



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Geleneksel yöntemle açılan karayolu tünellerinde çalışanların gürültü maruziyetlerinin değerlendirilmesi

Assessment of noise exposure among workers in highway tunnels constructed by conventional method

Yazar(lar) (Author(s)): Deniz AKBAY¹, Raşit ALTINDAĞ², Nazmi ŞENGÜN³

*ORCID*¹: 0000-0002-7794-5278

*ORCID*²: 0000-0002-5397-7312

*ORCID*³: 0000-0003-0407-7198

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Akbay D., Altındağ R. ve Şengün N., “Geleneksel yöntemle açılan karayolu tünellerinde çalışanların gürültü maruziyetlerinin değerlendirilmesi”, *Politeknik Dergisi*, 22(4): 1053-1060, (2019).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.495339

Geleneksel Yöntemle Açılan Karayolu Tünellerinde Çalışanların Gürültü Maruziyetlerinin Değerlendirilmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

Deniz AKBAY*, Raşit ALTINDAĞ, Nazmi ŞENGÜN

Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 11.12.2018 ; Kabul/Accepted : 07.02.2019)

ÖZ

Gürültü; istenmeyen, hoş gitmeyen, rahatsız edici ses olarak tanımlanmaktadır. İnsanların işitme fonksiyonlarını olumsuz etkilemenin yanında diğer vücut işlevlerinin de olumsuz etkilenmesine neden olmakta, sözel iletişimi ve tehlike uyarılarının algılanmasını engellemektedir. Bu nedenle çalışma ortamındaki gürültü düzeyinin belirlenmesi hem iş sağlığı ve güvenliği hem de çalışanların verimi açısından önemlidir.

Bu çalışma kapsamında, Antalya Kemer’de açılan Altan Ayağ Tüneli inşaatındaki farklı operasyonel faaliyetlerde oluşan gürültü düzeylerinin ölçülerek mevzuatta izin verilen sınır değerler içinde olup olmadıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için öncelikle bu tünel inşaatındaki gürültü kaynakları belirlenmiş ve tünel güzergâhı boyunca gürültü düzeyi ölçümleri alınmıştır. Gürültü düzeyi ölçümlerinden elde edilen veriler tünel içinde çalışmanın yapıldığı farklı kaya birimleri için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yapılan gürültü ölçümleri sonucunda en yüksek maruziyet değerinin 110,9 dB(A) değeri ile püskürtme beton uygulamasında, en düşük maruziyet değerinin ise 79,4 dB(A) ile hafriyat işleminde ve 79,4 dB(A) ile kaya saplaması enjeksiyon işleminde olduğu belirlenmiştir. Kazı, püskürtme beton ve delik delme işlemlerinde çalışanların maruziyet sınır değerinin üzerinde gürültüye maruz kaldığı tespit edilmiştir. Hafriyat, çelik hasır montajı ve kaya saplaması enjeksiyon işleminde çalışanların minimum maruziyet eylem değeri olan 80 dB(A) değerinin altında, iksa montajında çalışanların ise bu değerin üzerinde gürültüye maruz kaldığı belirlenmiştir. Maruziyet sınır değerinin aşıldığı iş kalemlerinde gürültüye karşı önlem olarak kulak koruyucuların ışıklı ikaz sistemleri ile birlikte kullanılması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İş sağlığı ve güvenliği, gürültü ölçümü, tünel, madencilik.

Assessment of Noise Exposure Among Workers in Highway Tunnels Constructed by Conventional Method

ABSTRACT

Noise is defined as unwanted, unpleasant, disturbing sound. Besides affecting the hearing function and the other body functions adversely, it prevents verbal communication and the perception of hazardous warnings. Therefore, it is important to determine the noise levels at work both for the occupational health and safety and performance of the employees.

In the scope of this study, it was aimed to find out if the noise levels, measured during different operational activities of the construction of Altan Ayağ Tunnel located in Kemer, Antalya, were within the permitted limits in the regulation. Thus, noise sources were determined and noise levels were measured along the tunnel route. The data obtained from noise level measurements were evaluated separately for different types of rock units in which tunnelling was performed. As a result of the noise measurements, the maximum exposure value was identified as 110.9 dB(A) in the shotcrete application, the lowest exposure value was identified as 79.4 dB(A) in the excavation process and 79.4 dB(A) in the rock bolt injection process. It was determined that the workers in the excavation, shotcrete and drilling operations were exposed to noise above the exposure limit value. Workers in the earth moving, mesh reinforcement and rock bolt injection processes were exposed to noise below 80 dB(A), which is the minimum exposure action value, while those working in the steel timbering application were exposed to noise above this value. It was suggested that, warning lamps should be used in company with earmuffs as a precaution against noise in operational activities where exposure limit value is exceeded.

Keywords: Occupational health and safety, noise measurement, tunnel, mining.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünya’da Uluslararası Çalışma Örgütü’nün (ILO) raporuna göre dünyada her yıl 2,78 milyondan fazla insan iş kazaları veya iş ile ilgili hastalıkların sonucu olarak

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : denizakbay@sdu.edu.tr

ölmektedir. Buna ek olarak, her yıl ölümcül olmayan işle ilgili yaralanmalarda ve hastalıklarda 374 milyon vaka kaydedilmektedir ve bunların çoğu uzun süre iş göremezlikle sonuçlanmaktadır [1]. Bu tablonun maliyeti yüksektir ve kötü iş güvenliği ve sağlık uygulamalarının ekonomik yükünün, her yıl küresel Gayri Safi Yurtiçi

Hasıla'nın yüzde 4'ünü oluşturduğu tahmin edilmektedir [1].

İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (OSHA) tarafından da; Avrupa ülkelerinde iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu yılda 5500 kişinin hayatını kaybettiği, 75000 kişinin iş göremez duruma geldiği ve 20 milyar Euro maddi kaybın meydana geldiği rapor edilmektedir [2]. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) istatistiklerine göre 2016 yılında Türkiye'de 241115 iş kazası, 5597 meslek hastalığı vakası (bunların 6'sı işitme kaynaklı meslek hastalığı) meydana gelmiş, iş kazalarının 1483'ü, meslek hastalıklarının 3'ü karayolu tünel inşaatlarında meydana gelmiştir [3]. Bu rakamların yanı sıra SGK istatistiklerine yansımayan iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu kayıplar da ayrıca dikkate alındığında, iş sağlığı ve güvenliğinin sosyal ve ekonomik açıdan önemi açıkça görülmektedir.

Çizelge 1. Gürültünün insan sağlığı üzerine etkileri (The effects of noise on human health) [8]

Fiziksel Etkiler	İşitme duyusunda meydana getirdiği olumsuz etkilerdir. Bu etkiler geçici veya kalıcı işitme kayıplarıdır.
Fizyolojik Etkiler	Kan basıncının artması, kas gerilmeleri, stres, kalp atışlarının değişmesi, gözbebeği büyümesi, uykusuzluk, solunumda hızlanma, vücut aktivitesinde değişiklikler, dolaşım bozuklukları, ani refleksler.
Psikolojik Etkiler	Davranış bozuklukları, sinir sisteminde bozukluklar, korku, rahatsızlık, yorgunluk, zihinsel işlevlerde yavaşlama.
Performans Etkileri	İş verimini azaltması ve seslerin anlaşılabilirliğini bozması gibi etkilerdir. Gürültünün iş verimliliğini ve üretkenliğini olumsuz yönde etkilediği araştırmalarla saptanmıştır. İşyerlerindeki gürültü düzeyi ile verimlilik arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Gürültü, tüm sesler gibi normal hava basıncının altında ve üstünde basınç değişiklikleri oluşturan bir titreşim aracılığıyla oluşmaktadır. Hava basıncında oluşan değişiklikler, işitme organlarına dalgalar halinde ulaşmakta ve bunun sonucu ses olarak duyulmaktadır [4].

Duyuma yeteneği kişiden kişiye göre büyük değişimler göstermekle birlikte, sağlıklı ve genç bir insan kulağı 20 Hz ile 20 kHz arasındaki frekanslara sahip sesleri duyabilmektedir.

Gürültünün şiddeti, ses dalgasının oluşturduğu basıncın boyutuna veya dalganın genliğine bağlıdır. Bu genlik basınç dalgalanması olarak ölçülmekte olup sağlıklı bir insan kulağının duyabileceği en düşük ses 20 μ Pa (0 dB) olarak verilmiştir. İnsan kulağı bundan on milyon kat daha yüksek olan 200 Pa (140 dB) ses basıncına dayanabilmektedir [5]. Günlük hayatta karşılaşılan gürültü seviyeleri 60-140 dB(A) arasında değişmekte, 90 dB(A)'ın üstündeki gürültü değerleri insan sağlığı açısından zararlı kabul edilmektedir [6].

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB), 28.07.2013 tarih ve 28721 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik" ile çalışanların gürültüye maruz kalmaları sonucu oluşabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden, özellikle işitme ile ilgili risklerden korunmaları için maruziyet eylem değerleri ve maruziyet sınır değerini belirtmektedir. Bunlar:

a) En düşük maruziyet eylem değerleri: (LEX, 8saat) = 80 dB(A) veya (Ptepe) = 112 Pa [135 dB(C) re. 20

μ Pa] (20 μ Pa referans alındığında 135 dB(C) olarak hesaplanan değer),

b) En yüksek maruziyet eylem değerleri: (LEX, 8saat) = 85 dB(A) veya (Ptepe) = 140 Pa [137 dB(C) re. 20 μ Pa],

c) Maruziyet sınır değerleri: (LEX, 8saat) = 87 dB(A) veya (Ptepe) = 200 Pa [140 dB(C) re. 20 μ Pa],

olarak yönetmelikte tespit edilmiştir [7].

Gürültü, insan sağlığını fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans yönünden olumsuz olarak tehdit etmektedir. Bu tehditler kısaca Çizelge 1.'deki gibi dört başlık altında toplanabilir. Görüldüğü gibi gürültü kirliliği insanların işitme algılamasını olumsuz yönde etkilemekte, fizyolojik ve psikolojik dengelerini bozarak iş verimliliğini düşürmektedir.

Gürültü kaynaklı işitme kaybı; dünyada ve ülkemizde sık görülen en önemli meslek hastalıklarından birisidir. İsveç'te toplam çalışanların %9'luk bölümünün zararlı düzeydeki gürültüye sürekli olarak maruz kaldığı belirtilmektedir. Gürültü kaynaklı işitme kaybı, Kanada ve ABD'de en sık görülen on meslek hastalığı arasında yer almaktadır [9]. ABD'de yetişkinler arasında en yaygın görülen üç fiziksel rahatsızlıktan birisi gürültü kaynaklı işitme kaybıdır ve çalışan nüfusun %11'inde işitme güçlüğü, bunun da yaklaşık %24'ü meslek hastalığı kaynaklıdır [10].

