

Araştırma Makalesi

Bir Kurşun Madeninde Titreşim ve Gürültü Maruziyetlerinin Araştırılması

Seren TÜRKYILMAZ YAZGI^{1*} , Sezgin AYGÜN² 

Gönderim: 25.07.2024

Kabul: 19.09.2024

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye, seren.turkyilmaz@comu.edu.tr

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Çanakkale, Türkiye, saygun@comu.edu.tr

* Sorumlu yazar

Özet: Bu çalışma Marmara Bölgesi'nde bir kurşun madeninde fiziksel risk etmenlerinden olan gürültü ve titreşimin iş sağlığı ve güvenliği yönünden uygunluğunu belirlemek amacıyla 2021 ve 2023 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Kurşun madeninde, A Galerisi'nde gürültü, iç ortam gürültü ölçümleri ve titreşim ölçümleri alınmış, elde edilen sonuçlar ilgili standartlar ile karşılaştırılmış ve çeşitli tablo ve grafikler yardımı ile yorumlanmıştır. Kişisel gürültü ölçüm sonuçları 2023 yılında 2021 yılına göre oransal olarak azalmış fakat standartların üzerinde olduğu saptanmıştır. İç ortam gürültü düzeyi de 2021'den 2023'e artış göstermiş ve 2023 yılında standartların üzerine çıkmıştır. Titreşim ölçüm sonuçları incelendiğinde 2021 yılına göre 2023 yılında artış olduğu görülmüştür. Hem gürültü hem de titreşim değerlerini standartların altına düşürülmesi çalışanlarda ciddi sağlık ve güvenlik risklerini en aza indirmek için çok önemli olup, gerekli kontroller, eğitimler, çalışma yöntem değişimleri, uygun koruyucu donanımlar ve yeni teçhizatlar ile gerekli önlemleri almak mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Kurşun madeni; gürültü; titreşim; iş sağlığı ve güvenliği

Investigation of Vibration and Noise Exposures in a Lead Mine

Abstract: This study was carried out in 2021 and 2023 to determine the suitability of occupational health and safety features of temperature and vibration, which are physical risk factors, in a lead mine in the Marmara Region. In the lead mine, noise, indoor noise, and vibration measurements were conducted in Gallery A. The obtained results were compared with relevant standards and analyzed using various tables and graphs. Personal noise measurement results decreased proportionally in 2023 compared to 2021, but were operated above the standards. Indoor noise level also increased from 2021 to 2023 and exceeded the standards in 2023. The resolution of vibration measurement results appeared in 2023 compared to 2021. Reducing the standards of both noise and rating values is very important to minimize serious health and safety risks for employees, and it is possible to take the necessary precautions with the necessary controls, training, changes in working methods, appropriate protective equipment and new technologies.

Keywords: Lead mine; noise; vibration; occupational health and safety

1. Giriş

Son yıllarda dünya genelinde ve ülkemizde yaşanan sanayileşme faaliyetleri, teknolojik gelişme ve otomasyon süreçleri ile beraber çeşitli sektörlerin bu gelişmelere adapte olma süreçlerinde, çalışma alanlarında çeşitli sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu sorunlar ve öngörülen tehlikeler doğrultusunda, çalışanları korumak amacıyla geliştirilen sistemlere ihtiyaç duyulmuştur. Bunun sonucunda iş yerlerinde, işin yürütülmesi esnasında ortaya çıkabilecek ve çalışan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek durumların önlenmesi için sistemli ve bilimsel çalışmalar yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, özel tehlikelerin ve olumsuz sağlık durumlarının önlenmesi amacıyla yapılan çalışmalar iş sağlığı ve güvenliği çerçevesinde değerlendirilmektedir.

İşyerlerinde meydana gelebilecek iş kazaları ve meslek hastalıkları, işyerinde yürütülen temel işin doğası gereği sektörel farklılıklar göstermektedir. Çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyeli taşıyan tehlikeler, iş sağlığı ve güvenliği değerlendirmelerinde kritik bir öneme sahiptir. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın belirlediği tehlike sınıfları tebliğine göre işyerleri; az tehlikeli, tehlikeli ve çok tehlikeli işler olarak üç ana kategoride toplanmaktadır. Özellikle madencilik sektörü, çok tehlikeli işler kategorisinde yer almakta olup, maden kömürü işletmeciliği, krom, bakır gibi madenlerin üretimi ve zenginleştirme işlemleri bu kategoriye girmektedir [1].

Madencilik, dünya genelinde en tehlikeli sektörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu sektörde iş kazası ve meslek hastalıklarının yüksek oranda görülmesinin nedenleri arasında kullanılan patlayıcı maddeler, zararlı gazların varlığı, yangın riski ve ağır ekipman kullanımı gibi unsurlar bulunmaktadır. Maden işletmeleri, açık ocak ve kapalı ocak olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir. Açık ocak madenciliği, kapalı ocak madenciliğine göre iş kazası ve meslek hastalıkları açısından daha güvenli kabul edilirken, kapalı ocak madenciliğinde karşılaşılan tehlikeler arasında karbondioksit, karbonmonoksit, metan gibi gazlar ve grizu patlamaları yer almaktadır. Bu derecede tehlike içeren bir çalışma alanında iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesi için iş sağlığı ve güvenliği yönetiminin etkin bir şekilde uygulanması, çalışanların eğitilmesi ve ortam ölçümlerinin düzenli olarak yapılması gerekmektedir [2]. İş sağlığı ve güvenliğinde fiziksel risk etmenleri olarak gürültü, titreşim, toz, radyasyon, termal konfor şartları gibi maddeler çalışma koşullarının gözetiminde büyük rol oynamaktadır. Dolayısıyla işyerlerinde bu etmenlerin ölçümleri gerçekleştirilmeli ve çalışanlarda bu konulara karşı bilinç oluşturulmalıdır. Madencilik sektöründe ise bu etmenler arasından gürültü ve titreşim kullanılan cihazlardan ve ortamın yapısından kaynaklı olarak büyük önem taşımaktadır.

