,14]. Bu veriler incelendiğinde EARS projesi kapsamında üretilen evrensel kulak simülatörünün tek başına tüm yaş grupları için yetersiz kalacağı ortaya çıkmıştır.

EARS projesi kapsamında çözülemeyen sorunları araştırmak üzere Avrupa Birliği destekli Avrupa Metroloji Araştırma ve İnovasyon Programı (EMPIR) kapsamında 2016 yılında yürürlüğe girmiş yeni araştırma projesi kapsamında çalışmalara devam edilmiştir. Açık adı "Çağdaş işitme değerlendirme ve toplum sağlığının yeni nesil gürültü kaynaklarından korunması için metroloji" [15] ve kısa adı EARS II olan proje 5'i farklı ülke Ulusal Metroloji Enstitüleri olmak üzere 12 ortaklı konsorsiyum tarafından yürütülmüş ve Mayıs 2019 döneminde başarıyla tamamlanmıştır. Proje ana hatları ile 7 iş paketinden oluşmuş ve bu iş paketlerinden aşağıda başlıkları verilmiş ikisi doğrudan yeni nesil kulak simülatörlerinin geliştirilmesi ve standardizasyon çalışmalarına girdi oluşturma amaçlarına yöneliktir.

- İş paketi 1: Evrensel kulak simülatörü kullanılarak odyometrik cihazların kalibrasyonu için stratejilerin geliştirilmesi,
- İş paketi 2: Evrensel kulak simülatörünün klinik uygulaması için normatif ve stratejik araştırmaların yapılması,

EARS II projesinin İş Paketi 1 kapsamında birkaç simülatörden oluşan kulak simülatörü ailesini oluşturacak ürün grubunun tasarlanarak üretilmesi hedeflenmiştir. Ancak simülatörlerin tasarım ve geliştirme çalışmalarına başlamadan yeni nesil kulak simülatörlerinin hangi yaş gruplarına hitap edeceği ve toplam sayısının kaç olacağı konusunda tereddütte kalınmıştır. EARS projesinin son aşamasında yapılan değerlendirmelerde tüm yaş gruplarını etkin ve doğru bir şekilde kapsama almak için halen kullanılmakta olan tek kulak simülatörü yerine farklı yaş grupları için toplam 5 adet simülatörünün tasarlanıp üretilmesi telaffuz edilmiş olmasına rağmen [16], bu çözümün kullanıcılar açısından pratik olmadığı kararına varılmıştır. EARS II projesi kapsamında literatürde bulunan verilerin incelenmesi ve potansiyel kullanıcı ve paydaşlarla yapılan görüşmeler sonucunda tasarlanıp üretilerek kullanıma alınacak kulak simülatörleri sayısının 3 ile sınırlı tutulmasına karar verilmiştir. Bu simülatörler sırasıyla 3 ay, 24 ay yaş grupları ve yetişkin kulağına uygun olacağı belirlenmiş ve simülatörler Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S (BKSv, Danimarka) firması tarafından üretilmiştir.