Literatür incelendiğinde farklı endüstri kollarında iş sağlığı ve güvenliği konusunda yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Çalışanların maruz kaldığı gürültünün değerlendirildiği de çok sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Araştırmacılar en çok yeraltı ve yerüstü kömür ocaklarında gürültü düzeyi ölçümleri yapmışlar, kullanılan makine ve ekipmanların neden olduğu gürültü düzeylerini değerlendirmişler ve çalışanlar üzerindeki etkilerini incelemişlerdir [4; 8; 11-22]. Doğal taş işleme fabrikalarında yapılan çalışmalarda ise gürültü düzeyleri ölçümlerinin yanında çalışanların gürültüden etkilenme derecelerinin tespiti için maruziyet süreleri de değerlendirilmiş ve odyolojik etkileri incelenmiştir [23-26]. Taş ocaklarında yapılan çalışmalarda ise genellikle gürültü haritalarının çizildiği ve bu tesislerde çalışan işçilerin çalışma alanlarındaki gürültü seviyelerine bağlı işitme kayıplarının incelendiği, çalışanların gürültü maruziyetini azaltmak için önerilerde bulunduğu

görülmektedir [27-29]. Ayrıca literatürde farklı endüstri dallarında, farklı madenlerde ve tünellerde kullanılan iş makineleri için ve farklı gürültü düzeyi değerlendirme yöntemlerinin kullanıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır [30-39]. Yapılan tüm bu çalışmalarda ortak olarak en yüksek ve düşük gürültü maruziyet değerleri belirlenmiş ve çalışanlar üzerindeki etkilerini azaltıcı önerilerde bulunulmuştur.

Gürültü ile ilgili çalışmalarda büyük bir bölümü gürültü ölçümleri oluşturmaktadır. Gürültü ölçümlerinde amaç, gürültü kaynağını bulmak veya belli bir noktadaki gürültü düzeyini saptamaktan, gürültünün frekans dağılımını bulmaya ya da darbe gürültüsünü tespit etmeye kadar çok çeşitli olabilmektedir. En çok kullanılan ölçüm istenilen bir yerdeki gürültü düzeyinin saptanmasıdır. Bu tür ölçümler genellikle çevre gürültüsünün standartlara uygunluğunu ya da bir işyerindeki gürültü düzeyinin istenen sınır değerler içinde olup olmadığını kontrol etmek için yapılmaktadır [40-45]. Bu çalışma, Antalya-Kemer arasında açılan Altan Ayağ tüneli inşaatındaki operasyonel faaliyetler sırasında oluşan gürültü düzeylerinin istenen sınır değerler içinde olup olmadığını saptamak için yapılmıştır.

Gürültü iş kazalarının meydana gelmesindeki etkin parametrelerden biridir. Yapılan bir araştırmaya göre 90 dB(A) üzerindeki gürültünün kaza riskini %40 oranında artırdığı vurgulanmıştır [30]. Gürültünün; tepki zamanında, ürün verimliliğinde ve hata oranında artışa neden olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda gürültünün kişilerde vücut direncinin azalmasına ve bitkinliğin kronikleşmesine yol açtığı için hastalıklara yakalanma olasılığını da artırmaktadır [46]. Koordineli çalışmayı gerektiren işlerde iletişimi zorlaştırmakta ve aksaklıklara neden olmakta, sesli işaret ve uyarıcıların duyulmasını engellemektedir. Ayrıca gürültüye karşı önlem olarak kullanılan kulak koruyucular duyulması gereken uyarı seslerinin duyulmasına engel olarak kaza riskini artırmaktadır.

Tünel inşaatlarında da ağır iş makinelerinin kullanılması nedeniyle çalışmalar sırasında çalışanlar yüksek gürültüye maruz kalmaktadır. Gürültünün sonucu olarak geçici ve kalıcı duyma kayıpları oluşmaktadır. İşitme kaybı ilk bakışta gürültüye bağlı ortaya çıkan bir meslek hastalığı gibi görünmesine rağmen, insan bedeni üzerindeki etkileri düşünüldüğünde iş kazalarının nedenleri içerisinde de önemli bir yer tutmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

Bu çalışma kapsamında gürültü ölçümlerinin yapıldığı tünel, Karayolları Genel Müdürlüğü 13. Bölge Müdürlüğü'nün sorumluluk alanında bulunmaktadır. Antalya-Kemer-Tekirova güzergâhında mevcut tünele paralel, Km 23+504.50 – 24+419.50 arasında yer almaktadır (Şekil 1). Tünel "NATM, Yeni Avusturya Tünelcilik Metodu" ile açılmıştır. Geçilen kaya birimlerinin (kireçtaşı, konglomera, serpantin) yapısal

özelliklerine göre hidrolik kırıcı ile veya delme patlatma ile ilerleme yapılmakta ve uygulanan tahkimat sistemi ve sıklığı da buna göre değişmektedir.



Şekil 1. Yeni tünel (çalışma alanı) Google Earth yerleşimi (Google Earth layout of new tunnel (study area)) [36]

Ölçümler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"nde yer alan tüm gürültü ölçümleri için uygun olan yüksek hassasiyete sahip CEM DT-8852 model gürültü ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Çizelge 2'de gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazın teknik özellikleri verilmiştir.



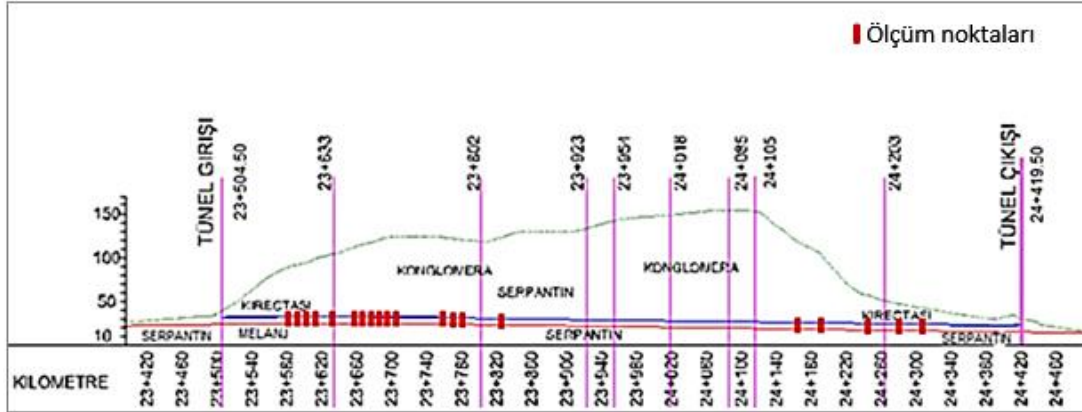
Şekil 2. CEM DT-8852 model gürültü ölçüm cihazı (CEM DT-8852 sound level meter)