Genel anlamda risk etmenleri arasında yer alan gürültüyü tanımlamak gerekirse; akustik ve fizyolojik perspektiften gürültü; harmonik ilişkisi olmayan çoklu frekans bileşenleri içeren, yüksek basınçlı ve zaman içinde basıncı değişken olan karmaşık sesler topluluğu olarak tanımlanabilir. Fizyolojik açıdan ise hoş gitmeyen her tür ses gürültü kategorisine girer [3]. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) insan sağlığını fiziksel, ruhsal ve sosyal iyilik hali olarak tanımlaması ışığında, gürültü kirliliği önemli bir çevresel risk faktörüdür ve insan sağlığını dört ana başlık altında etkiler. Bu etkileri fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performansa yönelik etkiler olarak sıralayabiliriz. Diğer bir yandan bu etkiler, işitme kaybından stres yanıtının tetiklenmesine, psikolojik rahatsızlıklardan öğrenme ve çalışma performansının düşmesine kadar değişebilir [4].

Sağlıklı bir birey (20-20000) Hz frekans aralığındaki ve 0 dB-140 dB arasındaki sesleri duyabilmektedir [5]. İnsan kulağı düşük ve yüksek frekanslı seslere nazaran orta frekanstaki seslere

daha duyarlıdır. Dolayısıyla orta frekanstaki sesler insan kulak sağlığı için daha zararlıdır. Düşük frekanstaki seslerin engelleri aşarak kişiye ulaşması da daha kolay olduğundan, engellenmeleri ve kişisel korumalarının sağlanması daha güç olmaktadır. Diğer bir deyişle düşük frekanslı seslerin şiddetini azaltmak için ses emici ekipmanların kalın olması gerekmektedir [6].

İş sağlığı ve güvenliğinde değerlendirilmesi gereken diğer bir risk etmeni ise titreşimdir. Titreşim, özellikle madencilik sektöründe sıklıkla karşılaşılan bir durum olup, enerjinin potansiyel ve kinetik haller arasındaki dönüşümü sonucunda meydana gelen mekanik salınımlar olarak tanımlanabilir. Bu süreç, özellikle maden ocaklarındaki delme, patlatma, taşınma ve öğütme işlemleri sırasında ön plana çıkar. Madencilik ekipmanlarının işletilmesi sırasında üretilen titreşimler genellikle istenmeyen bir etki olarak enerji kayıplarına yol açar ve çalışma ortamında istenmemektedir [7]. Bu istenmeyen titreşimler, ekipmanların dengesiz çalışmasından, mekanik parçaların düzensiz sürtünmesinden veya operasyonel işlemlerin doğasından kaynaklanabilir. Söz konusu titreşimlerin sonuçları, madencilik sektöründe çalışan bireylerin sağlığı üzerinde ciddi etkiler yaratabilir ve uzun vadede meslek hastalıklarına yol açabilir. Dolayısıyla, madencilik endüstrisinde titreşimin kontrol altına alınması ve minimize edilmesi, iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük önem taşır. Madenlerde kaya deliciler ile çalışanlarda titreşim maruziyeti daha çok ellerde ve kollarda dolaşım bozukluğuna sebep olmaktadır [8]. Tüm vücut titreşimi, vücuda çeşitli yollarla giren ve vücudun titreşimin girdiği noktadan komşu organları da etkileyebilecek titreşim türüdür. Ayaklar yoluyla iletilen titreşimler, alt vücut üzerinde etkili olabilir ve genel duruş ve dengeyi etkileyebilir. Kalça yoluyla giren titreşimler alt sırtı etkileyebilir ve bu da kas-iskelet sistemini etkileyebilir. Sırt yoluyla giren titreşimler, omurgayı ve üst vücudu etkileyebilir, bu da rahatsızlık veya uzun vadeli sağlık sorunlarına yol açabilir. Kafanın arkasından iletilen titreşimler, beyin ve boynu etkileyebilir, bu da baş ağrılarına veya diğer nörolojik etkilerle sonuçlanabilir [9].

Bu durumlara örnek olarak; Erol ve Su tarafından 2015 yılında yapılan bir araştırmada, mekanize bir yeraltı maden işletmesinde kullanılan makinelerin gürültü seviyelerini incelenmiştir. Çalışanlar için maruz kalınan gürültü seviyeleri ölçülmüş ve gürültü yönetmelikleri ile karşılaştırılmıştır. Bulgular, belirli makinelerin gürültü maruziyet sınır değerlerinin üzerinde olduğunu göstermektedir, bu da uzun vadede işitme kaybı gibi meslek hastalıklarına yol açabilir. Makalenin değerlendirme kısmında, gürültü maruziyetini azaltmak için kulak koruyucu kullanımı gibi koruyucu önlemler ve iş sağlığı uygulamalarının artırılması önerilmektedir [10].