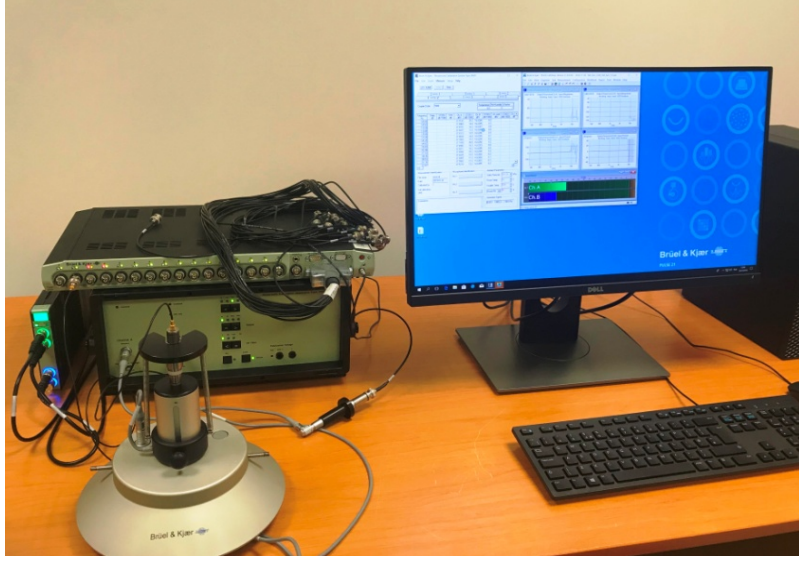
BKSV tarafından üretilmiş kulak simülatörleri Şekil 4'te [17] gösterilmiştir. Üretilmiş kulak simülatörünün yapısında aksel simetriye sahip bir kulak kanalı Helmholtz rezonatörü ile sonlandırılmıştır. Bu tasarım EARS projesindeki yeni doğan kulak simülatörü tasarımına benzemektedir. Ancak yeni tasarım kulak simülatörünü daha kompakt hale getirmiştir. Ayrıca kulak simülatörlerinin kalibrasyon amacıyla kullanıldığında farklı adaptörlerle istenilen değişik konfigürasyonlarda akustik bağlaşımların sağlanmasına önem verilmiştir. Yeni nesil kulak simülatörlerinde kullanılan mikrofonun kolay bir şekilde sökülerek kalibrasyonunun yapılabilmesi hususuna da dikkat edilmiştir. Simülatörlerle birlikte, dış besleme gerilimine ihtiyaç duyan CCLD tip mikrofonlar (Brüel & Kajer Tip 4988-B) kullanılmıştır. Bu mikrofonlar bazen "Deltatron" veya "IEPE" tip olarak ta adlandırılmaktadır.



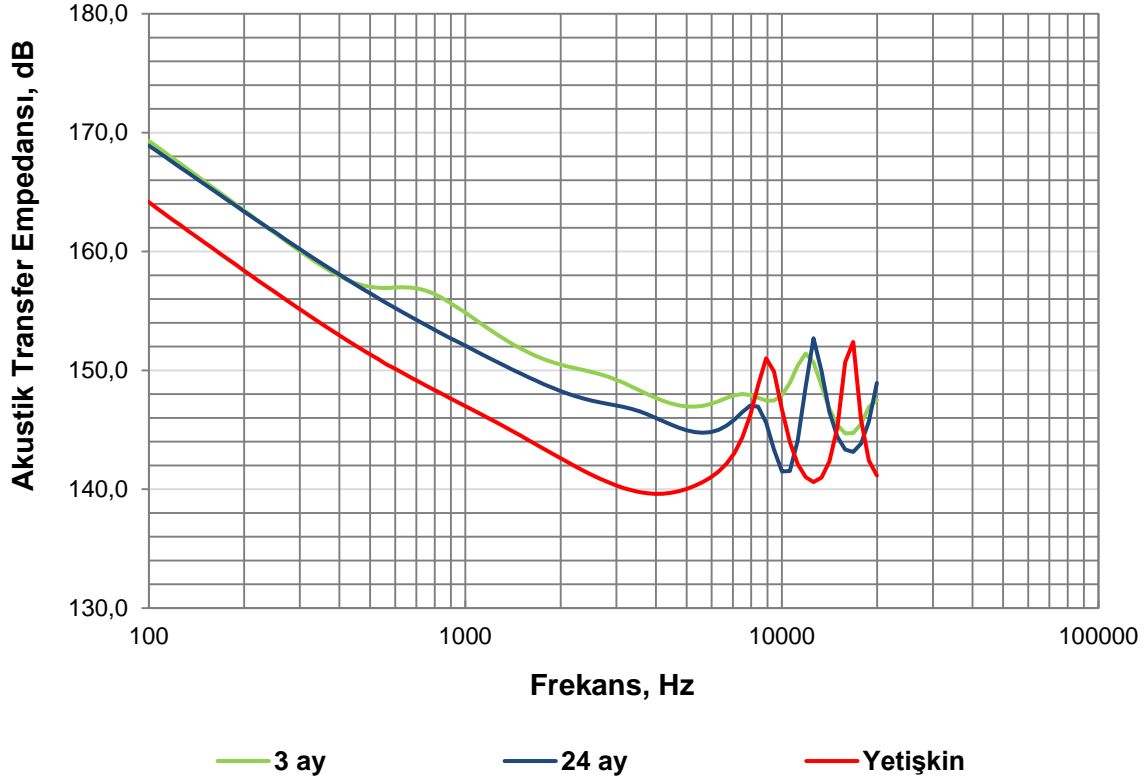
Şekil 4. Yeni nesil kulak simülatörleri [17]

