

GÜRÜLTÜ DOZU ÖLÇÜMLERİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER

Eyüp BİLGİÇ*
Enver SADIKOĞLU

* eyup.bilgic@tubitak.gov.tr

TUBITAK Ulusal Metroloji Enstitüsü, Gebze, KOCAELİ
Tel: 262-679 50 00

ÖZET

Kişiler, değişik gerekçeler ve nedenlerden dolayı buldukları ortamlarda, az veya çok olarak nitelendirdikleri gürültüye maruz kalmaktadırlar. Bir işyerinde çalışan kişilerin maruz kalabilecekleri gürültü sınır değerleri “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”nde [1] tanımlanmıştır. Çalışanların gürültü maruziyetlerini değerlendirirken bu yönetmelikte verilen sınır değerler kullanılmaktadır. Ölçümlerde standartlaşmış yöntemlerin kullanılması güvenilir ölçüm yapmanın vazgeçilmez bir unsurudur. Gürültü etkilenim düzeyinin doğru belirlenmesi, gürültünün karakteristiği, maruziyet süresi, ölçüm süresi, örnekleme vb. diğer parametrelere bağlıdır. Ölçüm sonuçlarını doğrudan etkileyen diğer bir önemli etken ise ölçümlerde kullanılan gürültü dozu ölçer cihazlarının tepkileridir. Bu bildiride gürültü dozu ölçer cihazı performansının gürültü dozu ölçümlerine etkisi konusunda değerlendirme sonuçları sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Gürültü maruziyeti, gürültü dozu ölçer, işitme sağlığı

ABSTRACT

Human are exposed to acoustical noise at various environments. Limits for noise exposure at working places are tabulated in “Environmental Noise Control and Assessment Regulation” [1] and they are used for evaluation of acceptability of environments and possible effect of noise on human health. Although the use of standardized measurement and evaluation methods is the main criteria for reliable measurements and correct decisions, there are many other parameters to be considered during measurements. Correct determination of exposed noise levels, exposure time, measurement time, sampling are some of these parameters. One of the critical parameters directly influencing correctness and reliability of measurement results is a performance of noise dosimeters used in measurements. This paper presents overview of the effect of noise dosimeter performance on the noise dose measurement results.

Key Words: Sound exposure, noise dosimeter, hearing health

1. GİRİŞ

Gürültü sanayileşme ve kentselleşmenin getirdiği olumsuz bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Çeşitli işyerlerinde farklı faaliyetlerde bulunan işçiler çalışma süresi boyunca az veya çok ölçüde gürültüye maruz kalmaktalar. Belirli süreler boyunca yüksek düzeyde gürültüye maruz kalmanın insan sağlığını ve yaşam kalitesini olumsuz etkilediği yapılan çeşitli araştırmalarla görülmüştür [2]. Gürültü, Dünya Sağlık Örgütü tarafından çevre kirliliğinin bir bileşeni olarak kabul edilmiş ve hemen hemen tüm gelişmiş ülkelerde kontrol altına almak için çeşitli direktifler ve yönetmelikler yayınlanmıştır [1,3]. Yayınlanan dokümanlarda çeşitli sanayi kuruluşlarında ve işyerlerinde çalışanların maruz

kalabilecekleri gürültü limit değerleri belirlenmiştir. Ayrıca gürültü düzeylerine göre uygulanacak bazı eylemler de yönetmeliklerde tanımlanmıştır.

Gürültü açısından değerlendirmelerin yapılması, doğru kararların verilerek uygun ve etkin eylemlerin planlanması açısından sanayi kuruluşları ve işyerlerinde gürültü ölçümlerinin gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Gürültü ölçümlerine ek olarak çeşitli öznel (örneğin; anket çalışmaları) ve nesnel değerlendirmeler de yapılabilir [4]. Gürültü ölçümlerinde doğru sonuçlara ulaşılması için ölçümlerin uluslararası kabul görmüş standart yöntemlere göre yapılması, uygun cihazların kullanılması en etkin unsurlardır. Gürültü ölçümlerinde izlenecek yöntemi tarif edilen çok sayıda uluslararası standart ve kılavuz niteliğinde doküman mevcuttur [5,6]. Kuruluşların gürültü ölçümleri yapması için yetkilendirilmesi dünyada ve ülkemizde son on yılda yaygın olarak kullanılan uygulamadır. Kurumların yetkilendirilmesinde en önemli kriterlerden birisi de yetki verilecek kuruluşların gürültü ölçümleri kapsamında akreditasyon belgesine sahip olmalarıdır.