Duran ve ark., 2018 yılında Sivas ve çevresindeki illerde yaptıkları çalışmada 67 adet maden makinesi üzerinde gürültü ölçümlerini ve bu ölçümlerin frekansla ilişkisini incelemişlerdir. İnsan kulağının duyarlılık gösterdiği (20-20000) Hz frekans aralığında, gürültü düzeyleri farklı frekans aralıklarında değişiklik göstermiş, özellikle düşük frekans aralığındaki makinelerin operatörler üzerinde yorgunluk ve konsantrasyon bozukluğu gibi olumsuz etkiler yarattığı gözlemlenmiştir. Çalışma, gürültü düzeylerinin zamanla nasıl değiştiğini sınıflandırarak, maden makinelerinin çoğunun kararsız gürültü ürettiğini ortaya koymaktadır. Bu araştırma, ayrıca gürültünün maruz kalma süresi ve frekans içeriği gibi etmenlerin işitme sağlığı üzerindeki etkilerini değerlendirerek, etkili koruma yöntemleri ve mühendislik çözümleri sunmayı amaçlamaktadır. Sonuç olarak, maden makinelerinin ürettiği gürültünün insan sağlığı üzerindeki olası uzun vadeli etkilerini azaltacak düzenlemelerin önemi vurgulanmaktadır [11].

Erol, 2022 yılında yeraltı kömür madeni operatörlerinin maruz kaldıkları gürültü ve titreşim değerlerini incelemiştir. Çalışmada, kullanılan çeşitli maden makineleri ve operatörlerin bu makinelerle yaptıkları çalışmalar sırasında ortaya çıkan gürültü ve titreşim miktarları ölçülmüş, elde edilen sonuçlar mevcut yönetmeliklerle kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulguları, tüm makina operatörlerinin kulak koruyucu kullanmalarına rağmen, gürültü ve titreşime daha fazla maruz kaldığını ortaya koymuştur. Ayrıca, operatörlerin kişisel gürültü ve titreşim maruziyetleri arasında %88 gibi yüksek bir ilişki saptanmıştır. Sonuç olarak, gürültü ve titreşim maruziyetinin azaltılması için çeşitli önlemlerin alınması gerektiği vurgulanmıştır [12].

Yağcı ve ark. (2022), madencilik sektöründe görülen ergonomik risk faktörlerini ve bu risklerin iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, fiziksel, kişisel, psikososyal, organizasyonel ve çevresel boyutlarda ergonomik riskler sınıflandırılmıştır. Madencilik sektörünün yüksek kazanç ve üretim hedeflerinin, çalışanların maruz kaldığı ergonomik risklerle dengelenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Araştırma, ergonomik risklerin azaltılması için sistemli çözümler önerileri ve koruyucu önlemler sunarak madencilikte iş sağlığı ve güvenliği standartlarının artırılmasının önemine dikkat çekmektedir [13].

Tekin ve ark., 2023 yılında, Türkiye'nin Soma havzasında yeraltı madenlerinde çalışan işçilerin gürültü maruziyetini ve bu maruziyetin kardiyovasküler sistem üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırma, 100 maden işçisinin fizyolojik sinyallerini ölçerek, bu verileri istatistiksel yöntemlerle analiz etmiştir. Bulgular, gürültü maruziyetinin kardiyovasküler risk faktörü olduğunu göstermekte ve işçilerin kan basıncı, oksijen saturasyonu (doygunluk), nabız ve solunum hızları gibi değerlerinde değişiklikler tespit edilmiştir. Çalışma, kardiyovasküler değişiklikler ile gürültü arasında sebep sonuç ilişkisi olduğu ve bunun da bireysel duyarlılıklardan da kaynaklanabileceğini öne sürmektedir [14].

Bu çalışmada, fiziksel risk etmenlerinden olan gürültü ve titreşimin kurşun madenindeki çalışanlar üzerindeki etkileri 2021 ve 2023 yılları arasında alınan veriler ışığında karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve sonuçlar ilgili yönetmelikler göz önünde bulundurularak yorumlanmıştır.

2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada, Marmara Bölgesinde bulunan bir kurşun madeninde iş sağlığı ve güvenliği açısından fiziksel risk etmenlerinden gürültü ve titreşimin yönetmelik sınır değerlerinin altında olup olmadığı araştırılmış ve elde edilen verilere göre alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Ölçümler 2021 ile 2023 yıllarında yapılmış olup karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ölçüm sonuçları, gürültü ve titreşime karşı alınan önlemlerin yeterli olup olmadığının sağlıklı olarak belirlenmesi için aynı galerilerde tekrarlanmış, ortam koşulları göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Gürültü ölçümünde Şekil 1'de görülen Svantek-Sv104 marka dozimetre cihazı kullanılmış olup, iç ortam gürültü ölçümlerinde ise Svantek-957 marka cihaz kullanılmıştır.



Şekil 1. İç ortam gürültü ölçümlerinde kullanılan Svantek-957 marka (solda) ve gürültü ölçümü için kullanılan Svantek-Sv104 marka dozimetre cihazları (sağda)

Gürültü ölçümleri yapılırken Leq (Eş değer gürültü seviyesi) hesabı, ses basınç seviyesi, ölçüm sayısı ve mesafe gibi çeşitli unsurlar oldukça önemlidir. Ses kaynağı periyodik ise ölçme zamanı periyodun tamamını en az üç kere içermelidir [15]. Böyle bir periyot boyunca sürekli ölçme yapılamıyorsa ölçme zaman aralıkları her bir zaman aralığı çevrimin bir bölümünü temsil edecek şekilde ve hepsi birlikte tüm çevrimi temsil edecek şekilde seçilmelidir [16].



Şekil 2. Titreşim ölçümü için kullanılan SVANTEK Svan 958 marka titreşim ölçüm cihazı ve cihazın kullanımı

Titreşimin özellikleri; frekans, büyüklük, yönü (x, y, z eksenleri) ve maruziyet süresi (günlük, yıllık), maruziyet türü (devamlı, aralıklı, dinlenme aralıklı) ve biriken maruziyet süresine göre değişmektedir [17]. Çalışanlar üzerinde gerçekleştirilen El-Kol Titreşim Ölçümleri TS EN 5349-1 ve TS EN 5349-2 standartlarına uygun olarak yapılmak zorundadır.