#### 4. YENİ NESİL KULAK SİMÜLATÖRLERİNİN KARAKTERİZASYON ÖLÇÜMLERİ

EARS II projesi kapsamında üretilmiş kulak simülatörlerinin gerekli performans özelliklerine sahip olup olmadığını incelemek üzere proje ortaklarından dört Ulusal Metroloji Enstitüsü ve Atanmış Kurum (Designated Institute) tarafından karakterizasyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Karakterizasyon ölçümleri için temel ölçüm büyüklüğü olarak kulak simülatörlerinin kompleks akustik transfer empedansı seçilmiştir. Akustik transfer empedansı ölçümlerinde, IEC 60381-1 standardının [3] Ek C'sinde tarif edilmiş yöntem kullanılmıştır. TÜBİTAK UME'de ölçümlerde kullanılan düzenek Şekil 5'te gösterilmiştir. Akustik transfer empedansı ölçümleri 100 Hz – 20 kHz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. Bu aralık bugüne kadar odyolojik ölçümlerde kapsama alınan en geniş aralık olmuştur. TÜBİTAK UME'de gerçekleştirilen ölçümlerin sonuçları Şekil 6'da sunulmuştur. Şekil 6'daki grafiklerdeki veriler incelendiğinde akustik transfer empedansının mutlak değerlerinin halen standartlaştırılmış simülatörleri değerlerinden [3] farklı olduğu görülmektedir. 3 ay, 24 ay ve yetişkin kulak simülatörlerinin iç hacimlerinin farklı olması dikkate alındığında bu beklenen ve doğru bir sonuçtur. Ancak kulak simülatörlerinin çalışma performansını açısından değerlendirilen ve tasarlanmış olan simülatörlerinin uygun olup olmadığına karar verme açısından en önemli husus transfer empedansı eğrilerinin şeklidir. Bu husus açısından yeni nesil simülatörlerinin ileriki yıllarda standartlaştırılmış ürün olma açısından gerekli kriterleri sağlamıştır.



Şekil 5. TÜBİTAK UME'de akustik transfer empedansı ölçümlerinde kullanılan düzenek



Şekil 6. 3 kulak simülâtörünün akustik transfer empedansı garfikleri

Kulak simülâtörlerinin farklı çevresel şartlarda kullanılabileceği düşünülürse bu ürünlerin performansı açısından simülâtörlerin sıcaklık ve statik basınç gibi çevresel şartların değişiminden hangi ölçüde etkilenebileceğinin araştırılması da önem taşımaktadır. Bu nedenle yeni üretilmiş kulak simülâtörlerinin akustik transfer empedansı ölçümleri farklı statik basınç ve sıcaklık şartlarında gerçekleştirilmiştir. Statik basıncı 95 kPa – 105 kPa ve ortam sıcaklığı 18°C – 28 °C aralığında değişik değerlerde sabit tutularak ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlardan statik basınç ve sıcaklık katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Örnek olarak 1 kHz frekansı için belirlenmiş statik basınç ve sıcaklık katsayısı değerleri Tablo 1'de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Statik basınç ve sıcaklık katsayısı değerleri

Kulak Simülatorü	Basınç katsayısı (dB/kPa)	Sıcaklık katsayısı (dB/K)
3 ay	0,0798	0,0057
24 ay	0,0797	0,0042
Yetişkin	0,0801	0,0012

Tablo 1'deki veriler incelendiğinde kulak simülatorleri performanslarının statik basınç ve sıcaklık değişimlerinden etkilendiği görülmektedir. Ancak işitme değerlendirmelerinde yapılan ölçümlerin belirsizliklerinin frekansa bağlı olarak asgari 1 dB düzeyinde olduğu dikkate alınır, kullanım şartlarının standartlarda referans olarak tanımlanan şartlardan (statik basınç 101,325 kPa ve ortam sıcaklığı 23 °C) çok farklı olmadığı (statik basınç farkı 10 kPa ve üzerinde) durumlarda, kulak simülatorleri performanslarının nihai kullanıcıların ölçüm sonuçları açısından statik basınç ve sıcaklık etkilerinin göz ardı edilebileceğini göstermektedir.