Gürültü ölçümlerinde doğru yöntemler kullanılsa bile ölçümlerde kullanılan makine/teçhizatın performansı sonuçları ciddi bir şekilde etkileyebilmektedir. Bu nedenle ilgili standartlarda tarif edilen şartlara uygun cihazların kullanılması, bu cihazların düzenli olarak kalibrasyon ve ara kontrollerinin gerçekleştirilmesi, ölçümlerde kalibrasyon sonucunda cihazların güncel performansına göre düzeltmelerin dikkate alınması yapılan sonuçların doğruluğunu garanti altına alır.

Gürültü ölçümlerinde genellikle ses düzeyi ölçer cihazları kullanılmaktadır. Ses düzeyi ölçerlerin uyması gereken şartlar, ayrıca ses düzeyi ölçerlerin tip değerlendirme deneyleri ve periyodik testleri sırasıyla IEC 61672-1, IEC 61672-2 ve IEC 61672-3 standartlarında tanımlanmıştır [7-9]. Cihazların periyodik testleri ulusal ve uluslararası standartlara izlenebilir olarak birçok kuruluş tarafından yapılmaktadır.

İşyerlerinde çalışanların maruz kaldıkları gürültü dozunun belirlenmesi için daha pratik olmaları nedeniyle gürültü dozu ölçer veya kişisel gürültü (ses) maruziyet ölçerler olarak adlandırılan cihazlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu cihazların uyması gereken şartlar IEC 61252 standardında [10] tanımlanmıştır. Standartta ayrıca gürültü dozu ölçerlerin performansının belirlenmesi için bazı önerilen testler de tarif edilmiştir. Ancak genellikle gürültü dozu ölçerlerin kullanıcıları bu cihazların üreticilerinin önerilerine bağlı kalmakta ve üreticiler cihazların kalibrasyonlarının ses kalibratörleri kullanılarak yapılmasını önermektedir. Bu tip kalibrasyonlar cihazın performansı ile ilgili tam bilgileri vermemekle birlikte bazı durumlarda nihai sonuç aşamasında önemli hatalara yol açmaktadır.

2. GÜRÜLTÜ MARUZİYETİ VE GÜRÜLTÜ DOZU ÖLÇERLER

Gürültü ölçümlerinde temel ölçüm büyüklüğü ses basınç düzeyidir, ancak ölçümlerin amaçlarına bağlı olarak anlık ses basınç düzeyi, eşdeğer ses basınç düzeyi, ses etkilenim düzeyi gibi birçok büyüklük kullanılabilir. Bu büyüklüklerin tanımları ve belirleme yöntemleri çeşitli kaynaklarda verilmiştir [5]. Bir insanın maruz kaldığı gürültüyü ölçmek ve değerlendirmek için de çeşitli büyüklükler kullanılabilir. Bu büyüklüklerden en temeli ses maruziyetidir, ancak bu büyüklüğün adı dilimize gürültü maruziyeti olarak girmiştir. Gürültü (ses) maruziyeti, belirli bir etkinliğin süresi boyunca anlık A-ağırlıklı ses basıncı karesinin integrali şeklinde belirlenir [10,11]. Gürültü maruziyetinin hesaplanması için eşitlik (1) kullanılır.

$$E = \int_{t_i}^{t_f} p_A^2(t) dt \quad (1)$$

Burada;

- E : gürültü maruziyeti,
 p_A : A-ağırlıklı anlık ses basıncı,
 t : maruz kalınan zamandır,
 t_i : ölçüm başlangıç ve bitiş zamanı.