Kişisel titreşim maruziyeti ölçümlerinde Şekil 2'de gösterilen SVANTEK Svan 958 marka titreşim ölçüm cihazı kullanılmıştır. El kol titreşim ölçümünde transdüserin x, y, z yönleri aşağıda belirtil-

diği gibidir. Transdüser ölçüm yapılan kişinin sağ eli ile borunun yüzeyi arasına yerleştirilmiştir. Buna göre;

X – yönü: El ayasının altında kalan eksendir.

Y – yönü: İki eksene diktir ve başparmağa olan yönde pozitiftir.

Z – yönü: Elin üçüncü parmağının bağlandığı tarak kemiğinin uzunlamasına eksenini olarak tanımlanır [18, 19].

3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde Marmara bölgesinde faaliyet gösteren bir kurşun madenine ilişkin 2021 ve 2023 yılları arasında elde edilen gürültü ve titreşim değerleri karşılaştırmaları tablo, çizelge ve grafikler yardımı ile aşağıdaki gibi hesaplanmış ve sonuçlar analiz edilmiştir.

3.1. 2021 ve 2023 Yılları Arasındaki Gürültü Ölçüm Analizleri

Kurşun madenine ilişkin yapılan işlerin tanımı ve çalışan sayısı gibi bilgiler Tablo 1’de aşağıdaki gibidir.

Tablo 1. *Gürültü ölçüm analizi yapılan madenin işletme bilgileri*

Yıl	İşletme Bölümü	Yapılan İşler	Çalışan Sayısı
2021	A Galerisi	Yer altı maden ocağında delik delme, maden çıkarma, yükleme işlemleri yapılmaktadır.	31
2023	A Galerisi	Yer altı maden ocağında delik delme, maden çıkarma, yükleme işlemleri yapılmaktadır.	40

Kurşun madeninin ortam sıcaklığı, basıncı ve nemi gibi özellikleri ise aşağıda gösterilmiştir.

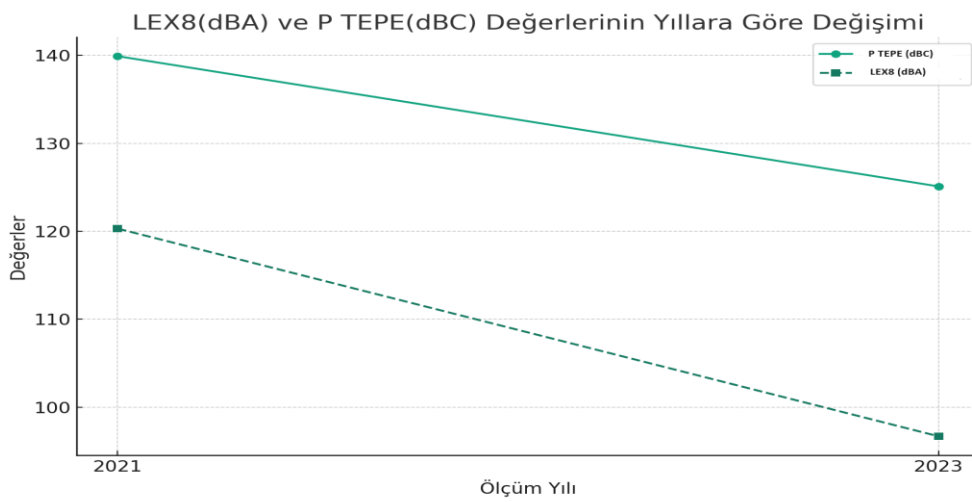
Tablo 2. *Gürültü ölçüm analizi yapılan madenin ortam ölçümleri*

Ölçüm Tarihi	Ortam Sıcaklığı (°C)	Ortam Basıncı (hPa)	Ortam Nemi (%RH)
16.06.2021	17	1015,4	74
08.09.2023	28,8	1013,2	51

TS EN ISO 9612-2009 standardına göre görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları 2021 ve 2023 yılları için verilmiş olup, Şekil 3’de ise $L_{EX8}(dBA)$ yani en düşük maruziyet eylem değeri ve $P_{TE-PE}(dBC)$ değerlerinin yıllara göre değişim grafiği aşağıda sunulmuştur.

Tablo 3. TS EN ISO 9612-2009 standardına göre görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Gerçekleştirilen İşler		Ölçüm Süresi (dk)	Maruziyet Süresi (dk)	A-Ağırlıklama	C-Ağırlıklama
			Görev Tanımı	Süre dk			$L_{EX8}(dBA)$	$P_{TEPE}(dBC)$
2021	X Kişisi	A Galerisi	Delik Delme	180	30	180	120,3	139,9
2023	Y Kişisi	A Galerisi	Maden Çıkarma	180	15	180	96,7	125,1