Gerçekleştirilmiş olan karakterizasyon ölçümleri ile yeni nesil kulak simülatorlerinin uzun vadede standartlaştırılmış ölçüm aracı olabileceği teyit edilmiştir. Ancak kulak simülatorlerinin standartlaştırılmış ürün haline gelmesi için bu araçlara ait farklı tip odyometrelerde kullanılan farklı kulaklıklarla geçerli olacak Referans Eşdeğer Eşik Ses Basınç Düzeylerinin (Reference Equivalent Threshold Sound Pressure Level, RETSPL) belirlenmesi gerekir. Bu değerlerin belirlenmesi de ayrı bir araştırma çalışması gerektirmektedir. Bu çalışma sadece saf ton sinyallerle değil değişik tür (darbe, sinüs içerikli darbe sinyali (tone burst)) ve sürelerde uyarı sinyalleri ile de yapılmaktadır. Bu tip sinyallere karşı kulak simülatorlerinin tepkisi de halen ayrıntılı olarak araştırılmamış bir başka konudur.

Geçici (transient) sinyaller ile kulak simülatorü kalibrasyonu konusunda EARS II projesi kapsamında Danimarka Metroloji Enstitüsü (DFM) tarafından yeni bir ölçüm yöntemi denenmiş ve DFM tarafından geliştirilmiş yöntemle ölçümler Almanya Metroloji Enstitüsü'nde (PTB) tekrarlanmıştır. Gerçekleştirilmiş ölçümlerle ilgili bilgiler kısmen paydaşlarla paylaşılmış olmasına rağmen [18] gerekli araştırma çalışmaları halen devam etmektedir.

## SONUÇ

İşitme değerlendirmesi amacıyla gerçekleştirilen odyometrik ölçümlerin metrolojik izlenebilirliğini iyileştirmek ve gerçekleştirilen ölçümlerin güvenilirliğini arttırmak amacıyla 2012 – 2019 yılları arasında Avrupa Birliği desteği ile büyük ölçekli ve çok katılımlı iki adet araştırma projesi yürütülmüştür. Yürütülen projelerde TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) de ortak olarak etkin görev almıştır. Projelerin temel çıktılarından birisi olarak nitelendirilen yeni nesil kulak simülatorü ailesi üretilmiş ve simülatorlerin karakterizasyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yeni nesil kulak simülatorleri için gerçekleştirilen karakterizasyon ölçümleri sonucunda üretilmiş cihazların uzun vadede standartlaştırılmış ölçüm aracı olmaya uygunluğu teyit edilmiştir. Üretilen ürünlerin Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) tarafından yeni standart kapsamına alınması için halen eksik olarak görülen deneysel veriler tespit edilmiş ve bu verilerin elde edilmesi için yürütülecek araştırma çalışmaları için yol haritası belirlenmiştir.