Gürültü maruziyetinin SI birimi "Pa²-s" olmasına rağmen uluslararası standartlar dahil birçok kaynakta maruziyet birimi olarak "Pa²-h" kullanılmaktadır [10]. Burada s, saniye ve h ise saat birimini

göstermektedir. Bazen gürültü maruziyeti gürültü dozu kavramı ile karıştırılmaktadır. Gürültü dozu yüzde (%) cinsinden ifade edilmekte olup, eşitlik (2) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$D = \left[\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right] \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de C_i belirli ses basınç seviyesine maruz kalınan toplam süre, T_i ise bu seviyedeki ses basınç düzeyinin (SPL) sağlık için tehlike arz etmemesi için maruz kalınması gereken toplam süredir. T_i değerlerinin belirlenmesi için iki temel kriter bulunmaktadır. Bunlar; bir insanın 8 saatlik süre boyunca maruz kaldığı gürültü dozunun %100 sayılması için limit ses basınç düzeyi ve gürültü dozunun ikiye katlanması için ses basınç düzeyi değişim değeridir. Anılan kriterler için geleneksel olarak iki uygulama mevcuttur ve farklı ülkelerde farklı kriterler kullanılmaktadır [12]. Bunlardan birisi Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu (ISO) kriteri diğeri ise ABD İş Sağlığı ve Güvenliği Departmanı (OSHA) kriterleridir. Ülkemizde ISO kriteri uygulanmaktadır. Buna göre bir insanın 8 saat boyunca 85 dB'lik ses basınç düzeyine maruz kaldığında %100 gürültü dozu almış sayılmaktadır [1]. Ayrıca maruz kalınan ses basınç düzeyinde 5 dB'lik artış, maruz kalınan dozu iki kat arttırmaktadır. Bu kriterlere göre eşitlik (2)'de verilen T_i süreleri eşitlik (3)'e göre belirlenmektedir.

$$T_i = \frac{8}{2^{(SPL-85)/5}} \quad (3)$$

Ayrıca günlük %100'lük gürültü dozu açısından müsaade edilen 8 saatlik zaman ortalamalı A-ağırlıklı ses basınç düzeyi ($L_{EX,8h}$) eşitlik (4)'e göre hesaplanmaktadır.

$$L_{EX,8h} = 10,0 \cdot \lg\left(\frac{D}{100}\right) + 85 \quad (4)$$

Matematiksel ifadelerle tarif edilen gürültü maruziyeti, müsaade edilen maruziyet süreleri, maruz kalınabilecek ses basınç düzeyleri ile ilgili bazı sayısal veriler Tablo 1 ve 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Maruz kalınan gürültü düzeyleri ve maruz kalınacak süreler

Maruz kalınan gürültü düzeyi, SPL (dBA)	Süre, T		Maruz kalınan gürültü düzeyi, SPL (dBA)	Süre, T	
	saat	dakika		saat	dakika
80	16		91	3	29
81	13	56	92	3	2
82	12	8	93	2	38
83	10	34	94	2	18
84	9	11	95	2	
85	8		96	1	44
86	6	58	97	1	31
87	6	4	98	1	19
88	5	17	99	1	9
89	4	35	100	1	
90	4		140		0,25

Tablo 2. 8 saatlik zaman ortalamalı A-ağırlıklı ses basınç düzeyi ve gürültü dozları

Doz (%)	L _{EX,8h} (dBA)	Doz (%)	L _{EX,8h} (dBA)	Doz (%)	L _{EX,8h} (dBA)
20	73,4	250	91,6	1300	103,5
30	76,3	300	92,9	1400	104,0
40	78,4	350	94,0	1500	104,5
50	80,0	400	95,0	1600	105,0
60	81,3	450	95,8	1700	105,4
70	82,4	500	96,6	1800	105,9
80	83,4	550	97,3	1900	106,2
90	84,2	600	97,9	2000	106,6
100	85,0	650	98,5	2200	107,3
110	85,7	700	99,0	2500	108,2
120	86,3	750	99,5	3000	109,5
130	86,9	800	100,0	3500	110,6
140	87,4	850	100,4	4000	111,6
150	87,9	900	100,8	5000	113,2
160	88,4	950	101,2	6000	114,5
170	88,8	1000	101,6	7000	115,6
180	89,2	1050	102,0	8000	116,6
190	89,6	1100	102,3	9000	117,5
200	90,0	1200	102,9	10000	118,2

Tablo 2'deki değerlerin hesaplanmasında, Eşitlik (4)'te 10,0 katsayısı yerine 16,61 değeri kullanılmıştır.