**Şekil 3.** $L_{EX8}(dBA)$ ve $P_{TEPE}(dBC)$ değerlerinin değişim grafiği

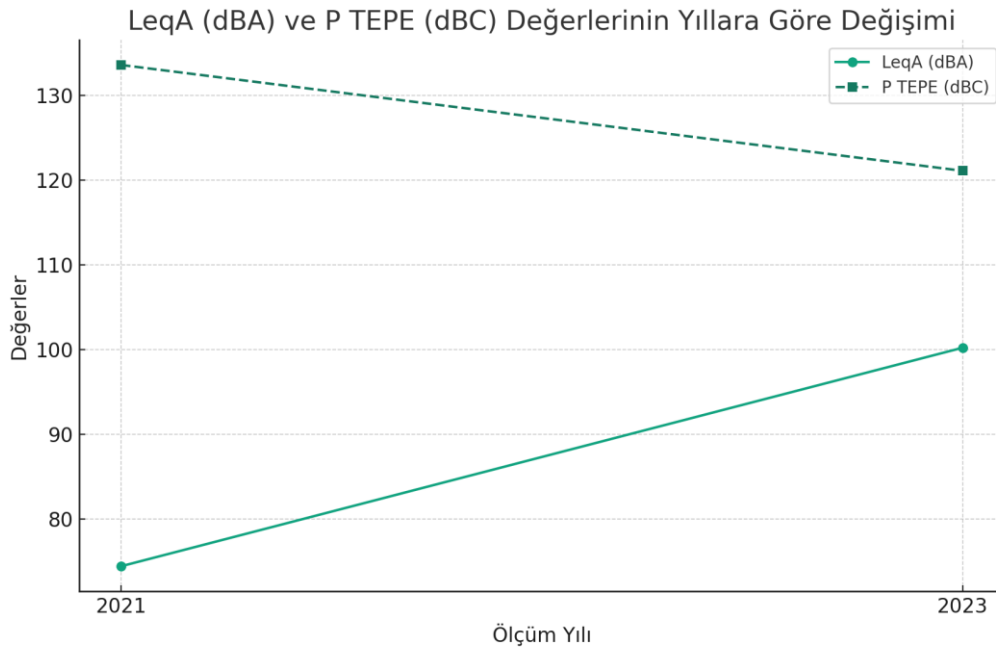
Bu sonuçlara göre, 2021'den 2023'e gürültü maruziyet seviyelerinde bir düşüş görülmektedir. Ancak her iki yıl için de $L_{EX8}(dBA)$ ve P_{TEPE} değerleri, TS EN ISO 9612-2009 standardında belirtilen kabul edilebilir sınırların üzerindedir. Özellikle $L_{EX8}(dBA)$ değeri, en düşük 8 saatlik maruziyet eylem değerini ifade eder ve günlük gürültü maruziyetinin 80 dBA'nın üzerinde olması durumunda koruyucu önlemlerin alınması gerektiğini belirtir. P_{TEPE} değeri ise anlık gürültü zirvelerini belirtir ve yasal olarak 135 dBC'nin altında olmalıdır. Bu değerler, çalışanların ciddi işitme kaybı riski altında olduğunu göstermektedir. Gürültü maruziyet seviyelerindeki bu düşüş, alınan önlemlerin etkisini gösteriyor olabilir. Ancak, değerler hala yüksek olduğundan, daha etkili gürültü kontrol stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Gürültüyü azaltma yöntemleri (örneğin makinelerin bakımı, ses yalıtımı) ve çalışma pratiklerinin (örneğin maruziyet sürelerinin kısaltılması) iyileştirilmesine devam edilmelidir. Çalışanlara yönelik eğitim programları ile gürültünün potansiyel sağlık etkileri ve korunma yöntemleri hakkında bilgilendirme yapılmalıdır. Gürültü seviyeleri kabul edilebilir limitlerin üzerinde olduğunda, işitme koruyucuların kullanımı zorunludur. Kişisel koruyucu donanımların doğru kullanımı ve bakımı konusunda çalışanlar düzenli olarak eğitilmelidir. Bununla beraber, Kurşun madeni için iç ortam gürültü ölçümlerine ait bilgi ve değerler Tablo 4'da gösterilmiştir.

Tablo 4. İç Ortam Gürültü Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Yılı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Zemin Bilgileri	Ölçüm Süresi (dk)	LeqA (dBA)	P _{TEPE} (dBC)
2021	A Galerisi	Toprak	5	74,40	133,6
2023	A Galerisi	Toprak	5	100,2	121,1

LeqA (dBA) Değerleri: LeqA, belirli bir süre zarfında maruz kalınan ortalama gürültü seviyesidir ve genellikle işitme kaybı riskinin değerlendirilmesinde kullanılır. TS EN ISO 9612-2009 standardına göre, 80 dBA üzerindeki değerler işitme koruyucu kullanımını gerektirirken, 85 dBA ve üzeri uzun süreli maruziyet ciddi sağlık riskleri oluşturur. 2021'de LeqA değeri 74,40 dBA iken, 2023'te 100,2 dBA'ye yükselmiştir. Bu artış, çalışma ortamındaki gürültü seviyesindeki önemli bir yükselişi ve potansiyel sağlık risklerinin artışı göstermektedir. P_{TEPE}, maruz kalınan maksimum anlık gürültü seviyesidir. Anlık gürültü darbeleri, işitme üzerinde aniden zararlı etkiler yapabilir. TS EN ISO 9612-2009 standardına göre, 135 dBC'nin altındaki değerler genellikle güvenli kabul edilir. Her iki yıl için de P_{TEPE} değerleri (133,6 ve 121,1 dBC) kabul edilebilir sınırlar içindedir, ancak yüksek seviyeler işitme korumasının önemini vurgular.

Beş dakikalık zaman zarfı içerisinde maruz kalınan ortalama gürültü seviyesi ve maruz kalınan maksimum anlık gürültü seviyesine ait ölçümlerin yıllara göre değişimi Şekil 4'te gösterilmiştir.

