



YERALTI MADEN İŞLETMELERİNDE KULLANILAN AĞIR İŞ MAKİNELERİDEN KAYNAKLI TİTREŞİM VE GÜRÜLTÜ MARUZİYETİNİN OPERATÖRLER AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI: BİR MADEN ÖRNEĞİ

Ender SEZEN^{1*}

¹Üsküdar University, Faculty of Science, Department of Occupational Health and Safety, 34672, İstanbul, Türkiye

Özet: Bu çalışma, yeraltı maden işletmelerinde ağır iş makinelerinden kaynaklanan titreşim ve gürültü maruziyetinin operatörler üzerindeki etkilerini değerlendirmekte ve bu risklerin kontrolüne yönelik çözüm önerileri sunmaktadır. Gümüşhane’de faaliyet gösteren bir maden işletmesinde gerçekleştirilen saha çalışmasında, PCE-VM 31-HA titreşim ölçer ve Testo 815 gürültü ölçer cihazları ile yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler, ulusal mevzuattaki sınır ve eylem değerleriyle karşılaştırılmıştır. Bulgular ve ölçüm sonuçlarına göre, gürültü seviyelerinin 89,3–94,7 dBA aralığına kadar ulaştığı; özellikle jumbo, simba ve yer üstü kamyonlarında 85 dBA’yı ve bazı durumlarda 87 dBA sınır değerini aştığı görülmüştür. Tüm vücut titreşiminin ise 0,68 m/s² düzeyine kadar ulaştığı ve bu durumun yüzey kamyonu operatörleri için eylem değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. El-kol titreşiminin genel olarak yasal sınır değerinin altında kaldığı belirlenmiş olsa da sürekli maruz kalmanın uzun vadede kas-iskelet sistemi üzerinde olumsuz etkileri olabileceği vurgulanmıştır. Çalışmada, maruziyeti azaltmak için teknik iyileştirmeler (makine bakımı, süspansiyon ve kabin yalıtımı) ve idari önlemler (KKD kullanımı, eğitim, sağlık izleme) kritik öneme sahip olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, elde edilen veriler bazı makinelerde yasal sınır değerlerin aşıldığını göstermekte ve sadece mevzuata uyumun yeterli olmadığını, işletme temelli önleyici stratejilerin geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, çalışma yeraltı madenciliğinde fiziksel risklerin yönetimi konusunda bilimsel temelli politika geliştirme sürecine katkıda bulunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Madencilik, İş sağlığı ve güvenliği, Titreşim, Gürültü, Fiziksel risk etmenleri

Investigation of Vibration and Noise Exposure Caused by Heavy Machinery Used in Underground Mining Operations From the Perspective of Operators: A Mining Example

Abstract: This study assesses the effects of vibration and noise exposure from heavy machinery in underground mining operations on operators and proposes solutions for controlling these risks. In a field study conducted at a mining operation in Gümüşhane, data obtained from measurements taken using a PCE-VM 31-HA vibration meter and a Testo 815 noise meter were compared with the limit and action values specified in national legislation. According to the findings and measurement results, noise levels reached up to 89.3–94.7 dBA; in particular, they exceeded 85 dBA and, in some cases, the 87 dBA limit value in jumbo, simba and surface trucks. Whole-body vibration was found to reach up to 0.68 m/s², which is above the action value for surface truck operators. Although hand-arm vibration was generally found to be below the legal limit value, it was emphasised that continuous exposure could have adverse effects on the musculoskeletal system in the long term. The study indicated that technical improvements (machine maintenance, suspension and cabin insulation) and administrative measures (use of PPE, training, health monitoring) are critical for reducing exposure. Consequently, the data obtained indicates that legal limit values are exceeded in some machines and reveals that compliance with regulations alone is insufficient, necessitating the development of operation-based preventive strategies. In this context, the study contributes to the process of developing science-based policies for managing physical risks in underground mining.

Keywords: Mining, Occupational health and safety, Vibration, Noise, Physical risk factors

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Üsküdar University, Faculty of Science, Department of Occupational Health and Safety, 34672, İstanbul, Türkiye
E mail: ender.sezen@uskudar.edu.tr (E. SEZEN)

Ender SEZEN <https://orcid.org/0009-0005-7265-8420>

Gönderi: 10 Temmuz 2025

Kabul: 31 Ekim 2025

Yayınlanma: 15 Kasım 2025

Received: July 10, 2025

Accepted: October 31, 2025

Published: November 15, 2025

Cite as: Sezen E. 2025. Investigation of vibration and noise exposure caused by heavy machinery used in underground mining operations from the perspective of operators: A mining example. BSJ Eng Sci, 8(6): 1977-1984.

1. Giriş

1.1. İş Sağlığı ve Güvenliği ve Fiziksel Risk Etmenleri

İş sağlığı ve güvenliği, çalışanların fiziksel ve ruhsal sağlığını korumayı, iş kazaları ile meslek hastalıklarını önlemeyi amaçlayan sistematik bir yaklaşımdır (Horozoğlu, 2017; Karabal, 2020). Tarihsel olarak

temelleri Hammurabi Kanunları’na kadar uzanan bu alan, özellikle Sanayi Devrimi sonrası fabrikalarda ortaya çıkan tehlikeli çalışma koşulları ile daha sistemli hale gelmiştir. 19. yüzyılda artan sanayileşme, işçilerin sağlıksız ve güvensiz ortamlarda çalışmasına neden olmuş, bu durum iş sağlığı ve güvenliği alanında



düzenlemeleri zorunlu kılmıştır (Çiçek ve Öçal, 2016; Cerev ve Köseoğlu, 2018).

Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları Osmanlı dönemine kadar uzanmaktadır. Lonca sistemindeki “Orta Sandığı” uygulaması bu alandaki ilk örneklerdendir (Cerev ve Köseoğlu, 2018). Cumhuriyet döneminde ise 1921 yılında maden işçilerine yönelik düzenlemeler yapılmış, 1946’da Çalışma Bakanlığı kurulmuş ve 1971’de yürürlüğe giren 1475 sayılı İş Kanunu ile daha modern bir çerçeve oluşturulmuştur (Baradan, 2006; Cerev ve Köseoğlu, 2018). Günümüzde yürürlükte olan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ise kapsamlı bir yasal altyapı sağlamaktadır (Çiçek ve Öçal, 2016).