Çizelge 2. Gürültü ölçüm cihazına ait bazı teknik özellikler (Some technical specifications of sound level meter)

Frekans Aralığı	31,5 Hz – 8 kHz
Doğruluk	± 1,4 dB
Otomatik ölçüm aralığı	30 – 130 dB
Doğruluk	± 1,4 dB
Çözünürlük	0,1 dB
Dinamik aralık	50 dB
Örnekleme	Hızlı (125 ms), yavaş (1 s)

Tünelde gürültü düzeyi ölçümleri, çalışan iş makinasına 2 m mesafede, TS EN ISO 9612 (47)'de belirtildiği şekilde, 5 s aralıklarla 2 dak süreyle dB(A) biriminde yapılmıştır. Farklı iş kalemlerinde her vardiyada tek sefer ölçüm alınmış ve her ölçümde 60 adet gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Tünel içinde oluşan gürültüler kararlı gürültülere örnek teşkil etmektedir. Literatürde kararlı gürültülerde ölçüm yapılırken genellikle 3 dakikalık ölçümler yapıldığı görülmüş fakat tünel içinde iş

güvenliği açısından risk oluşturmamak ve yoğun iş akışını aksatmamak için bu çalışma özelinde ölçüm yapılan iş kalemlerinde farklı vardiyalar için 2 dakikalık ölçümler alınabilmektedir. Tünel içinde 20 noktadan toplamda 6114 adet gürültü ölçümü kaydedilmiştir (Şekil 3). Tünel inşaatında gürültü ölçümleri yapılan iş kalemleri ve gürültü kaynakları Çizelge 3'te sunulmuştur.



Şekil 3. Tünel güzergâhındaki jeolojik birimler ve ölçüm noktaları (Geological units and measurement points in the tunnel route)

Çizelge 3. Tünel inşaatında gürültü ölçümleri yapılan iş kalemleri ve gürültü kaynakları (Noise measurements and noise sources in tunnel construction)

İş kalemi adı	Yapılan iş	Gürültü kaynağı
Kazı işlemi	Aynada hidrolik kırıcı ile kayacın gevşetilmesi ve koparılması işlemidir	Hidrolik kırıcı
Hafriyat işlemi	Aynada hidrolik kırıcı ile kazılan veya patlatma sonrası akan malzemenin lastik tekerlekli yükleyici ile kamyonu yüklenmesi ve tünel dışına nakliye edilmesi işlemidir	Lastik tekerlekli yükleyici, kamyon
İksa montajı	İksa imalatı sırasında parçalı olarak bulunan iksalar civata ve somun kullanılarak birbirlerine ek yerlerinden monte edilerek yerleştirilir. Aşamalı kazılarda, her aşamada kazı cidarının geometrisine uygun olarak birbirine monte edilirler. İşlem lastik tekerlekli yükleyici ve ekskavatör yardımıyla yapılmaktadır	Lastik tekerlekli yükleyici, ekskavatör
Çelik hasır montajı	Püskürtme beton donatısı olarak kullanılır. Tünel cidarına 30-45 cm bindirme boyları ile lastik tekerlekli yükleyici yardımı ile uygulanır	Lastik tekerlekli yükleyici
Püskürtme beton uygulamasındaki	Püskürtme beton aracının uygulamanın yapılacağı yere getirildikten sonra, priz hızlandırıcı katkı ilave edilmiş karışımın tünel yan cidarına ve tavanına yüksek hızla püskürtülme işlemidir	Püskürtme beton makinası
Kaya saplaması delgisi	Tünel yan cidarı ve tavanına montajı yapılacak kaya saplamaları için delik delme işlemidir. Delikler delik delme makinası ile delinir	Delik delme makinası
Kaya saplaması enjeksiyon işlemindeki	Zeminin yapısal durumuna ve kendi kendini tutabilme özelliklerine göre, belirlenen aralıklarda delici makineyle açılan deliklere çimento ve su karışımından oluşan enjeksiyonun uygulanması işlemidir. Enjeksiyonun ardından nervürlü çelikten imal edilmiş kaya saplamaları deliklere itilerek yerleştirilir. Enjeksiyon delik içerisinde kuruduktan, sertleştikten sonra ucundaki somun ve plaka sıkılaştırılır	Lastik tekerlekli yükleyici, portatif beton mikseri, pompa
Ayna delgisi	Hidrolik kırıcı ile kazı işlemi gerçekleştirilemeyecek durumda olan zemini gevşetmek için patlatma işlemi yapılır. Patlatma işlemi için kazı cidarına delici makine ile belirli geometride delikler delinmesi işlemidir	Delik delme makinası

Yukarıda sayılan iş kalemlerinde gürültü ölçümleri yapılmış ve her bir iş kalemi kendi içinde her kaya birimi (kireçtaşı, konglomera, serpantin) için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Gürültü ölçüm sonuçları, 20-20 kHz arasındaki tam ses aralığını kapsadığı ve düşük frekans düzeylerinde insan kulağının tepkisini en iyi yansıttığı için genel amaçlı gürültü ölçümlerinde yaygın biçimde kullanılan A ağırlıklı filtre üzerinden verilmiştir. Bu makineler için yapılan ölçüm sonuçları eşdeğer gürültü seviyelerine çevrilmiştir [48]. Tüm iş kalemleri için ölçülen gürültü değerlerini birlikte değerlendirebilmek için, çalışanların işlerini bir tam vardiya boyunca sürdürdükleri kabul edildiğinde 8 saatlik eşdeğer gürültü düzeyleri (Leq,8h) hesaplanmıştır.