**Şekil 4.** LeqA (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği

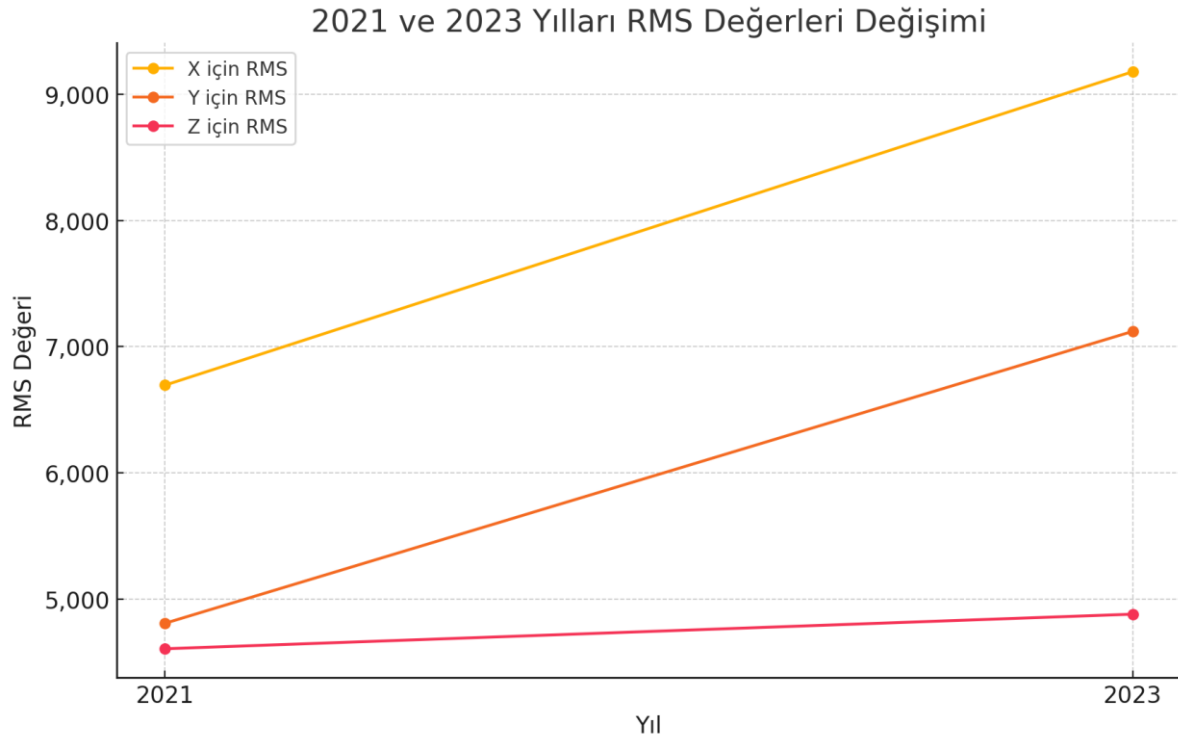
Arka plan gürültüsü, ölçüm yapılan ortamdaki ana işlemler dışındaki gürültüdür ve genel maruziyet değerlendirilmesinde dikkate alınmalıdır. 2021 yılında arka plan gürültü seviyesi 56,3 dBA olarak ölçülmüş, ancak 2023 yılında bu değer verilmemiştir. Arka plan gürültüsünün düşük olması, ana işlemlerin gürültü maruziyetindeki asıl katkıyı gösterir.

3.2. 2021 ve 2023 Yılları Arasındaki Titreşim Ölçüm Analizleri

2021 ve 2023 yılları arasında titreşim ölçümünün yapıldığı Kurşun madeninde işletme bilgileri ve ortam ölçümleri yukarıda verilen Tablo 1 ve Tablo 2'deki gibidir. TS EN ISO 5349-1, 2 Standardına göre El Kol Titreşim değerleri; el-kol titreşiminde; sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri yani MSD: 5 m/s^2 sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri yani MED: $2,5 \text{ m/s}^2$ dir. El-kol titreşiminde maruziyet düzeyinin değerlendirilmesi sekiz saatlik bir referans döneme A(8) normalize edilen günlük maruziyet değerinin hesaplanmasına dayalı olarak, frekans ağırlıklı ivme değerlerinin karelerinin toplamının (RMS) karekökü olarak ifade edilir. Ayrıca; Tüm vücut titreşiminde; sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri: $1,15 \text{ m/s}^2$ ve sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri: $0,5 \text{ m/s}^2$ olarak belirlenmiştir. [20]. Aldığımız ölçüm sonuçlarından elde ettiğimiz veriler aşağıda Tablo 5'de, bu değerler yardımı ile çizilen grafik Şekil 5'te ve ölçüm yıllarına göre ortalama RMS değerleri ise Tablo 6'de aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

Tablo 5. TS EN ISO 5349-1,2 Standardına göre El Kol Titreşim Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Yılı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Ölçüm Alınan Konum	Maruziyet Süresi (dk)	Ölçüm Süresi (saniye)	RMS Değerleri m/sn^2		A(8) Titreşim Değerim/ sn^2	<MED m/sn^2	<MSD m/sn^2
2021	A Galerisi Havalı Tabanca	Sağ El	120	20	X	6,808	4,651	2,5	5
					Y	3,832			
					Z	5,346			
				20	X	6,660			
					Y	4,482			
					Z	4,892			
				20	X	6,615			
					Y	5,882			
					Z	3,345			
2023	A Galerisi Havalı Tabanca	Sağ El	120	60	X	8,502	6,114	2,5	5
					Y	7,771			
					Z	5,303			
				60	X	8,204			
					Y	5,861			
					Z	3,819			
				60	X	10,641			
					Y	7,577			
					Z	5,358			



Şekil 5. Ölçümlere göre ortalama RMS değerleri

Tablo 6. Ölçüm yıllarına göre ortalama RMS değerleri

Ölçüm Yılları	RMS Değerleri (m/s ²)
2021	X için RMS: 6,695 Y için RMS: 4,808 Z için RMS: 4,606
2023	X için RMS: 9,179 Y için RMS: 7,121 Z için RMS: 4,880