İşyeri risk sınıflandırmalarında işyerleri; az tehlikeli, tehlikeli ve çok tehlikeli olarak gruplandırılmaktadır. Madencilik, petrol işleme ve inşaat gibi çok tehlikeli sınıfa giren işlerde çalışanlar, başta gürültü, titreşim, nem ve sıcaklık olmak üzere çeşitli fiziksel risk etmenlerine maruz kalmaktadır (Günaydın ve Şüküroğlu, 2021; Horozoğlu, 2017). Bu tür riskler yalnızca fiziksel sağlık sorunlarına değil, aynı zamanda psikolojik stres ve bilişsel performans bozukluklarına da yol açabilmektedir (Ljungberg ve Neely, 2007; Ljungberg ve Parmentier, 2010).

Fiziksel risk etmenleri; çalışanların fiziki iyilik hallerini olumsuz etkileyebilecek, iş kazası ve meslek hastalıklarına neden olabilecek unsurlardır. Titreşim, gürültü, sıcaklık, nem, basınç ve aydınlatma bu kapsamda değerlendirilmektedir. Yeraltı madenlerinde kullanılan ağır iş makineleri, özellikle operatörler ve çevredeki çalışanlar üzerinde yoğun titreşim ve gürültü oluşturmakta, bu durum iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli riskler yaratmaktadır (Aydın ve Ayberk, 2020). Özellikle jumbo ve simba delici makineler, delme işlemleri sırasında yüksek düzeyde titreşim ve gürültüye neden olurken; kepçeler ve kamyonlar yükleme ve boşaltma işlemleri sırasında benzer riskler oluşturmaktadır. Bu makinelerin birlikte çalıştığı ortamlarda operatörler hem kendi kullandıkları makinelerden hem de diğer makinelerden kaynaklanan fiziksel etkilere maruz kalmaktadır. Ayrıca, beton püskürtme makineleri de tahkimat ve galeri kapatma işlemlerinde önemli bir gürültü kaynağıdır.

1.2. Titreşim

Titreşim, bir cismin iç veya dış kuvvetlerle yaptığı salınım hareketidir. Çalışanlar, titreşime elle tutulan ekipmanlar üzerinden el-kol bölgesinden ya da oturma pozisyonu gibi vücutla temas yoluyla tüm vücut üzerinden maruz kalabilirler. “Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik”te; 8 saatlik çalışmalarda el-kol için maruziyet sınır değeri 5 m/s^2 , eylem değeri $2,5 \text{ m/s}^2$; tüm vücut için ise sınır değeri $1,15 \text{ m/s}^2$, eylem değeri $0,5 \text{ m/s}^2$ olarak belirlenmiştir (Resmî Gazete, 2013a). Madencilik sektöründe uzun süre titreşime maruz kalan çalışanlarda karpal tünel sendromu, ellerde uyuşma ve omurga problemleri gibi sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir (Erol, 2022; Xu vd., 2017).

1.3. Gürültü

Gürültü, bireyin fizyolojik, psikolojik ve sosyal iyilik halini olumsuz etkileyen, istenmeyen sesler olarak tanımlanmaktadır. Yeraltı madenciliğinde kullanılan delici, yükleyici ve taşıyıcı makineler, yoğun gürültü kaynakları arasında yer almaktadır. Bu tür ortamlarda uzun süre çalışan bireylerde işitme kaybı riski artmaktadır (Erol, 2022). “Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmasına Dair Yönetmelik”te 8 saatlik çalışma için en düşük maruziyet eylem değeri 80 dBA/135 dBC, en yüksek eylem değeri 85 dBA/137 dBC, sınır değer ise 87 dBA/140 dBC olarak belirtilmiştir (Resmî Gazete, 2013b). Gürültü seviyesindeki küçük artışların bile (örneğin 83 dBA’dan 85 dBA’ya) algılanan gürültü düzeyini iki katına çıkarabileceği belirtilmektedir.

1.4. Titreşim ve Gürültünün Etkileri

Yeraltı madenciliğinde sık karşılaşılan bu iki fiziksel risk etmeni, çalışanların sağlığı üzerinde hem kısa hem de uzun vadeli ciddi etkiler doğurmaktadır. Uzun süreli maruziyet, işitme kaybı, karpal tünel sendromu, omurga deformasyonları ve beyaz parmak hastalığı gibi rahatsızlıklara neden olabilmektedir (Nari vd., 2020; Erol, 2022). Ayrıca, uyku problemleri, dikkat dağınıklığı ve algısal bozukluklar da bu risklerin psikolojik etkileri arasında yer almaktadır (Ljungberg ve Parmentier, 2010). Bu etkiler sadece makine operatörleri ile sınırlı kalmayıp, aynı ortamdaki diğer çalışanları da kapsamaktadır.

1.5. Madencilik Sektöründe Titreşim ve Gürültü Maruziyeti

Madencilik sektörü, iş sağlığı ve güvenliği açısından en riskli alanlardan biridir. Özellikle yeraltı maden işletmelerinde çalışanlar, gürültü, titreşim, nem ve sıcaklık gibi fiziksel risk faktörlerine yoğun bir şekilde maruz kalmaktadır (Günaydın ve Şüküroğlu, 2021). Bu risk faktörleri arasında özellikle titreşim ve gürültü, çalışanların hem fiziksel hem de ruhsal sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir (Erol, 2022).

Yeraltı maden işletmelerinde ve benzeri ocaklarda kullanılan ağır iş makineleri, maden çıkarma ve taşıma süreçlerinde büyük verimlilik sağlarken, bu makinelerin neden olduğu titreşim ve gürültü, operatörler ve diğer çalışanlar için ciddi riskler oluşturmaktadır. Titreşim, özellikle uzun süreli maruziyet durumunda kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına yol açabilirken, gürültü ise işitme kaybı, stres ve psikolojik sorunlara neden olabilmektedir (Ljungberg ve Neely, 2007; Ljungberg ve Parmentier, 2010).

Bu risklerin sahadaki boyutunu gösteren sektörel çalışmalar da mevcuttur. Örneğin, doğal taş madenciliği sektöründe yapılan bir çalışmada, ocak ve fabrika ortamlarında çalışanların gürültü ve titreşim maruziyet değerleri incelenmiştir. Çalışmada, elmas tel kesme makinesi operatörlerinin el-kol titreşim maruziyetlerinin bazı ocaklarda günlük maruziyet eylem değeri olan $2,5 \text{ m/s}^2$ ’yi aştığı (örn: 03 ocağında $3,66 \text{ m/s}^2$), ancak maruziyet sınır değeri olan 5 m/s^2 ’yi geçmediği tespit

edilmiştir. Buna karşın, sondaj makinesi operatörlerinin maruz kaldığı tüm vücut titreşimi O3 ocağında 4,80 m/s² olarak belirlenmiş; bu değerin, yönetmelikte belirtilen 1,15 m/s²'lik sınır değerin çok üzerinde olduğu görülmüştür. Yine aynı makine grubunda çalışan yükleyici, ekskavator ve kamyon operatörlerinde de eylem değerini aşan titreşim düzeyleri tespit edilmiştir. Gürültü maruziyetinde de yüksek düzeyler kaydedilmiş; sondaj makinesi operatörlerinin maruziyet düzeyi 89,3 dBA ile en yüksek değere ulaşmıştır. Fabrika ortamındaki ölçümlerde ise, S/T makinelerinde gürültü düzeyinin 92,4 dBA'ya ulaştığı, elmas tel kesme (81–84 dBA) ve ebatlama makinelerinde (85,5 dBA) ise maruziyet eylem değerinin aşıldığı raporlanmıştır (Aritan ve Can, 2024).