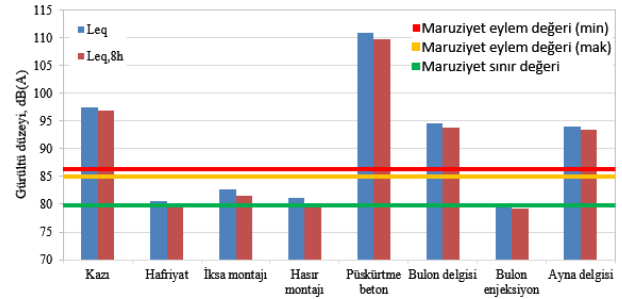
3. ARAŞTIRMA BULGULARI (RESEARCH FINDINGS)

İş kalemlerinde gürültü ölçümlerine başlamadan önce tünel içerisinde herhangi bir çalışma yok iken, her kaya biriminde gürültü ölçümleri yapılmış ve 66,5-74,5 dB(A) arasında gürültü değerleri kaydedilmiştir. Yapılan

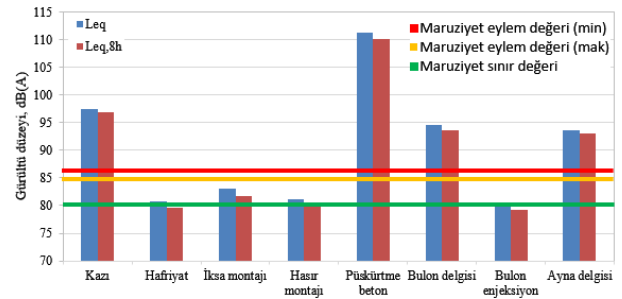
Çizelge 4. İş kalemleri için gürültü seviyeleri, dB(A) (Noise levels for operational activities, dB(A))

İş kalemi	min	mak	Leq	Leq,8h	Kaya birimi
Kazı işlemi	80,0	99,4	97,4	96,8	Kireçtaşı
	80,3	99,4	97,4	96,8	Konglomera
	80,3	99,4	97,6	97,0	Serpantin
Hafriyat işlemi	70,0	82,0	80,5	79,3	Kireçtaşı
	70,0	81,9	80,8	79,6	Konglomera
	70,0	81,7	80,4	79,2	Serpantin
İksa montajı	70,0	99,4	82,7	81,5	Kireçtaşı
	70,2	98,5	83,0	81,8	Konglomera
	70,3	99,4	81,9	80,7	Serpantin
Çelik hasır montajı	71,3	82,9	81,2	80,0	Kireçtaşı
	71,3	82,5	81,1	79,9	Konglomera
	71,1	83,9	80,9	79,7	Serpantin
Püskürtme beton uygulaması	98,2	112,9	111,0	109,8	Kireçtaşı
	98,0	98,8	111,3	110,1	Konglomera
	98,0	114,9	112,2	111,0	Serpantin
Kaya saplama delgisi	90,0	96,0	94,7	93,8	Kireçtaşı
	90,2	95,7	94,5	93,6	Konglomera
	90,0	96,0	94,9	94,0	Serpantin
Kaya saplama enjeksiyon işlemi	70,4	81,4	80,1	79,2	Kireçtaşı
	70,9	81,4	80,2	79,3	Konglomera
	70,0	82,0	80,3	79,4	Serpantin
Ayna delgisi	89,0	95,6	94,1	93,5	Kireçtaşı
	89,2	96,0	93,6	93,0	Konglomera
	89,0	95,8	93,7	93,1	Serpantin

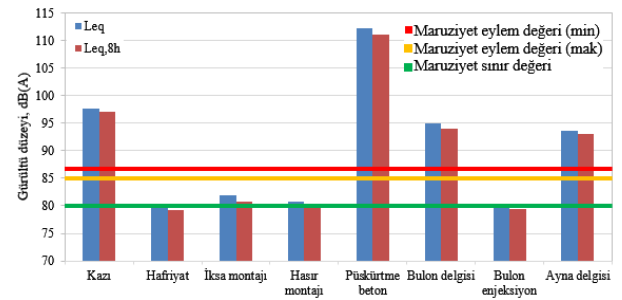
ölçümler sonucunda, her iş kalemi ve her kaya birimi için minimum, maksimum, eşdeğer gürültü düzeyleri ile 8 saatlik eşdeğer gürültü düzeyleri belirlenmiştir (Çizelge 4). Çizelge. 4 incelendiğinde en yüksek maruziyet değerinin püskürtme beton uygulamasında 109,8-111,0 dB(A) arasında, en düşük maruziyet değerinin de kaya saplama enjeksiyon işleminde 79,2-79,4 dB(A) arasında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, üç farklı kaya birimi için her bir iş kaleminde oluşan gürültü maruziyet değerleri Şekil. 4-6'da gösterilmiştir. Şekil. 4-6 incelendiğinde kazı, püskürtme beton, kaya saplama delgisi ve ayna delgisi işlemlerinde ölçülen gürültü düzeylerinin, maruziyet eylem sınır değerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Hafriyat, iksa montajı ve çelik hasır montajı ile kaya saplama enjeksiyon işlemlerinde oluşan gürültü düzeylerinin ise minimum maruziyet eylem değeri olan 80 dB(A) civarında olduğu görülmüştür.