Titreşimin büyüklüğü, hareketin ivmesinin ortalama değeri, genellikle karelerin toplamının karekökü olan RMS (Root Mean Square) değeri ile verilir. RMS değerlerinin artışı, özellikle X, Y ve Z eksenlerinde, işçilerin maruz kaldığı titreşim gücünde belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Bu artış, uzun vadeli maruziyetin sonuçları açısından endişe vericidir. Çünkü el-kol titreşimine bağlı sağlık sorunları doza ve süreye bağlıdır. Yüksek RMS değerleri, vasküler, nörolojik ve kas-iskelet sistemi üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir bu da Raynaud fenomeni (beyaz parmak), nöropati ve tendonitis gibi meslek hastalıklarına neden olabilir [21]. Ölçüm süresinin 20 saniyeden 60 saniyeye çıkarılması, elde edilen verilerin güvenilirliğini artırır ve gerçek çalışma koşullarının daha iyi bir temsilini sağlar. Bu, risk değerlendirmesinin doğruluğunu artırarak, alınacak önlemlerin daha etkili olmasını sağlar.

A(8) değeri 8 saatlik frekans ağırlıklı toplam titreşim değeri olup; A(8) değerindeki artış, işçilerin gündelik maruziyetlerinin zamanla arttığını ve bu durumun işçi sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğini gösterir. A(8) değeri, işçilerin titreşim maruziyeti açısından güvenli sınırların belirlenmesinde kullanılır. Bu değerlerin artması, işçilerin el-kol titreşim sendromu riskinin arttığını gösterir. RMS ve A(8) değerlerindeki artış, mevcut ekipmanın ve iş pratiklerinin gözden geçirilmesini gerektirir. Ekipmanın modern, daha az titreşim üreten modellerle değiştirilmesi, iş pratiklerinin titreşim maruziyetini azaltacak şekilde düzenlenmesi, titreşim sönümleyici materyallerin kullanımı, işçilerin düzenli aralıklarla mola vermesi ve farklı işler arasında rotasyon yapması gibi önlemler uygulanabilir. İşçilere el-kol titreşimine bağlı riskler ve önleyici stratejiler hakkında eğitim verilmesi önemlidir. Bu, işçilerin maruziyeti azaltmak için kendi sağlıklarını koruma bilincini artırır.

4. Sonuç ve Tartışma

Marmara Bölgesinde faaliyet gösteren bir yeraltı kurşun madeninde 2021 ve 2023 yıllarında gerçekleştirilen gürültü ve titreşim ölçümlerinin analizlerinden elde edilen sonuçlar şu şekildedir: Tablo 3’de açıkça görüldüğü gibi 2021 ve 2023 yılları arasında gürültü maruziyet seviyelerinde gözlenen düşüş olumlu bir gelişme olmakla birlikte, değerlerin hala TS EN ISO 9612-2009 standardının önerdiği limitlerin üzerinde olması, iş sağlığı ve güvenliği açısından ciddi endişeler doğurur. Gürültü yönetmeliğine göre belirlenen maruziyet limit değerleri, işyerlerindeki gürültü düzeylerinin çalışan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla konmuştur. Yönetmelik genellikle günlük maruziyet limitini ve pik gürültü değerlerini belirler. 2021 yılında alınan ölçüm delik delme işlemi sırasında gerçekleşmiş, toplam çalışma süresi 180 dakika iken, gürültüye maruz kalma süresi 30 dakika olarak kaydedilmiştir. A-ağırlıklamada 120,3 dBA ve C-ağırlıklamada 139,9 dBC olarak ölçülen değerler, genellikle kabul edilen günlük en yüksek maruziyet limiti olan 85 dBA'nın çok üstündedir. Ayrıca, C-ağırlıklamada ölçülen pik değer, genellikle kabul edilen (günlük en yüksek maruziyet limiti) 140 dBC'nin altında olmasına rağmen, bu seviyeye yakın bir değer göstermektedir. Bu durum, işitme koruması ve diğer önleyici tedbirlerin gözden geçirilmesini zorunlu kılar. 2023 yılında Y Kişisi'nin maden çıkarma işlemi sırasında gerçekleştirilen ölçümde, A-ağırlıklamada 96,7 dBA ve C-ağırlıklamada 125,1 dBC olarak gürültü seviyeleri belirlenmiştir. Bu değerler de yönetmelikte belirtilen günlük 85 dBA limitini aşmaktadır. Maruz kalınan süre 15 dakika olmasına rağmen, gürültü düzeylerinin yüksekliği nedeniyle risk değerlendirmesi ve gürültü kontrol stratejileri önem arz etmektedir. Genel olarak iki ölçüm karşılaştırıldığında yönetmelik değerlerini aşan gürültü seviyelerini ortaya çıkmaktadır. Bu durum, çalışma ortamında işitme kaybı riskinin yüksek olduğunu göstermekte, özellikle madencilik gibi yüksek gürültü seviyelerinin olduğu sektörlerde, iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin güçlendirilmesi, gürültü maruziyetini azaltacak teknik ve idari tedbirlerin uygulanmasını vurgulamaktadır. Ayrıca, düzenli sağlık kontrolleri ve işitme koruyucu donanımların kullanımı, bu tür risklerin yönetilmesinde kritik rol oynar. Bu bağlamda, maden işletmelerinin gürültü maruziyetini azaltmak için sürekli olarak stratejiler geliştirmesi ve uygulaması, çalışan sağlığının korunması açısından hayati öneme sahiptir. Bu stratejiler, teknik kontroller, organizasyonel değişiklikler, sürekli denetimler ve çalışanların eğitimi gibi çeşitli önlemleri mutlaka içermelidir.