Literatürde de görüldüğü gibi, madencilik gibi tehlikeli iş kollarında risk analizleri, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemede kritik öneme sahiptir (Özkılıç, 2005; Keskin vd., 2020). Yeraltı maden işletmelerinde çalışanların maruz kaldığı titreşim ve gürültü maruziyeti hem fiziksel hem de ruhsal sağlık açısından ciddi riskler oluşturmaktadır. Bu risklerin azaltılması için teknik önlemlerin yanı sıra, çalışanların eğitimi ve bilinçlendirilmesi de büyük önem taşımaktadır. İş sağlığı ve güvenliği kapsamında alınacak önlemler, çalışanların sağlığını korumanın yanı sıra, işletmelerin verimliliğini ve sürdürülebilirliğini de destekleyecektir.

Bu çalışmada bir yeraltı maden işletmesinde kullanılan farklı tiplerdeki ağır iş makinelerinin operatörleri açısından gürültü ve titreşim maruziyetleri ölçümler ile belirlenmiş ve yasal sınırlara göre uygunlukları incelenmiştir. Çalışma sonucunda alınması gereken önlemler ve iyileştirmeler hakkında bilgiler verilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, işyerlerinde çalışanların maruz kaldığı titreşim ve gürültü düzeylerini doğru bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla, uluslararası ve yerel standartlarla uyumlu iki farklı ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Titreşim ölçümleri için PCE-VM 31-HA Titreşim Ölçer, gürültü ölçümleri için ise Testo 815 Gürültü (Ses Seviyesi) Ölçer cihazları tercih edilmiştir.

PCE-VM 31-HA Titreşim Ölçer, işyerlerinde çalışanların maruz kaldığı tüm vücut ve el-kol titreşim maruziyetlerini ölçmek için kullanılmıştır. PCE-VM 31-HA, $\pm(5\%)$ ölçüm hassasiyetine ve 0.001 m/s² çözünürlüğe sahiptir.

Bu cihaz, TS EN ISO 5349 ve TS ISO 2631-1/A1 standartlarına uygun olarak tasarlanmıştır (TSE, 2005a; TSE, 2013). Cihaz, x, y ve z eksenlerinde titreşim ivmelerini ölçebilecek şekilde kalibre edilmiştir. Ayrıca, TS EN 1032+A1 standardına uygun olarak, hareketli makinelerin titreşim emisyon değerlerini belirlemek amacıyla da kullanılabilir bir cihazdır.

Testo 815 Gürültü Ölçer, işyerlerinde çalışanların maruz kaldığı gürültü seviyelerini ölçmek için kullanılmıştır. Cihaz, 32 dBA ile 130 dBA arasındaki gürültü seviyelerini ölçebilen, frekans aralığı 31.5 Hz – 8 kHz olan bir

cihazdır. Teknik olarak ± 1.0 dBA hassasiyete ve 0.1 dBA çözünürlüğe sahiptir.

Bu cihaz, TS 2607 ve ISO 1999 standartlarına uygun olarak, gürültüye bağlı işitme kaybı riski tahminlerini değerlendirmek amacıyla gerekli verileri sağlayabilme kabiliyetine sahiptir (TSE, 2005b).

Ölçümlerin doğruluğunu güvence altına almak amacıyla, her iki cihaz da ölçüm öncesinde üretici tarafından sağlanan fabrika kalibrasyon sertifikalarına sahiptir. Ek olarak, ölçümler öncesi saha koşullarında test sinyalleriyle fonksiyon kontrolleri yapılmıştır.

Titreşim ölçüm noktaları belirlenirken, tüm vücut titreşiminde, ölçümler operatör koltuğu tabanı (pelvik temas noktası), sırt dayanağı (gövde teması) ve ayak dayama bölgesi (bacak teması) olmak üzere üç noktadan alınmıştır.

El-kol titreşimleri ise el ile tutulan kontrol kolları üzerinden ölçülmüştür.

Tüm ölçümler, 8 saatlik bir vardiya boyunca (LEX,8 değerine karşılık gelecek şekilde) gerçekleştirilmiştir. Titreşim ölçümleri her üç eksen (x, y, z) ayrı ayrı alınmış ve ortalama ivme değeri (A(8)) hesaplanmıştır. Ölçüm sayısının sınırlı olmasının nedeni, saha güvenliği, üretim sürekliliği ve erişim kısıtlarıdır. Ölçümler farklı vardiya koşullarını temsil edecek biçimde üç ayrı noktada yapılmış, bu değerlerin ortalaması alınarak temsili değerlendirme sağlanmıştır. Ayrıca, benzer örneklem yapısına sahip çalışmalar (Tekin, 2022; Sharma ve Mandal, 2024) literatürde mevcuttur. Bu yöntemle, gürültü ve titreşim verilerinin, operatörlerin tam vardiya süresince maruz kaldıkları gerçek koşulları temsil etmesi sağlanmıştır.

2.1. Ölçüm Yöntemi

Çalışma ortamlarında işyerlerinin gürültü ve titreşim maruziyeti, PCE-VM 31-HA Titreşim Ölçer ve Testo 815 Gürültü Ölçer cihazlarıyla yapılmıştır. Ölçüm süreci, aşağıdaki adımlara göre gerçekleştirilmiştir:

Tüm Vücut Titreşimi: PCE-VM 31-HA Titreşim Ölçer cihazı kullanılarak, işyerlerinde çalışanların maruz kaldığı tüm vücut titreşimi ölçülmüştür. Ölçümler, x, y ve z eksenlerinde üç farklı noktada gerçekleştirilmiş ve bu verilerden ortalama değerler alınarak tüm vücut titreşimi hesaplanmıştır. Ölçüm, ISO 2631-1/A1 standardına uygun olarak yapılmış olup, işyerlerinde çalışanların uzun süreli titreşim maruziyetinin sağlık üzerindeki olası etkileri değerlendirilmiştir.