Şekil 4. Operasyonel faaliyetler sırasında kireçtaşında oluşan gürültü maruziyet değerleri (Noise exposure values in limestone during operational activities)



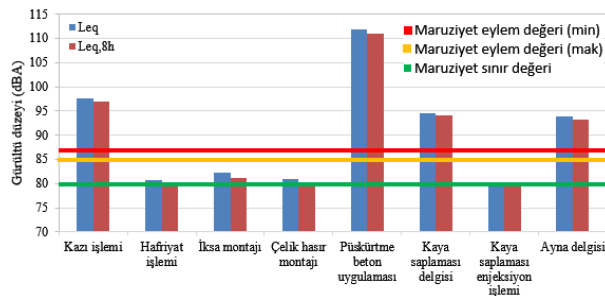
Şekil 5. Operasyonel faaliyetler sırasında konglomera oluşan gürültü maruziyet değerleri (Noise exposure values in conglomerate during operational activities)



Şekil 6. Operasyonel faaliyetler sırasında serpantinde oluşan gürültü maruziyet değerleri (Noise exposure values in serpentine during operational activities)

Tünel inşaatı sırasında 3 farklı kaya birimi geçilmiştir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde (Çizelge 5) farklı kaya birimlerinde yapılan gürültü düzeyi ölçümlerinde aynı iş kalemi için gürültü düzeylerinin birbirine çok yakın olduğu belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, ölçüm sonuçları değerlendirilirken, gürültü düzeylerinin geçilen kaya biriminin gürültü düzeyinde yarattığı farklılığın çalışan iş makinasının gürültü düzeyinin altında kaldığı belirlenmiştir. Bu yüzden tünel inşaatı operasyonel faaliyetlerinde oluşan gürültü düzeyleri, üç farklı kaya birimi için toplu halde tekrar değerlendirilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge. 5 incelendiğinde en yüksek maruziyet değerinin 110,9 sB(A) değeri ile püskürtme beton uygulamasında olduğu, en düşük maruziyet değerinin ise 79,4 dB(A) ile hafriyat işleminde ve 79,4 dB(A) ile kaya saplaması enjeksiyon işleminde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Şekil. 7 incelendiğinde kazı, püskürtme beton ve delik delme işlemlerinde çalışanların maruziyet eylem sınır değerinin üzerinde gürültüye maruz kaldığı belirlenmiştir. Hafriyat, çelik hasır montajı ve kaya saplaması enjeksiyon işleminde çalışanların minimum maruziyet eylem değerinin altında, iksa montajında çalışanların ise minimum maruziyet eylem değeri olan 80 dB(A) üzerinde gürültüye maruz kaldığı ölçülmüştür.



Şekil 7. Çalışanların gürültü maruziyet düzeyleri (Workers noise exposure levels)

Çizelge 5. İş kalemleri için gürültü seviyeleri (Noise levels for operational activities)

İş kalemi	Ölçüm Sayısı	Leq	Leq,8h
Kazı işleminde	912	97,6	97,0
Hafriyat işleminde	714	80,6	79,4
İksa montajı	816	82,3	81,1
Çelik hasır montajı	1104	81,0	79,8
Püskürtme beton uygulaması	1080	111,9	110,9
Kaya saplaması delgisi	576	94,6	94,0
Kaya Saplaması enjeksiyon işleminde	648	80,3	79,4
Ayna delgisi	264	93,8	93,2

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada, örnek bir tünel inşaatında, çalışanların maruz kaldığı gürültü düzeyleri her bir operasyonel faaliyetler sırasında ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu

sayede tünel inşaatlarında çalışanların maruz kaldığı gürültü kaynakları belirlenmesi ve iş güvenliği konusunda gürültü anlamında alınması gereken önlemlerin daha sağlıklı bir şekilde planlanabilmesi hedeflenmiştir. Gürültü maruziyetini azaltacak önlemler literatürde çokça incelendiği için bu çalışma kapsamında değinilmemiştir.

Bu çalışma kapsamında bir tünel açılırken yapılan operasyonel faaliyetler sırasında çalışanların maruz kaldığı gürültü düzeylerinin belirlenmesi için gürültü ölçümleri alınmıştır. Böylece, tünel inşaatlarında çalışanların maruz kaldığı gürültü kaynakları belirlenmesi ve gürültü düzeyleri konusunda alınması gereken önlemler ve eylem planlarının planlanması hedeflenmiştir.

Gürültü ölçümü yapılan iş kalemleri kazı, hafriyat, iksa montajı, çelik hasır montajı, püskürtme beton, kaya saplaması delgisi, kaya saplaması enjeksiyon işlemi ve ayna delgisi olarak belirlenmiştir. Tünel içinde oluşturulan 20 ölçüm istasyonundan toplamda 6114 gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Buna göre;

- Kazı işlemi, püskürtme beton uygulaması ve delik delme işlemlerinde çalışanların gürültü ölçümleri sonucunda maruz kaldıkları gürültü düzeylerinin maruziyet sınır değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bu durumda bu iş kalemlerinde çalışanların maruz kaldıkları gürültü düzeyini azaltmak için kişisel kulak koruyucu kullanması önerilmektedir. Kullandıkları kişisel kulak koruyucunun teknik özelliğine göre etkisi de dikkate alınarak maruz kaldıkları gürültü düzeyi tekrar hesaplanıp yeniden değerlendirilmelidir.
- İksa montajı işinde çalışanların maruz kaldıkları gürültü düzeyi >80 dB(A) dikkate alındığı yerlerinde kişisel kulak koruyucu bulundurmaları önerilebilir. Hafriyat, çelik hasır montajı ve kaya saplaması enjeksiyon işleminde çalışanların maruz kaldığı gürültü düzeyi göz önüne alındığında <80 dB(A) herhangi önlem ve eylem planı gerektirmediği görülmüştür.
- Tünel inşaatı sırasında 3 farklı kaya birimi geçilmiştir. Ölçüm sonuçları değerlendirilirken, gürültü düzeylerinin geçilen kaya biriminin gürültü düzeyinde yarattığı farklılığın çalışan iş makinasının gürültü düzeyinin altında kaldığı belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle çalışma kapsamında geçilen 3 farklı kaya biriminin ölçüm yapılan iş kalemlerinde kullanılan makinaların oluşturduğu gürültü düzeylerine etkisi olmamaktadır.
- Maruziyet sınır değerinin aşıldığı iş kalemlerinde gürültüye karşı önlem olarak kulak koruyucular kullanılmalıdır. Fakat aynı anda farklı iş kalemlerinin koordinasyonlu olarak çalıştığı, yoğun iş makinası trafiğinin hakim olduğu, ayrıca yeterli aydınlatmanın çoğu zaman sağlanmadığı tünel inşaatlarında kulak koruyucular kullanılması durumunda, kulak koruyucular duyulması gereken uyarı seslerinin duyulmasına engel olarak kaza riskini artıracığından, çalışma ortamına çalışma başlamadan otomatik olarak

devreye girecek ışıklı ikaz sistemlerinin de konulması daha uygun olacaktır. Bu sistemler; faaliyet veya durumu işaret eden renkli ve ışıklı levha ve/veya ışıklı sinyal, el-kol işareti yoluyla iş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgi veren, tehlikelere karşı uyarıcı talimat veren işaretler olabilir.