Tablo 5’de belirtilen değerlere göre; 2021'den 2023'e titreşim ölçüm sonuçlarındaki değişiklikler, işyerindeki mevcut risk değerlendirme ve kontrol stratejilerinin yetersiz kaldığını göstermektedir. Türkiye'de iş sağlığı ve güvenliği kapsamında, el-kol titreşimi için günlük maruziyet eylem değeri (MED)

2,5 m/s² ve günlük maruziyet limit değeri (MSD) 5 m/s² olarak belirlenmiştir. 2021 yılında yapılan ölçümlerde maruziyet limit değerine yakın bir sonuç olarak 4,651 olarak A(8) Titreşim değeri hesaplanmış iken, 2023 yılında maruziyet limit değerinin üstüne çıkarak 6,114 olarak hesaplanmıştır. Artan maruziyet değerleri, hem işverenler hem de işçiler için ciddi sağlık ve güvenlik riskleri oluşturur. Bu nedenle, titreşim maruziyetini azaltmak için kapsamlı bir yaklaşımın benimsenmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım, risk değerlendirmelerinin güncellenmesi, ekipman ve iş pratiklerinin iyileştirilmesi, makinelerin tutma kollarının titreşim önleyici malzeme ile kaplanması, sönümleyici eldiven gibi koruyucu donanımlar kullanılması, dönüşümlü çalışmaya riayet edilmesi, işçi eğitimi ve sağlık izlemesinin artırılmasını ve düzenli denetimleri içermelidir. Bu önlemler, işçi sağlığını korumak ve işyerindeki güvenliği artırmak için kritik öneme sahiptir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makaleyle ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını bildirir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder. Bu makale Prof. Dr. Sezgin AYGÜN danışmanlığında yapılan “Bir Kurşun Madeninde Fiziksel Risk Etmenlerinin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi” başlıklı doktora çalışmasından faydalanarak üretilmiştir. Çalışmamızın yayınlanması sürecinde değerli vakitlerini ayırarak, makalemizin eksiklerinin giderilmesi için görüşlerini sunan hakemlerimize teşekkürlerimi sunarım.

Referanslar

- [1] Altinel, H. (2011). İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği, Detay Yayıncılık, Ankara.
- [2] Bilim, N. (2017). Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği, M. Altın, Ş. Taşdemir (Ed.), İSG İş Sağlığı ve Güvenliği, Konya, s. 654-672.
- [3] Brandt, A. (2023). Noise and vibration analysis: Signal analysis and experimental procedures, Wiley, Aarhus University.
- [4] Sabancı, A., & Sümer, S. K. (2015). Ergonomi, Nobel Yayıncılık, Ankara.
- [5] Duran, Z., Erdem, B., ve Doğan, T. (2018). Maden Makinelerinin Frekans Gürültü İlişkisi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Derg, c6, s4, s.737-752.
- [6] Reeves, E., Randolph, F., Yantek, S., ve Peterson, J. Noise Control In Underground Metal Mining, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and health, Information circular IC 9518, Pittsburg, A.B.D.
- [7] Sabancı, A., ve Sümer, S. K. (2015). Nobel Yayıncılık, Ankara.
- [8] Güven, H. N. R. (2002). Titreşimin El Kol Üzerindeki Sağlık Etkileri, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [9] South, T. (2004). Managing noise and vibration at work: A practical guide to assessment, measurement and control, Elsevier.

- [10] Erol, İ., ve Su, O. (2015). Mekanize bir yeraltı maden işletmesinde gürültü seviyelerinin incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30(2), s.191-200.
- [11] Duran, Z., Erdem, B., ve Doğan, T. (2018). Maden Makinelerinin Frekans-Gürültü İlişkisi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(4), 737-752.
- [12] Erol, İ. (2022). Yeraltı Kömür Maden Makinaları Operatörlerinin Gürültü ve Titreşim Maruziyetlerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(1), 55-65.
- [13] Yağcı, M., Yıldızlar, O., ve Yıldırım, M. (2022). Madencilik Sektöründe Görülen Ergonomik Risk Faktörleri. Ergonomi, 5(1), s. 55-71.
- [14] Tekin, A., Nalbant, M. O., Orhan, M., Tekin, F., Suvaydan, F., Berki, K., Gümüş, S., ve Savran, A. A. (2023). Türkiye Soma Havzasında Yeraltı Maden İşçilerinin Maruz Kaldıkları Gürültü Etkilerinin İstatistiksel Analizi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(2), 449-458.
- [15] Gürültü Yönetmeliği (2013). ÇSGB, Resmi Gazete, 28.07.2013 Tarih, Sayı: 28701, Ankara.
- [16] TS ISO 1996-2, Akustik-Çevre Gürültüsünün Tarifi Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi (Kabul Tarihi: 09.11.2020)
- [17] Ruffle, P. A. B., Lee, W. R., McCallom, R. I., & Murray, R. (1987). Hunters Diseases of Occupations, Chapter 10, Sixth Edition, London.
- [18] TS EN ISO 5349-1 Mekanik titreşim-Kişilerin maruz kaldığı elle iletilen titreşimin ölçülmesi ve değerlendirilmesi (Kabul Tarihi: 27.12.2005)
- [19] TS EN ISO 5349-2 Mekanik titreşim- Kişilerin maruz kaldığı elle iletilen titreşimin ölçülmesi ve değerlendirilmesi (Kabul Tarihi: 29.11.2001).
- [20] Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik (2013). ÇSGB, Resmi Gazete, 22.08.2013 Tarih, Sayı: 28743, Ankara.
- [21] Bilir, N. (2016). İş Sağlığı ve Güvenliği,. Güneş Tıp Kitabevi, Ankara.