Tüm vücut titreşimi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$a_w = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (1)$$

Burada a_x , a_y , ve a_z sırasıyla x, y ve z eksenlerinde ölçülen titreşim ivmeleridir. Bu ölçümler üç farklı noktadan alınmış olup, her eksen de alınan 3 ölçümün ortalamaları kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

El-kol Titreşimi: Aynı cihaz, ISO 5349 standardına uygun olarak, elle iletilen titreşimleri ölçmek için de kullanılmıştır. Elle iletilen titreşimler, özellikle eller ve kollar üzerinden vücuda iletilen titreşimleri yansıtarak,

işçilerin maruz kaldığı titreşim etkilerini değerlendirmektedir.

Gürültü Ölçümü: Testo 815 cihazı ile işyerlerinde çalışanların maruz kaldığı gürültü seviyeleri ölçülmüştür. Cihaz, TS 2607 ve ISO 1999 standartlarına uygun olarak, gürültü seviyelerini A ağırlıklı frekansla (dBA) ölçmüştür. Ölçüm süresi, işyerlerinde normal çalışma koşulları altında 8 saatlik bir süre boyunca yapılmış olup, elde edilen veriler, işitme kaybı riski tahminini yapmak amacıyla kullanılmıştır.

2.2. Hesaplama Yöntemi

Gürültü düzeyi, aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır:

Lex (8 saat), günlük maruziyet için hesaplanan ortalama gürültü seviyesi:

$$L_{EX} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \quad (2)$$

Burada, LEX 8 saatlik maruziyet için ortalama gürültü seviyesini, Li her bir anlık ölçümü, T ise ölçüm süresini temsil eder.

Ppeak dBC, en yüksek anlık ses basıncı seviyesi:

$$P_{peak} = 10 \cdot \log \left(\frac{P_{max}^2}{P_0^2} \right) \quad (3)$$

Burada, Pmax maksimum anlık ses basıncını ve P0 referans ses basıncı seviyesini ifade eder.

Ölçümler, işyerlerinde gürültü ve titreşim emisyonlarının doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için uygun koşullarda gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Titreşim Ölçüm Sonuçları

Ölçüm sonuçlarına göre, yerüstü loder ile yapılan çalışmalarda tüm vücut titreşimi maruziyeti, Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik kapsamında 8 saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri olan 0,5 m/s²'nin üzerinde olduğu görülmüştür. Diğer iş makinelerinin titreşim ölçümleri sonucu, yönetmeliğe göre yasal sınırların altında kalmıştır. Günlük maruziyet eylem değeri altında olan ve yerüstü loder hariç diğer iş makinelerine kıyasla en fazla titreşim oluşturan iş makinesinin jumbo olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Tüm vücut titreşim ölçüm sonuçları

İş makinesi	Maruziyet Süresi	awx	awy	Awz	A(8)	Sonuç
Jumbo	8 Saat	0,1930	0,1026	0,2606	0,2527	0,2527
		0,0710	0,0752	0,1069	0,1000	
		0,0676	0,0820	0,1179	0,1103	
Simba	8 Saat	0,0304	0,0156	0,0409	0,0399	0,0761
		0,0366	0,0248	0,0558	0,0522	
		0,0581	0,0408	0,0805	0,0761	
Yeraltı Loder	8 Saat	0,0467	0,0901	0,1726	0,1614	0,2039
		0,0555	0,0955	0,1683	0,1574	
		0,0583	0,1229	0,2180	0,2039	
Yerüstü Loder	8 Saat	0,1860	0,1936	0,1748	0,2536	0,6816
		0,0845	0,0986	0,4661	0,4360	
		0,0700	0,1074	0,7286	0,6816	
Yeraltı Kamyon	8 Saat	0,0665	0,0480	0,0764	0,0871	0,1033
		0,0452	0,0399	0,0652	0,0610	
		0,0789	0,0655	0,1009	0,1033	
Yerüstü Kamyon	8 Saat	0,1730	0,1795	0,0073	0,2350	0,2350
		0,1148	0,0882	0,2032	0,1901	
		0,0746	0,0538	0,1460	0,1366	
Beton P. Makinesi	8 Saat	0,0810	0,0770	0,0580	0,1130	0,1150
		0,0311	0,0352	0,0501	0,0503	
		0,0804	0,1076	0,1082	0,1150	

Tablo 2. El-kol titreşim ölçüm sonuçları

İş Makineleri	ax	ay	az	Sonuç (8)
Jumbo	0,5254	0,4262	0,1919	0,3811
Simba	0,4920	0,3298	0,0985	0,3067
Yeraltı Loder	0,3914	0,3330	0,4381	0,3875
Yerüstü Loder	0,3998	0,3851	0,3198	0,3682
Yeraltı Kamyon	0,1952	0,0930	0,1872	0,1584
Yerüstü Kamyon	0,0980	0,0982	0,1320	0,1084
Beton P. Makinesi	0,1388	0,1209	0,1395	0,1330

El-kol titreşim ölçümleri sonucunda, tüm iş makineleri Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik kapsamında 8 saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri olan 2,5 m/s²'nin altında kalmaktadır.

3.2. Gürültü Ölçüm Sonuçları

Tablo 3'teki gürültü ölçüm sonuçlarına göre tüm iş makineleri, Çalışanların Gürültü ile Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelikte belirtilen 8 saatlik çalışmalarda en düşük maruziyet etkin değeri olan 80

dB'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Aynı yönetmelikte geçen 8 saatlik çalışmalarda en yüksek maruziyet etkin değeri olan 85 dB'nin üzerinde gürültü ihtiva eden iş makinelerinin jumbo, simba, yer altı loder ve yer üstü kamyon olduğu görülmektedir. Çalışanların Gürültü ile Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelikte belirtilen 8 saatlik çalışmalarda en yüksek maruziyet sınır değeri 87 dB'nin üzerinde gürültü ihtiva eden iş makinelerinin jumbo, simba ve yerüstü kamyon olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Operatörler için gürültü ölçüm sonuçları

İş Makineleri	Maruziyet Süresi	$L_{\text{ex(8saat)}}$ dBA	P_{peak} dBC
Jumbo	8 Saat	89,3	109,9
Simba	8 Saat	94,7	115,3
Yeraltı Loder	8 Saat	85,2	111,2
Yerüstü Loder	8 Saat	81,5	107,4
Yeraltı Kamyon	8 Saat	80,1	101,5
Yerüstü Kamyon	8 Saat	94,8	108,7
Beton P. Makinesi	8 Saat	82,9	127,1

Gürültünün insan sağlığı üzerinde sadece işitme kaybı olarak değil, aynı zamanda psikolojik ve fizyolojik etkileri de bulunmaktadır. Gürültü, konsantrasyon bozukluğu, yorgunluk, öfke ve iş performansının düşmesi gibi birçok olumsuz duruma neden olabilmektedir (Berglund vd., 1999).