**KAYNAKLAR**

- [1] IEC 61094-2, Electroacoustics- Measurement microphones - Part 2: Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2009
- [2] IEC 61094-5, Electroacoustics - Measurement microphones - Part 5: Methods for pressure calibration of working standard microphones by comparison, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2016
- [3] IEC 60318-1, Electroacoustics - Simulators of human head and ear - Part 1: Ear simulator for the measurement of supra-aural and circumaural earphones, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2009
- [4] IEC 60318-4, Electroacoustics - Simulators of human head and ear - Part 4: Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by means of ear inserts, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2010
- [5] Wulf-Andersen, P., Wille M., Two modified IEC 60318-4 ear simulators for extended dynamic range, Whitepaper, G.R.A.S. Sound and Vibration, Holte, Danimarka, 2016
- [6] Ear simulators and couplers for hearing aid testing, News, G.R.A.S. Sound and Vibration, Holte, Danimarka, 2016
- [7] Artificial ear – Types 4152 and Type 4153, Product Data, BP0265, Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, Naerum, Danimarka
- [8] Acoustic Couplers & Ear Simulators, Product Brochure, LARSON DAVIS, USA
- [9] Ear simulator – Type 4157, Product Data, BP0262, Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, Naerum, Danimarka
- [10] Karaböce, B., Sadıkoğlu, E., Bilgiç, E., Characterization and clinical trials of the prototype ear simulator designed for neonates hearing assessment, Acoustics Australia, 3:7 (2017), pp.1-8
- [11] Rodrigues, D., Lavergne, T., Olsen, E. S., Fedtke, T., Barham, R., Durocher, J.-N., Methodology of designing an occluded ear simulator, Acta Acustica united with Acustica, 101, 1007-1015, 2015
- [12] Barham, R., Olsen, E.S., Rodrigues, D., Barrera-Figueroa, S., Sadıkoğlu, E., Karaböce, B., The calibration of a prototype occluded ear simulator designed for neonatal hearing assessment applications, Journal of Acoustical Society of America, 140:2 (2016), pp. 806-813
- [13] Feeney, M.P., Sanford, C.A., Age effects in the human middle ear: Wideband acoustical measures, Journal of Acoustical Society of America 116(6) (2004), pp.3546-3558
- [14] Allen, J.B., Jeng, P.S., Levy, H., Evaluation of human middle ear function via an acoustic power assessment, Journal of Rehabilitation Research & Development, Vol. 42 (4) (2005), pp.63-78.
- [15] Metrology for modern hearing assessment and protecting public health from emerging noise sources - EARS II, Publishable summary, EURAMET, Braunschweig, Germany, 2016
- [16] The development of a universal ear simulator and its application in hearing screening and assessment, EMRP HLT01: Metrology for a universal ear simulator and the perception of non-audible sound, Workshop report, 2015
- [17] EARS II Project Newsletter No 2, April 2018, <https://www.ears-project.eu/ears2-downloads.html>
- [18] EARS II Project Newsletter No 4, November 2018, <https://www.ears-project.eu/ears2-downloads.html>

**ÖZGEÇMİŞ****Enver SADIKOĞLU**

1969 yılı Bakü doğumludur. 1992 yılında Bakü Devlet Üniversitesi Fizik Bölümünde Yüksek Lisans eğitimini tamamlamıştır. 1992 yılında Bakü Devlet Üniversitesi Yarınletken Fiziği Araştırma Laboratuvarında araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. 2001 yılında Azerbaycan Bilimsel Akademisi

---

Fotoelektronik Enstitüsü'nde doktora çalışmasını tamamlamıştır. 1993 yılından beri TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Akustik Laboratuvarlarında Başuzman Araştırmacı olarak ve TÜBİTAK UME'nin Kalite Yöneticisi görevlerini yapmaktadır. 2009 yılından beri Avrupa Metroloji Enstitüler Birliği (EURAMET)'nde Kalite Yöneticiliği görevini yürütmekte, ayrıca TÜRKAK Laboratuvar ve diğer ülkelerin akreditasyon kurumları tarafından düzenlenen akreditasyon denetimlerinde baş denetçi ve teknik denetçi olarak görev almaktadır. Birçok büyük ölçekli ulusal ve uluslararası araştırma projesinde yönetici veya uygulayıcı/araştırmacı olarak görev almıştır. Uluslararası hakemli dergilerde, ulusal ve uluslararası kongre ve konferanslarda 100'ün üzerinde makale ve bildirinin yazarıdır. "Metrologia", "Measurement" ve "Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences" gibi dergilerde hakemlik yapmaktadır.

### **Eyüp BİLGİÇ**

1966 yılı Ankara doğumludur. 1988 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Mühendislik Bölümünü bitirmiştir. 1993 yılında Anadolu Üniversitesi'nden Bilim Uzmanı (Yüksek Lisans), 2005 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nden Doktor ünvanı almıştır. 1991 yılından itibaren TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü Akustik Laboratuvarında çalışmaktadır. Halen Akustik Laboratuvarı sorumlusu, TÜRKAK akreditasyon faaliyetlerinde Baş denetçi, teknik alanda denetçi olarak görev yapmaktadır.