Birçok değerlendirmede 8 saatlik normalize edilmiş ortalama eşdeğer ses basınç düzeyi kullanılmaktadır (L_{Aeq,8hn}) [10] ve değeri eşitlik (5)'e göre hesaplanmaktadır.

$$L_{Aeq,8hn} = 10 \lg \frac{E}{p_0^2 T_n} \quad (5)$$

Bu eşitlikte, E gürültü maruziyeti, p₀=20 µPa referans ses basıncı, T_n ise normalize süredir. Pratik hesaplamalarda T_n değeri 8 saat dikkate alındığında 8 saatlik normalize edilmiş ortalama eşdeğer ses basınç düzeyi daha basit formülle hesaplanır.

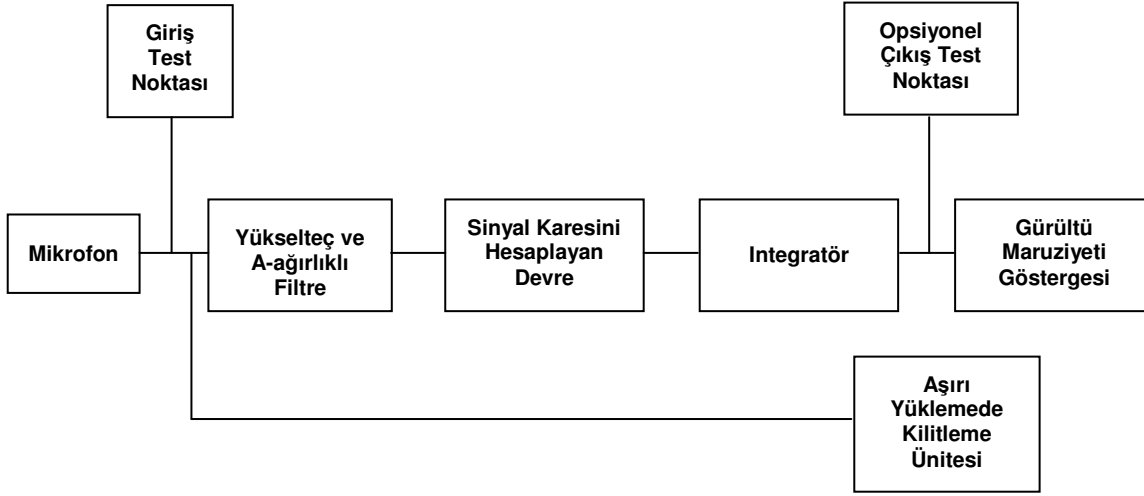
$$L_{Aeq,8hn} = 10 \lg \frac{E \cdot 10^9}{3,2} \quad (6)$$

Değerlendirmelerde 8 saatten daha kısa sürede belirlenmiş eşdeğer ses basınç düzeyi kullanılıyor (L_{Aeq,T}) ise 8 saatlik normalize edilmiş ortalama eşdeğer ses basınç düzeyi eşitlik (7)'ye göre hesaplanmaktadır.

$$L_{Aeq,8hn} = L_{Aeq,T} + 10 \lg \frac{T}{T_n} \quad (7)$$

Yukarıda verilmiş olan eşitliklere göre 85 dB'lik ses basınç düzeyine 8 saat boyunca maruz kalındığında 1 Pa²h'lık gürültü maruziyeti, 90 dB'lik ses basınç düzeyine 8 saat boyunca maruz kalındığında 3,2 Pa²h'lık gürültü maruziyeti söz konusudur.

Gürültü maruziyeti ile ilgili tarif edilen tüm büyüklükler birçok ses basınç düzeyi ölçer cihazları ile ölçülmektedir. Ancak pratik uygulamalarda gürültü dozu ölçerler veya kişisel gürültü maruziyeti ölçer cihazları kullanılmaktadır. Gürültü maruziyeti ölçerlerin şematik yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kişisel gürültü maruziyet ölçerin fonksiyonel şeması [10]