Titreşim ve gürültü maruziyetinin etkilerini azaltmak için alınacak önlemler arasında, makinelerin düzenli bakımı, koltuk süspansiyon sistemlerinin iyileştirilmesi ve gürültü yalıtımı gibi teknik çözümler öne çıkmaktadır. Ayrıca, çalışanların bu riskler konusunda bilinçlendirilmesi ve kişisel koruyucu donanımların kullanımının teşvik edilmesi de büyük önem taşımaktadır (Horozoğlu, 2017).

Yeraltı kömür madeninde gerçekleştirilen bir çalışmada, makine operatörlerinin maruz kaldığı gürültü ve titreşim değerleri detaylı biçimde ölçülmüştür. Martoperfaratör, sondaj makinesi, paletli jumbo ve lastik tekerlekli jumbo operatörlerine yönelik yapılan ölçümler sonucunda önemli bulgular elde edilmiştir. Martoperfaratör operatörünün kişisel gürültü maruziyet düzeyinin, 87 dBA'nın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Tüm operatörlerde, kulak koruyucu kullanılmadığı takdirde gürültü maruziyetinin yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin üzerine çıktığı belirlenmiştir. Ancak 26 dBA sönümlemeye sahip kulaklıkların kullanılmasıyla, operatörlerin maruziyet değerleri güvenli seviyelere indirgenmiştir. Titreşim ölçümleri kapsamında, el-kol titreşim değerlerinde özellikle martoperfaratör operatörünün sert kayaç formasyonlarında $13,66 \text{ m/s}^2$ düzeyinde titreşime maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Bu değer, yönetmelikte belirtilen sınır değerinden oldukça üzerindedir. Aynı operatörün kömürde çalıştığı koşullarda maruziyet değeri $2,28 \text{ m/s}^2$ 'ye, martopikör operatörünün ise $2,41 \text{ m/s}^2$ 'ye düşmüştür. Diğer

operatörlerde (jumbo ve sondaj makineleri) ölçülen el-kol titreşim değerleri $0,36\text{--}0,68 \text{ m/s}^2$ aralığında olup sınır değerlerin altında kalmıştır. Tüm vücut titreşim ölçümlerinde ise paletli jumbo operatörünün $12,27 \text{ m/s}^2$ düzeyinde titreşime maruz kaldığı, lastik tekerlekli jumbo operatöründe ise bu değer $0,80 \text{ m/s}^2$ olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak, ilgili çalışmada operatörlerin bireysel gürültü maruziyeti ile el-kol titreşim maruziyetleri arasında $\%88$ ($R^2=0,88$) oranında anlamlı bir ilişki olduğunu belirlenmiştir (Erol, 2022).

Marmara Bölgesi'nde yer alan bir kurşun madeninde yapılan ölçümlerle, 2021 ve 2023 yıllarında çalışanların gürültü ve titreşim maruziyetleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Gürültü ölçümlerine göre 2023 yılında kişisel maruziyet seviyesi, 2021 yılına göre oransal olarak azalmış, ancak hâlen standartların üzerinde kalmıştır. 2023'te A-ağırlıklamada ölçülen $L_{\text{EX8(dBA)}}$ değeri 96,7 dBA, C-ağırlıklamada PTEPE 125,1 dBC olarak belirlenmiştir. Bu değerler, günlük maruziyet sınırı olan 85 dBA ve pik değer sınırı olan 135 dBC'ye oldukça yakındır. Ayrıca iç ortam ölçümlerine göre L_{eqA} (eşdeğer gürültü seviyesi) 2021'de 74,4 dBA iken, 2023'te 100,2 dBA olarak ölçülmüştür. Bu artış, çalışanların işitme sağlığı açısından ciddi bir risk altında olduğunu göstermektedir. El-kol titreşim maruziyeti ölçümlerine göre, 2021 yılında ölçülen $A(8)$ değeri $4,651 \text{ m/s}^2$ ile sınır değer olan 5 m/s^2 'ye oldukça yakınken, 2023 yılında $A(8)$ değeri $6,114 \text{ m/s}^2$ olarak belirlenmiş ve sınır değeri aşılmıştır. Ayrıca X, Y, Z yönlerinde RMS (karekök ortalama kare) değerlerinde de dikkate değer bir artış gözlemlenmiştir. Bu veriler, çalışanların el-kol titreşimi açısından meslek hastalıkları riski taşıdığını göstermektedir (Yazgı ve Aygün, 2024).

4. Tartışma

Yeraltı madenciligi, yüksek düzeyde fiziksel risk barındıran çok tehlikeli iş kollarından biridir. Patlayıcılar, zararlı gazlar, yangın ve ağır makine kullanımı gibi faktörler iş kazası ve meslek hastalığı riskini artırmaktadır. Bu sektörde özellikle gürültü ve titreşim maruziyeti, çalışan sağlığını ciddi şekilde tehdit eden başlıca fiziksel risk etmenleri arasındadır (Yazgı ve Aygün, 2024). Gürültü, hoş gitmeyen ve istenmeyen her türlü ses olarak tanımlanır; titreşim ise mekanik salınımlar yoluyla iletilen hareket olarak tanımlanabilir. Hem gürültü hem de titreşim, madencilik ortamında sıkça ve çoğunlukla eş zamanlı ortaya çıkarak çalışanlar üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır (Doğan, 2023). Bu çalışmada elde edilen ve Tablo 1, 2 ve 3'te sunulan bulgular gürültü ve titreşim maruziyeti açısından literatürle önemli ölçüde paralellik göstermektedir. İncelenen madende, yasal mevzuata uygun olarak 8 saatlik vardiya ($L_{\text{EX,8}}$) esasına göre yapılan ve anlamlı çıkarımlar için yeterli bir süreyi kapsayan ölçümler, birçok iş makinesinin operatör kabininde 8 saatlik gürültü düzeylerinin 85 dB(A)'i aştığını, bazı durumlarda 87 dB(A)'ın bile üzerine çıktığını göstermiştir. Türkiye ve AB mevzuatında 85 dB(A) maruziyet etkin değeri ve 87

dB(A) maruziyet sınır değeri olarak kabul edilmektedir; dolayısıyla bu düzeyler hukuki sınırlarla tehlikeli bölgeye işaret etmektedir. Literatürdeki güncel çalışmalar da madencilik sektöründe gürültü maruziyetinin yaygın biçimde bu sınırları aştığını doğrulamaktadır. Örneğin, Güney Afrika'da bir platin madeninde işçilerin %80'inden fazlasının 85 dB(A) üzerinde gürültüye maruz kaldığı, hatta %64'ünün 91 dB(A)'i aştığı rapor edilmiştir (Khoza-Shangase vd., 2020). Çin'de dört bölgede 82 maden üzerinde yapılan geniş bir çalışmada da benzer şekilde işçilerin yaklaşık üçte birinin (%31,9) 85 dB(A)'ın üzerinde gürültüye maruz kaldığı, yeraltı madenlerinde maruziyetin yerüstüne göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır (Wang vd., 2023). Bu bulgular, incelenen madendeki ölçümlerin küresel ölçekte gözlemlenen eğilimle uyumlu olduğunu göstermektedir.