- Ayrıca iş makinası operatörlerinin makina içinde daha yüksek gürültüye maruz kalacakları aşikârdır. Önlem olarak makine makinalardaki operatör kabinleri tamamen kapalı ve ses yalıtım özelliğine sahip olmalıdır.
- İnşaat işleri, işitme kaynaklı meslek hastalıklarının en yoğun olduğu sektörlerden birisidir. Bu çalışmada çalışanlarla yapılan görüşmelerden edinilen bilgiye göre, gürültü kaynaklı işitme kaybının bir meslek hastalığına dönüşebileceği konusunda çalışanlar yeteri kadar bilgili değildir, bilgili olanlar da alınması gereken önlemler ile ilgili olarak gereken tedbirleri almamaktadır.
- İşletmede gürültü ile ilgili ölçümlerin düzenli olarak yapıldığı gözlenmiştir. Tünel inşaatlarında gürültü ile ilgili periyodik ölçümler yapılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır, çalışanlar düzenli olarak kişisel koruyucu donanımların doğru ve düzenli biçimde kullanılmaları konusunda bilgilendirilmelidir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi ÖYP Kurum Koordinasyon Birimi tarafından OYP05286-YL-12 No'lu Proje ile mali olarak desteklenmiştir. Yazarlar Süleyman Demirel Üniversitesi ÖYP Kurum Koordinasyon Birimi'ne ve EKOL KOZ Maden İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne teşekkür eder.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] <https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang-en/index.htm>, 21.11.2018.
- [2] <http://www.osha.eu.int>, 21.11.2018.
- [3] www.sgk.gov.tr, “SGK istatistik yıllıkları”, (2018).
- [4] Çınar, İ., “Madencilikte Gürültü Analizi, Modellenmesi ve Haritalanması”, *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, (2005).
- [5] Sezek, H., “İş Sağlığı ve Güvenliği Alanında Gürültü Ölçümleri, Kişisel Maruziyet Hesaplama, Kullanılacak Kulak Koruyucu Seçimi”, *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 9(44): 10-13, (2009).
- [6] Ünver, B., “Madencilik faaliyetleri sırasında oluşan gürültünün işçi sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin incelenmesi”, *Uluslararası Madencilikte İşçi Sağlığı ve Çevre Konferansı*, Ankara, 83-98, (1995).
- [7] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, “*Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik*”, Ankara, (2013).
- [8] Fişne, A., “Türkiye Taşkömürü Kurumu Ocaklarında Gürültü Koşullarının İncelenmesi, Etkilenme Düzeylerinin İstatistiksel Analizi ve Risk Değerlendirmesi”, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2008).
- [9] Çakır, A., “Ankara’da Mobilya İmalatı Yapan 7 Fabrikada Gürültü Düzeylerinin Saptanması ve Gürültüye Bağlı İşitme Kayıplarının İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2010).
- [10] Yüksel, H., “Türkiye’de Bazı Maden Makinalarında Gürültü Ölçümü ve Değerlendirilmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, (2017).
- [11] Erarslan, O., “Noise Monitoring and Control at the A.L.I. Soma Coal Region in Eynaz Mine”, *Master Thesis*, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir, (1995).
- [12] Sharma, O., Mohanan, V. and Singh, M., “Noise Emission Levels in Coal Industry”, *Applied Acoustics*, 54(1): 1-7, (1998).
- [13] Şahin, K., “Aydın Linyit İşletmesinde Gürültü Seviyesinin Araştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, (1998).
- [14] Şensöğüt, C., and Eralp, H., “Ömerler Yeraltı Ocağındaki Gürültü Ölçümleri ve Öneriler”, *Türkiye 11. Kömür Kongresi*, Bartın-Amasra, 43-52, (1998).
- [15] Çetin, O., “OAL’de Gürültüye Bağlı İşitme Kayıplarının İncelenmesi”, *TMMOB Maden Mühendisleri Odası Dergisi*, Eylül-Aralık, 39-45, (2000).
- [16] Ediz, İ.G., Beyhan, S., Akçakoca, H., ve Sarı, E., “Madencilikte Gürültüye Bağlı İşitme Kayıplarının İncelenmesi” *Türkiye 13. Kömür Kongresi*, Zonguldak, 13-22, (2002).
- [17] McBride, D. I., “Noise-induced Hearing Loss and Hearing Conservation in Mining”, *Occupational Medicine*, 54(5): 290-296, (2004).
- [18] Şensöğüt, C. ve Çınar, İ., “Açık Ocaklarda Gürültü Yayılımının Geliştirilen Bir Model ile İncelenmesi”, *Madencilik*, 45(3): 27-33, (2006).
- [19] Şensöğüt, C. and Çınar, İ., “An Empirical Model for the Noise Propagation in Open Cast Mines - A Case Study”, *Applied Acoustics*, 68(9): 1026-1035, (2007).
- [20] Şensöğüt, C., “Occupational Noise in Mines and Its Control – A Case Study”, *Polish Journal of Environmental Studies*, 16(6): 939-942, (2007).
- [21] Erol, İ. ve Su, O., “Mekanize Bir Yeraltı Maden İşletmesinde Gürültü Seviyelerinin İncelenmesi”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2): 191-200, (2015).
- [22] Parnell, J., “Acoustic Signature of Open Cut Coal Mines” *Proceedings of Australian Acoustical Society Conference*, Hunter Valley, Australia, (2015).
- [23] Dereköy, F.S., “Bir Mermer Fabrikasındaki Gürültünün Çalışan İşçiler Üzerindeki Odyolojik Etkileri”, *Kulak Burun Boğaz Klinikleri*, 2(1): 7-10, (2000).
- [24] Şengün N., Altındağ R., Demirdağ S. ve Koççaz C.E., “Mermer İşleme Fabrikalarında Oluşan Gürültü Kirliliğinin İşçi Sağlığı ve İlgili Mevzuat Açısından Değerlendirilmesi”, *İ.T.Ü. 12. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 427-432, (2010).
- [25] Çınar İ., ve Şensöğüt C., “Mermer Hazırlama Tesislerinde Oluşan Gürültünün İşçiler Üzerindeki Maruziyet Değerlerinin Belirlenmesi”, *Maden*

- İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu**, Adana, 335-344, (2015).
- [26] Taştan H.T., “Granit Fabrikalarında Gürültü Maruziyetinin Değerlendirilmesi”, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, **İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**, Ankara, (2016).
- [27] Ergün, F., Toprak, R. ve Aktürk, N., “Açık Ocak Maden İşletmelerinin Neden Olduğu Çevresel Gürültü”, **Hacettepe Üniversitesi Çevre Bilimleri**, 6: 1-9, (2004).
- [28] Mutlu, A., “Madencilikte Gürültüye Bağlı İşitme Kayıplarının Tespiti: Taş Kırma Eleme Tesisi Örneği”, **Yüksek Lisans Tezi**, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, (2010).
- [29] Kosala, K. and Bartłomiej, S., “Analysis of Noise Pollution in an Andesite Quarry with the Use of Simulation Studies and Evaluation Indices”, **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, 22(1): 92-101, (2016).
- [30] Toppila, E., Pyykkö, I. and Pääkkönen, R., “Evaluation of The Increased Accident Risk From Workplace Noise”, **Finnish Institute of Occupational Health International Journal Of Occupational Safety And Ergonomics**, 15(2): 155-162, (2009).
- [31] Aybek, A. ve Arslan, S., “Bazı Tarıma Dayalı Sanayi Kuruluşlarında Gürültü Düzeyleri”, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, 8(2): 121-127, (2005).
- [32] Engel, J.R. and Kosala, K., “Sources of Vibroacoustic Hazards in Open-Pit Mines of Mineral Raw Materials”, **Archives of Acoustics**, 32(2): 251-262, (2007).
- [33] Kovalchik, P.G., Duda F.T. and Harper G.S., “Technique for estimating the sound power level radiated by pneumatic rock drills and the evaluation of a CSIR prototype rock drill with engineering noise controls”, **The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, 100: 295-299, (2009).
- [34] Çınar İ., and Şensöğüt C., “Evaluation of Noise Measurements Performed in Mining Sites for Environmental Aspects”, **International Journal of Environmental Research**, 7(2): 383-386, (2013).
- [35] Pleban, D., Piechowicz, J. and Kosala, K., “The Inversion Method in Measuring Noise Emitted by Machines in Opencast Mines of Rock Material”, **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, 19(2): 321-331, (2013).
- [36] Akbay, D., “Antalya-Kemer-Tekirova Karayolu Güzergahında Bulunan Altan Ayağ Tünelindeki (T3 Tüneli) Delik Delme Performans Analizi”, **Yüksek Lisans Tezi**, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimler Üniversitesi, Isparta, (2013).
- [37] Özmen, A., “Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik Hükümlerinin Örneklerle ve Saha Uygulamalarıyla Açıklanması”, **İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**, ÇSGB İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, (2014).
- [38] Öztürk N., “Açık işletmelerde ağır iş makinesi operatörlerinin gürültü, titreşim ve toz maruziyetlerinin değerlendirilmesi”, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, **İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**, Ankara, (2016).
- [39] Erdem B., Duran Z., Doğan T. ve Yüksel H., “Açık Maden İşletmelerindeki İş Makinesi Operatörlerinin Gürültü Maruziyetinin İncelenmesi”, **Bilimsel Madencilik Dergisi**, 56 (4): 148-165, (2017).
- [40] Ziel, A., “**Noise in Measurements**”, John Wiley & Sons Inc., New York, (1976).
- [41] Özgüven, N., “**Endüstriyel Gürültü Kontrolü**”, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 1986.
- [42] Baranek, L.L. and Ver, I.L., “**Noise and Vibration Control Engineering; Principles and applications**”, John Wiley & Sons Inc., New York, (1992).
- [43] Malchaire, J., “**Sound measuring instruments, in Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control**”, Publication Series from the Federal Institute for Occupational Safety and Health, Document published on behalf of the World Health Organization-Dortmund, Berlin, (2001).
- [44] Barron, R.F., “**Industrial Noise Control and Acoustics**”, Marcel Dekker Inc., New York, (2003).
- [45] Michael, P.L. and Michael, K.L., “**Noise Measurement in Occupational Hearing Loss**”, CRC Press Taylor & Francis Group, New York, (2006).
- [46] Camkurt, M.Z., “İşyeri çalışma sistemi ve işyeri fiziksel faktörlerinin iş kazaları üzerindeki etkisi”, **TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi**, 20(6): 80-106, (2007).
- [47] TS EN ISO 9612, “**Akustik-Çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün belirlenmesi - Mühendislik yöntemi**”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2009).
- [48] Pathak, K., “Modelling and Prediction of Environmental Noise Levels Near Mechanised Surface Mines and Quarries”, **PhD Thesis**, Imperial College, London, (1996).