Ortamdaki ses basıncı, mikrofon tarafından algılanarak elektriksel sinyale dönüştürülmektedir. Elektriksel sinyal değişik elektronik devre ve yazılımlarla istenilen büyüklüklerin değerlerini belirleyecek şekilde işlenmektedir. Şekil 1'den de görüldüğü gibi kişisel gürültü maruziyet ölçerlerin yapısı ses basınç düzeyi ölçer cihazlarla benzerlik sergilemektedir [7]. Günümüzde farklı üreticiler tarafından çok farklı yapı ve konfigürasyonlarda gürültü dozu ölçer veya kişisel gürültü maruziyet ölçer cihazları üretilerek kullanıma sunulmaktadır. Hatta gürültü dozu ölçer cihazlarının hala pahalı olduğu düşünülerek akıllı telefonlardaki uygulamalar gürültü maruziyeti belirlenmesinde kullanılmaya başlanmış [13] ve bu telefonlardaki uygulamaların kalibrasyon yöntemleri geliştirilmeye çalışılmaktadır [14].

Gürültü dozu ölçer cihazının yapısı incelendiğinde doğru sonuçların elde edilmesi için üç temel bileşen mevcuttur. Bunlar; dozimetrede kullanılan mikrofonun performansı, A-ağırlıklı filtrenin tepkisi ve ölçüm süresinin belirlenmesinde kullanılan osilatör/saattir. Ölçüm cihazlarında yaygın olarak kullanılan en basit osilatör/saatlerin ölçüm hatalarının 10^{-5} , hatta 10^{-6} düzeylerinde olduğu düşünülürse süre ölçümlerindeki hataların doz ölçümlerinde çok etkili olmadığı söylenebilir. Ancak uzun süreli ölçümlerin yapılmadığı, maruziyetin zaman örnekleme ile hesaplandığı durumlarda örneklenen süreler oldukça etkilidir. Diğer iki bileşenlerin performansı ise periyodik kalibrasyonlarla mutlak surette takip edilmelidir.

3. GÜRÜLTÜ DOZU ÖLÇER KALİBRASYONLARI

Gürültü dozu ölçerlerin kalibrasyonları için tam olarak üzerinde uzlaşma sağlanmış standart yöntemler mevcut olmamasına rağmen, IEC 61252 standardında bilgi mahiyetinde sunulan Ek B'de gürültü dozu ölçer cihazlarına uygulanması için bazı önerilen testler tarif edilmektedir. Bunlar:

- Akustik hassasiyet kontrolü,
- Kararlı sinyallere karşı doğrusallık tepkisi kontrolü,
- Frekans ağırlandırma devrelerinin tepkisi kontrolü,
- Kısa süreli sinyallere karşı tepki kontrolü,
- Aşırı yüklenme göstergesinin kontrolü,
- Tek kutuplu sinyallere karşı tepki kontrolleridir.

Yukarıda tarif edilen testler, IEC 61672-3 standardında belirtilen ve ses düzeyi ölçerlere uygulanması gereken testlerle benzerlik göstermektedir. Bu testlerden bazılarının gerçekleştirilmesi için gürültü dozimetresinin mikrofonunun sökülebilir olması gerekmektedir. Ancak birçok cihazda bu mümkün

değildir. Bu nedenle gürültü dozu ölçer cihazlarının mikrofon sökülmeden akustik hassasiyetinin belirlenmesi, doğrusalılık ve kısa süreli sinyallere karşı tepki (zaman ağırlıklı filtrelerin kontrolü) kontrollerinin mikrofon sökülmeden de yapılması gereken asgari testlerdir.

Tarif edilen testlerin gerçekleştirilmesi sırasında kalibrasyonu yapılan cihaza referans niteliğindeki ses basınçları uygulanarak cihaz göstergesindeki ses basınç düzeyi değil, gürültü maruziyeti veya doz değerinin gözlemlenmesi gerekmektedir. Bazı frekanslardaki A-ağırlıklı filtrenin tepkisi dikkate alındığında kalibrasyonu yapılan cihazın göstergesinde gürültü maruziyetinin $1 \text{ Pa}^2 \cdot \text{h}$ civarında görülmesi için referans sinyallerin uzun süre boyunca uygulanması gerekmektedir. Gürültü dozu ölçerlerin akustik hassasiyet ve doğrusalılık kontrollerinde müsaade edilen toleranslar $- \% 21$ ve $+ \% 26$ 'dir.