Yasal sınır değerlerin üzerinde veya sınır değer civarında gürültüye maruz kalınması, çalışanlar için ciddi işitme kaybı riski oluşturmaktadır. Gürültüye bağlı işitme kaybı, madencilik sektöründe en yaygın meslek hastalıklarından biridir (Madahana vd., 2020). Nitekim yakın tarihli bir derleme, madenciler arasında işitme bozukluğu prevalansının %75 gibi endişe verici düzeylere ulaşabildiğini ortaya koymuştur. Bu yüksek prevalansın ardındaki temel nedenlerin uzun maruziyet süreleri, gürültülü ekipmanlarla çalışma ve kulak koruyucu donanımın yetersiz kullanımı olduğu vurgulanmaktadır (Anim vd., 2025). Madencilik sektöründe kişisel koruyucu donanım kullanımının optimal düzeyde olmadığı pek çok çalışma ile ortaya konmuştur. Eğitim ve denetim eksiklikleri nedeniyle, koruyucu donanım sağlansa bile işçiler tarafından kullanım oranı düşük kalabilmektedir. Bu durum, işitme kaybı riskinin yönetiminde teknolojik önlemlerin yanı sıra davranışsal önlemlerin de gerekliliğine işaret etmektedir.

Gürültü maruziyetinin etkileri yalnızca işitme ile sınırlı kalmamaktadır. 85 dB(A) üzerindeki gürültü düzeyleri, uzun vadede kalıcı işitme kaybı riskini önemli ölçüde artırırken aynı zamanda psikolojik stres, dikkat dağınıklığı, konsantrasyon bozukluğu ve iş performansında düşüş gibi çok boyutlu etkilere yol açmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü, gürültü kirliliğinin fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans üzerindeki etkilerini vurgulayarak bu sorunun insan sağlığına bütüncül bir tehdit oluşturduğunu belirtmektedir (Yazgı ve Aygün, 2024). Yüksek gürültülü ortamlarda çalışanlarda stres tepkilerinin tetiklendiği, örneğin kortizol gibi stres hormonlarının düzeyinin yükseldiği gösterilmiştir. Aynı şekilde, 85 dB(A) üzerindeki gürültünün bilişsel işlevleri zayıflattığı, dikkat ve hafıza performansını düşürdüğü, hataları artırarak iş kazası riskini yükselttiği çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur. Gürültü, çalışanların kognitif süreçlerini engellemekte, sürekli yüksek gürültü altında çalışanlarda zihinsel iş yükü ve dikkat dağınıklığı belirgin şekilde artmaktadır. Örneğin bir araştırmada, sürekli 85 dB üzerinde

gürültülü ortamlarda çalışan işçilerin işlerinde hata yapma oranlarının ve reaksiyon sürelerinin anlamlı derecede kötüleştiği gösterilmiştir (Gedik Toker vd., 2025). Bu bulgular ışığında, incelenen madende ölçülen 85–87 dB aralığını aşan gürültü seviyelerinin yalnızca işitme sağlığını değil, aynı zamanda çalışanların psikososyal iyilik halini ve operasyonel verimliliğini de olumsuz etkileyebileceği anlaşılmaktadır.

Çalışma bulgularına göre madende kullanılan bazı ağır makineler, operatörlerde önemli düzeyde tüm vücut titreşimi maruziyetine yol açmaktadır. Özellikle yerüstü lastik tekerlekli loder operatörlerinin maruz kaldığı titreşim seviyelerinin, günde 8 saat için belirlenmiş 0,5 m/s²'lik eylem sınır değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu (Tablo 1), loder operatörlerinin maruziyetinin jumbo gibi delici makinelere kıyasla daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, delici makinelerin (jumbo, simba) genellikle daha stabil pozisyonlarda çalışmasına karşın, loderlerin çalışma prensibi (sert zeminde yük alma, manevra yapma ve taşıma sırasındaki sarsıntı) ve lastik tekerlekli yapılarının operasyon sırasındaki dinamik hareketleri ile açıklanabilir. Bu değer, Avrupa Birliği ve Türkiye mevzuatında tüm vücut titreşimi için maruziyet eylem değeri olarak belirtilmiştir (maruziyet sınır değeri ise 1,15 m/s²'dir). Literatürde, madencilik sektöründe titreşim maruziyetinin bu eylem değerini aşmasının yaygın bir durum olduğu bildirilmektedir. Örneğin açık ocak madenciliğinde üç farklı kömür ocağını kapsayan bir çalışmada, işletme makinelerinin operatörlerinin %44'ünün tüm vücut titreşim maruziyetinin 0,5 m/s²'yi aştığı saptanmıştır (Tekin, 2022). Söz konusu çalışmada 8 saatlik maruziyet hesaplarına göre operatörlerin neredeyse yarısının risk bölgesinde olması, titreşim konusundaki yaygın soruna dikkat çekmektedir. Benzer şekilde, Hindistan'daki yeraltı kömür madenlerinde loder aracı operatörlerini inceleyen bir araştırma, geleneksel değerlendirme yöntemleriyle "kabul edilebilir" görülen titreşim düzeylerinin bile uzun vadede ciddi sağlık riskleri doğurabileceğini ortaya koymuştur (Sharma ve Mandal, 2024).