Bazen gürültü dozu ölçer cihazlarının üreticileri, cihazların kullanım kılavuzlarında cihazların kalibrasyonlarının tek frekans ve tek seviyede çalışan cihazlarla yapılmasını önermektedirler. Ancak bu tür cihaz performansının belirleme yöntemleri bazı durumlarda çok hatalı sonuçlar ortaya çıkarabilir. Bu durumu bir örnekte inceleyelim.

Kalibrasyonu yapılan bir gürültü dozu ölçer ile birlikte tek frekans (1 kHz) tek seviyede ses basınç düzeyi üreten (114 dB) ses kalibratörü kullanılmaktadır. Gürültü dozu ölçerin mikrofonu ses kalibratörünün bağlaşımına yerleştirildiğinde ses kalibratörü açık iken gürültü dozu ölçer, ses basınç düzeyini otomatik olarak algılanmakta ve cihazın "kalibrasyonu" yapılmaktadır. Bu durumda cihazda otomatik olarak kazanç ayarlanması ses kalibratörün 114,0 dB ürettiği durumu varsayılarak yapılmaktadır. Ancak bu işlem öncesi ses kalibratörünün kalibrasyonu sırasında kalibratörün ürettiği ses basınç düzeyinin 113,50 dB olduğu tespit edilmiştir. Gürültü dozu ölçer cihazının kazanç ayarları yapıldıktan sonra, kalibrasyonu yapılmış birçok fonksiyonlu akustik kalibratörle A-ağırlıklı filtre tepkisi kontrolü ve 1 dakika boyunca uygulanan 114,00 dB'lik referans ses basınç düzeyleri karşılığında ölçülen gürültü maruziyet değerleri Tablo 3'te sunulmuştur. Daha sonra gürültü dozu cihazının kazanç ayarları çok fonksiyonlu akustik kalibratörü ile yapılmış olup, A-ağırlıklı filtre tepkisi kontrolü ve gürültü maruziyeti ölçümleri tekrarlanmıştır. Tekrarlanan ölçümlerin sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 3. Gürültü dozu ölçerin ses kalibratörü ile kazanç ayarı sonrası A-ağırlıklı filtre tepkisi kontrolü ve gürültü maruziyeti ölçümleri sonuçları

Frekans (Hz)	A-ağırlıklı filtre tepkisi farkı (dB)	Gürültü maruziyeti ($\text{Pa}^2 \cdot \text{h}$)
63	0,9	0,01
125	0,7	0,05
250	0,6	0,28
500	0,6	0,94
1000	0,5	1,92
2000	0,1	2,33
4000	-0,8	1,74
8000	-2,9	0,63
12500	-17,5	0,01

Tablo 4. Gürültü dozu ölçerin çok fonksiyonlu akustik kalibratörü ile kazanç ayarı sonrası A-ağırlıklı filtre tepkisi kontrolü ve gürültü maruziyeti ölçümleri sonuçları

Frekans (Hz)	A-ağırlıklı filtre tepkisi farkı (dB)	Gürültü maruziyeti ($\text{Pa}^2 \cdot \text{h}$)
63	0,5	0,00
125	0,3	0,05
250	0,2	0,25
500	0,2	0,83
1000	0,0	1,69
2000	-0,4	2,04
4000	-1,4	1,53
8000	-3,4	0,57
12500	-18,3	0,01

Tablo 3 ve 4'teki veriler karşılaştırıldığında gürültü dozu ölçerin A-ağırlıklı filtresinin tepkisi IEC 61672-1 standardında tarif edilen tepkiden önemli ölçüde farklar görülmektedir. Bu farklara göre düzeltmelerin yapılması gereklidir. Ayrıca gürültü dozu ölçerle beraber kullanılan ses kalibratörünün güncel ses basınç düzeyi üretici tarafından beyan edilen değerden farklı olduğu takdirde gürültü maruziyeti değerlerinde $\%13$ - $\%14$ seviyelerinde farklar oluşmaktadır.