Tüm vücut titreşimine uzun süre maruz kalan operatörlerde özellikle kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları öne çıkmaktadır. Yapılan epidyolojik araştırmalar, kronik düşük sırt ağrısı ile uzun süreli titreşim maruziyeti arasında güçlü bir bağlantı olduğunu göstermiştir (Sharma ve Mandal, 2024). Sürekli titreşim, omurgada disk dejenerasyonuna ve omurlar arası bağ dokusunda hasara yol açabilmektedir. Tüm vücut titreşimine uzun yıllar maruz kalan işçilerde bel ve boyun fıtıkları, omurga osteoartriti, siyatik ve sinir iletim bozuklukları gibi problemler genel popülasyona göre çok daha yüksek oranda rapor edilmektedir. Uzun vadeli titreşim ayrıca postür bozuklukları, denge ve iç kulak (vestibüler) problemleri, kas yorgunluğu ve sindirim sistemi rahatsızlıkları gibi çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Sharma ve Mandal, 2024). Örneğin madencilik sektöründe tüm vücut titreşimi maruziyeti ile

sindirim problemleri (ör. ülser, gastrit) arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmalar, sürekli sarsıntıya maruz kalmanın iç organlarda mikro sirkülasyon bozukluklarına ve stres cevabına bağlı gastrointestinal sorunlara sebep olabileceğini öne sürmüştür. Bunlar göz önüne alındığında, Gümüşhane madenindeki loder operatörlerinin $0,5 \text{ m/s}^2$ üzerindeki maruziyetlerinin uzun vadede bel ve boyun sağlığı açısından ciddi riskler taşıdığı söylenebilir.

El-kol titreşimi açısından ise söz konusu madende ölçülen değerler mevzuatın öngördüğü günlük sınırların altında kalmıştır. Bununla birlikte, literatür sürekli elde taşınan alet titreşimine maruz kalmanın yıllar içinde el-kol titreşim sendromu olarak bilinen dolaşım ve sinir sistemi bozukluklarına yol açabildiğini göstermektedir. Uzun süreli tekrarlı titreşim maruziyeti, parmaklarda dokunma duyusunda azalma, el becerisinde zayıflama ve soğukla tetiklenen parmak beyazlaması gibi belirtilerle kendini gösterebilir (Sharma ve Mandal, 2024). Bu nedenle, anılan madende el-kol titreşimi ölçümleri yasal sınırlar içinde olsa dahi, önlem alınmaksızın yıllar boyu devam eden maruziyetin çalışanların kas-iskelet ve sinir sistemi üzerinde birikimli hasar oluşturabileceği dikkate alınmalıdır.

5. Sonuç

Yeraltı madencilik sektörü, doğası gereği pek çok fiziksel riski barındıran ve çalışan sağlığını tehdit eden koşullara sahip bir çalışma alanıdır. Bu çalışmada, Gümüşhane ilinde faaliyet gösteren bir yeraltı maden işletmesinde kullanılan ağır iş makinelerinin operatörleri üzerinde oluşturduğu titreşim ve gürültü maruziyeti değerlendirilmiş ve bu maruziyetin sınır değerlere göre durumu ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular, birçok iş makinesinde hem tüm vücut titreşimi hem de gürültü açısından yasal sınırların aşıldığını ya da sınır değerlere tehlikeli şekilde yaklaşıldığını göstermektedir.

Özellikle jumbo, simba ve yer üstü kamyon gibi makinelerde ölçülen gürültü seviyelerinin, 85 dBA maruziyet etkin değeri sınırının üzerinde, bazı durumlarda ise 87 dBA sınır değerinin üstüne çıktığı tespit edilmiştir. Bu durum, çalışanlarda kalıcı işitme kaybı riskinin yanı sıra, psikolojik stres, konsantrasyon bozukluğu ve performans düşüşü gibi çok boyutlu etkilere neden olabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde, titreşim maruziyetinde özellikle yerüstü loder operatörlerinin, $0,5 \text{ m/s}^2$ olan tüm vücut titreşim eylem değerini aşan oranlarda maruziyete sahip olduğu saptanmıştır. El-kol titreşimi açısından yasal sınırların altında kalınsa da sürekli maruziyetin uzun vadede kas-iskelet sistemi üzerinde olumsuz etkiler doğurabileceği unutulmamalıdır.

Bu bulgular ışığında, sadece mevcut yasal sınır değerlerle yetinilmeyip, işletme bazlı önleyici stratejilerin geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Makine parkının teknik olarak iyileştirilmesi, koltuk süspansiyon sistemlerinin modernize edilmesi, kabin içi yalıtımın güçlendirilmesi ve düzenli bakım prosedürlerinin

uygulanması, fiziksel risklerin kaynağında kontrolünü sağlayacaktır. Ayrıca, çalışanların kişisel koruyucu donanım kullanımı konusunda bilinçlendirilmesi, bu donanımların etkinliğinin artırılması ve eğitim programlarının sürekliliği de maruziyetin etkilerini azaltmada önemli rol oynayacaktır.

Bununla birlikte, işyeri hekimleri ve iş güvenliği uzmanları tarafından periyodik sağlık kontrolleri, erken tanı ve maruziyet takibi sistematik hale getirilmelidir. Özellikle işitme testleri ve kas-iskelet sağlığı izlem programları, bu tür fiziksel risklerin etkilerinin zamanında tespit edilmesini sağlayacaktır. Bu bağlamda, risk analizlerinin sadece yasal zorunluluklar nedeniyle değil, aynı zamanda önleyici sağlık politikalarının temel unsuru olarak ele alınması büyük önem taşımaktadır.

Çalışmanın sınırlı bir bölgedeki maden işletmesi örneği üzerinden yürütülmüş olması, elde edilen bulguların genelleştirilmesini zorlaştırsa da benzer özelliklere sahip diğer işletmelere ışık tutabilecek niteliktedir. İlerleyen çalışmalarda farklı maden türleri, bölgesel farklılıklar ve teknolojik gelişmeler dikkate alınarak daha geniş çaplı karşılaştırmalı araştırmalar yapılması önerilmektedir. Ayrıca, titreşim ve gürültü kaynaklı meslek hastalıkları ile maruziyet süreleri arasındaki ilişkinin nicel olarak değerlendirilmesi, iş sağlığı politikalarının bilimsel temellere oturtulmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma; yeraltı maden işletmelerinde iş makinelerinin operatörler açısından oluşturduğu fiziksel maruziyetlerin sistematik biçimde incelenmesine yönelik önemli bir örnek sunmakta, aynı zamanda alınması gereken teknik ve idari önlemler konusunda uygulayıcılara ve araştırmacılara yol göstermektedir. İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında bilimsel veriye dayalı karar alma süreçleri güçlendirildikçe hem çalışan refahı hem de işletme verimliliği sürdürülebilir biçimde gelişecektir.

Katkı Oranı Beyanı

Yazarın katkı yüzdesi aşağıda verilmiştir. Yazar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	E.S.
K	100
T	100
Y	100
VTI	100
VAY	100
KT	100
YZ	100
KI	100
GR	100
PY	100
FA	100

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

Çatışma Beyanı

Yazar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedir.

Etik Onay Beyanı

Bu araştırmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Kaynaklar

- Anim EA, Sibanda TC, Oduro NB, Chibamba A. 2025. Noise-induced hearing loss (NIHL) among miners: A systematic review and meta-analysis. *Acad Res*, 8(3): 220-235.
- Aritan AE, Can M. 2024. Doğaltaş madencilğinde ocak-fabrika ortamında titreşim ve gürültü maruziyetinin araştırılması. *Çukurova Üniv Müh Fak Derg*, 39(2): 467-474.
- Aydınlı S, Ayberk HS. 2020. Kazı dolgu çalışması yapılan konut projelerinde çalışanların maruz kaldıkları gürültü, titreşim ve toz maruziyetinin incelenmesi. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Derg*, 15(59): 325-342.
- Baradan S. 2006. Türkiye inşaat sektöründe iş güvenliğinin yeri ve gelişmiş ülkelerle kıyaslanması. *Dokuz Eylül Üniv Müh Fak Fen Müh Derg*, 8(1): 87-100.
- Berglund B, Lindvall T, Schwela DH, World Health Organization. 1999. Guidelines for community noise. World Health Organization, Geneva, Switzerland, pp:1-159.
- Cerev G, Köseoğlu Y. 2018. İş sağlığı ve güvenliği. Dora Yayıncılık, Bursa, Türkiye, pp: 1-3.
- Çiçek Ö, Öçal M. 2016. Dünyada ve Türkiye’de iş sağlığı ve iş güvenliğinin tarihsel gelişimi. *Hak İş Uluslararası Emek Toplum Derg*, 5(11): 106-129.
- Doğan O. 2023. Evaluation of quarry dusts in terms of occupational health and safety in an open pit mining operation. *Int J Soc Humanit Sci Res*, 10(97): 1496-1503.
- Erol İ. 2022. Yeraltı kömür maden makineleri operatörlerinin gürültü ve titreşim maruziyetlerinin araştırılması. *Çukurova Üniv Müh Fak Derg*, 37(1): 55-65.
- Gedik Toker Ö, Tas Elibol N, Kuru E, Görmezoğlu Z, Görener A, Toker K. 2025. Industrial noise: impacts on workers’ health and performance below permissible limits. *BMC Public Health*, 25(1): 1-10.
- Günaydın M, Şüküroğlu EE. 2021. Yeraltı maden çalışanlarının tükenmişlik düzeylerinin iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarına etkisi. *Sos Beş Bil Derg*, 13(2): 179-209.
- Horoğlu K. 2017. İş kazalarının iş sağlığı ve güvenliği açısından analizi. *Karabük Üniv Sos Bil Enst Derg*, 8(2): 265-281.
- Karabal A. 2020. İş sağlığı ve iş güvenliği. *Uluslararası Batı Karadeniz Sos Beş Bil Derg*, 5(1): 1-21.
- Keskin MÖ, Doğan O, Ersoy S. 2020. Metalik bir yeraltı maden işletmesi, cevher çıkarma, üretim ve nakliyat aşamalarında risk değerlendirmesi. *Gaziosmanpaşa Bil Arş Derg*, 9(2): 84-98.
- Ljungberg JK, Neely G. 2007. Stress, subjective experience and cognitive performance during exposure to noise and vibration. *J Environ Psychol*, 27(1): 44-54.
- Ljungberg JK, Parmentier FBR. 2010. Psychological effects of combined noise and whole-body vibration: A review and avenues for future research. *Proc Inst Mech Eng Part D J Automob Eng*, 224(10): 1289-1302.
- Madahana MC, Moroe NF, Nyandoro OT. 2020. Engineering noise control for mines: Lessons from the world. *S Afr J Commun Disord*, 67(2): 1-5.
- Nari F, Kim YK, Kang SH, Park EC, Jang SI. 2020. Association between occupational noise and vibration exposure and insomnia among workers in Korea. *Life*, 10(4): 46.
- Khoza-Shangase K, Ntlhakana L, Nelson G. 2020. Estimating miners at risk for occupational noise-induced hearing loss: A review of data from a South African platinum mine. *S Afr J Commun Disord*, 67(2): 1-8.
- Özkiliç Ö. 2005. İş sağlığı ve güvenliği, yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri. TİSK Yayınları, Ankara, Türkiye, ss: 219.
- Resmî Gazete. 2013a. Çalışanların titreşimle ilgili risklerden korunmasına dair yönetmelik. *Resmî Gazete*, 28743.
- Resmî Gazete. 2013b. Çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmasına dair yönetmelik. *Resmî Gazete*, 28721.
- Sharma A, Mandal BB. 2024. A critical assessment of boundary limits of health risks associated with WBV exposure based on field studies on LHD vehicles in Indian underground coal mines. *Indian J Occup Environ Med*, 28(3): 198-206.
- Tekin A. 2022. Assessment of vibration exposure of mine machinery operators at three different open-pit coal mines. *J Southern African Inst Mining Metallurgy*, 122(5): 235-243.
- TSE (Türk Standardları Enstitüsü). 2005a. TS 2607 ISO 1999: Akustik – İş yerinde maruz kalan gürültünün tayini ve bu gürültünün sebep olduğu işitme kaybının tahmini. TSE, Ankara, Türkiye, pp: 1.
- TSE (Türk Standardları Enstitüsü). 2005b. TS EN ISO 5349: Mekanik titreşim – Kişilerin maruz kaldığı elle iletilen titreşimin ölçülmesi ve değerlendirilmesi – Bölüm 1: Genel kurallar. TSE, Ankara, Türkiye, pp: 1.
- TSE (Türk Standardları Enstitüsü). 2013. TS ISO 2631-1/A1: Mekanik titreşim ve şok – Tüm vücut titreşime maruz kalma değerlendirilmesi – Bölüm 1: Genel kurallar. TSE, Ankara, Türkiye, pp: 1.
- Wang X, Kang N, Dong Y, Liu K, Ning K, Bian H, Ye M. 2023. Noise exposure assessment of non-coal mining workers in four provinces of China. *Front Public Health*, 10: 1055618.
- Xu X, Yuan Z, Gong M, He L, Wang R, Wang J, Wang S. 2017. Occupational hazards survey among coal workers using hand-held vibrating tools in a northern China coal mine. *Int J Ind Ergon*, 62: 21-26.
- Yazgı ST, Aygün S. 2024. Bir kurşun madeninde titreşim ve gürültü maruziyetlerinin araştırılması. *Int J Pure Appl Sci*, 10(2): 433-445.