SONUÇ

Çalışanların gürültüye maruziyetini belirlenmesi ve buna göre önleyici faaliyetlerin düzenlenmesi için kullanılan gürültü dozu ölçerlerin performansı, doğru sonuçların elde edilmesi ve buna göre doğru kararların verilmesi için büyük önem taşımaktadır. Gürültü dozu ölçerlerin performansı ulusal standartlara izlenebilir şekilde periyodik kalibrasyonlarla takip altında alınmalıdır. Bazı cihazlarda yapı ve konfigürasyonu gereği uluslararası standartlarda önerilen tüm testler yapılamazsa bile, gürültü dozu ölçerinin akustik hassasiyeti belirlenmeli, A-ağırlıklı filtre ve doğrusallık tepkileri kontrol edilmelidir. A-ağırlıklı filtre tepkisi ve doğrusallık tepkilerinde önemli ölçüde farklar görüldüğünde cihaz kullanıcısı tarafından ölçüm sonuçlarına düzeltmeler uygulanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete: 27601, 04.06.2010
- [2] S.A.Stansfeld, M.P.Matheson, Noise pollution: non-auditory effects on health, British Medical Bulletin, 2003, 68, pp.243 – 257
- [3] Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise), Official Journal of the European Union, 15.2.2003
- [4] N.İlgürel, M.Şerefhanoglu Sözen, Değişik kuruluşlarda gürültünün nesnel, öznel ve yönetmelikler bağlamında incelenmesi, YTÜ Mimarlık Fakültesi e-dergisi, Cilt 1, sayı 1, 2005, s.9-17
- [5] ISO 1996-2, Acoustics – Description, assessment and measurement of environmental noise – Part 2: Determination of environmental noise levels, International Standardization Organization, Geneva, 2007
- [6] Good practice guide on noise exposure and potential health effects, EEA Technical Report, No:11, European Environment Agency, 2010
- [7] IEC 61672-1, Electroacoustics - Sound level meters - Part 1: Specifications, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2002
- [8] IEC 61672-2, Electroacoustics - Sound level meters - Part 2: Pattern evaluation tests, edition 1.0, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2003
- [9] IEC 61672-3, Electroacoustics - Sound level meters - Part 3: Periodic tests, edition 1.0, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2006
- [10] IEC 61252, Electroacoustics – Specifications for personal sound exposure meters, edition 1.1, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2002
- [11] IEC 60050, International Electrotechnical Vocabulary , International Electrotechnical Commission, Geneva, 2011
- [12] Occupational noise exposure, U.S. Department of Health and Human Services, Cincinnati, Ohio, June 2008
- [13] R.Dumoulin, J.Voix, On the use of smartphones for occupational noise monitoring:Instrumentation”, Journal of Canadian Acoustical Association, 2012
- [14] R.Dumoulin, J.Voix, Calibration of smartphone-based devices for noise exposure monitoring: methodology, uncertainties of measurement and implementation, In Proceedings of Meetings on Acoustics, vol.19, 2013, pp.1-10

ÖZGEÇMİŞ

Eyüp BİLGİÇ

1966 yılı Polatlı Ankara doğumludur. 1988 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 1993 yılında Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. 2004 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Fen Bilimleri Enstitüsünden Doktor ünvanını almıştır. 1991 yılında TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Akustik Laboratuvarında göreve başlamış olup halen Akustik Laboratuvarları Sorumlusu ve Mekanik Grubu Kalite Yönetim Temsilcisi görevlerini yapmaktadır. Ayrıca TÜRKAK Laboratuvar akreditasyonu denetimlerinde Teknik Uzman olarak görev almaktadır.

Enver SADIKOĞLU

1969 yılı Bakü doğumludur. 1992 yılında Bakü Devlet Üniversitesi Fizik Bölümü'nde Yüksek Lisans eğitimini ve 2001 yılında Azerbaycan Bilimsel Akademisi Fotelektronik Enstitüsü'nde doktora çalışmasını tamamlamıştır. 1992 yılında Bakü Devlet Üniversitesi Yarıiletken Fiziği Araştırma Laboratuvarı'nda araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. 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 yürütmektedir. Çeşitli ulusal ve uluslararası teknik komitelerde, TÜRKAK ve diğer ülkelerin akreditasyon kurumlarınca düzenlenen laboratuvar akreditasyonu denetimlerinde baş denetçi ve teknik denetçi olarak görev almaktadır.