



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

BİR KURŞUN MADENİNDE FİZİKSEL RİSK ETMENLERİNİN ÖLÇÜLMESİ
VE DEĞERLENDİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

SEREN TÜRKYILMAZ YAZGI

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. SEZGİN AYGÜN

ÇANAKKALE – 2024



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

**BİR KURŞUN MADENİNDE FİZİKSEL RİSK ETMENLERİNİN ÖLÇÜLMESİ
VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

SEREN TÜRKYILMAZ YAZGI

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. SEZGİN AYGÜN

ÇANAKKALE – 2024



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Seren TÜRKYILMAZ YAZGI tarafından Prof. Dr. Sezgin AYGÜN yönetiminde hazırlanan ve **17/12/2024** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan **“Bir Kurşun Madeninde Fiziksel Risk Etmenlerinin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi”** başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı**’nda **DOKTORA TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Sezgin AYGÜN
(Danışman)

Prof. Dr. Hülya DEMİRÖREN

Prof. Dr. Ali Rıza MOTORCU

Prof. Dr. Ertan GÜDEKLİ

Doç. Dr. Değer SOFUOĞLU

.....

.....

.....

.....

.....

Tez No : 10607384

Tez Savunma Tarihi : 17/12/2024

.....
Doç. Dr. Melis ULU DOĞRU
Enstitü Müdürü

../../2024

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Seren TÜRKYILMAZ YAZGI

17/12/2024

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Sezgin AYGÜN'e çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen eşim Aytun YAZGI'ya ve biricik kızım Irmak YAZGI'ya, dostlarımız Ümmühan ve Şahin KAHYAOĞLU'na, hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme ayrıca sonsuz teşekkürlerimi sunarım.”

Seren TÜRKYILMAZ YAZGI

Çanakkale, Aralık 2024

ÖZET

BİR KURŞUN MADENİNDE FİZİKSEL RİSK ETMENLERİNİN ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Seren TÜRKYILMAZ YAZGI

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Sezgin AYGÜN

17/12/2024, 114

Bu çalışmada, bir kurşun madeninde fiziksel risk etmenlerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Madencilik sektöründe fiziksel risk etmenleri, çalışan sağlığını ciddi şekilde tehdit eden unsurlar arasında yer almaktadır. Bu risk etmenleri arasında gürültü, titreşim ve toz maruziyeti başı çekmektedir. Bu risklerin kontrol altına alınması, iş kazalarının önlenmesi ve çalışanların sağlığının korunması için hayati önem taşımaktadır. Madencilikte iş kazalarının sıklığı ve ciddiyeti, iş sağlığı ve güvenliğinin önemini artırmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda odak noktaları gürültü, titreşim ve toz maruziyeti olmuştur. Kurşun madeni galerilerinde gerçekleştirilen delik delme, maden çıkarma ve yükleme gibi işlemler sırasında ortaya çıkan gürültü, titreşim ve toz maruziyet seviyeleri incelenmiştir. Kurşun madeninde 2021 ve 2023 yıllarında beş farklı galeride yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler incelenerek karşılaştırmalı olarak analiz edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada farklı galerilerde yapılan ölçümlerle bu risk etmenlerinin düzeylerini belirlemek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kurşun Madeni, Fiziksel Risk Etmenleri, Gürültü, Titreşim, Toz Maruziyeti, İş Sağlığı ve Güvenliği.

ABSTRACT

MEASUREMENT AND EVALUATION OF PHYSICAL RISK FACTORS IN A LEAD MINE

Seren TÜRKYILMAZ YAZGI

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Doctoral Dissertation in Occupational Health and Safety

Advisor: Prof. Dr. Sezgin AYGÜN

17/12/2024, 114

This study aims to measure and evaluate the physical risk factors in a lead mine. Physical risk factors in the mining sector are among the elements that seriously threaten the health of workers. Among these risk factors, noise, vibration, and dust exposure are the most prominent. Controlling these risks is vital for preventing occupational accidents and protecting workers' health. The frequency and severity of occupational accidents in mining increase the importance of occupational health and safety. Therefore, our study focuses on noise, vibration, and dust exposure. The levels of noise, vibration, and dust exposure during drilling, ore extraction, and loading operations in the lead mine galleries have been examined. Measurements conducted in five different galleries of the lead mine in 2021 and 2023 were analyzed comparatively. The study aims to determine the levels of these risk factors through measurements conducted in different galleries.

Keywords: Lead Mine, Physical Risk Factors, Noise, Vibration, Dust Exposure, Occupational Health and Safety.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1

1.1. Madencilik Sektöründe Fiziksel Risk Etmenleri	1
1.2. Ses ve Gürültü Nedir?.....	4
1.2.1. Gürültü Çeşitleri.....	4
1.2.2. Madenlerde Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.....	5
1.2.3. Madenlerde Gürültünün Kontrolü.....	6
1.3. Titreşim Nedir?	8
1.3.1. Madenlerde Titreşim Çeşitleri.....	9
1.3.2. Madenlerde Titreşimin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	10
1.3.3. Madenlerde Titreşimin Kontrolü.....	11
1.4. Toz Nedir?	12
1.4.1. Madenlerde Toz Çeşitleri	12
1.4.2. Madenlerde Tozun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	13
1.4.3. Madenlerde Tozun Kontrolü	14

İKİNCİ BÖLÜM

KURUMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

16

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL VE YÖNTEM

27

3.1. Türkiye’de Metal Cevheri Madenciliği ve Yaşanan İş Kazaları	27
3.2. Ölçüm Yapılan Maden Ocağı ile İlgili İşletme Bilgileri	29
3.2.1. Gürültü Ölçümlerinde Materyal ve Yöntem	29
3.2.2. Titreşim Ölçümlerinde Materyal ve Yöntem	31
3.2.3. Toz Ölçümlerinde Materyal ve Yöntem	37
3.3. Ölçüm Yapılan Galerilerin İşletme Bilgileri ve Ortam Ölçümleri	38
3.3.1. A Galerisi İşletme Bilgileri ve Ortam Ölçümleri	38
3.3.2. B Galerisi İşletme Bilgileri ve Ortam Ölçümleri	40
3.3.3. C Galerisi İşletme Bilgileri ve Ortam Ölçümleri	42
3.3.4. D Galerisi İşletme Bilgileri ve Ortam Ölçümleri	43
3.3.5. E Galerisi İşletme Bilgileri ve Ortam Ölçümleri	45

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

47

4.1. Kurşun Madeninin Gürültü Ölçüm Analizi	47
4.1.1. A Galerisi Gürültü Ölçüm Verileri ve Analizi	47
4.1.2. B Galerisi Gürültü Ölçüm Verileri ve Analizi	51
4.1.3. C Galerisi Gürültü Ölçüm Verileri ve Analizi	55
4.1.4. D Galerisi Gürültü Ölçüm Verileri ve Analizi	60
4.1.5. E Galerisi Gürültü Ölçüm Verileri ve Analizi	63
4.2. Kurşun Madeninin Titreşim Ölçüm Analizi	67
4.2.1. A Galerisi Titreşim Ölçüm Verileri ve Analizi	67

4.2.2. B Galerisi Titreşim Ölçüm Verileri ve Analizi	70
4.2.3. C Galerisi Titreşim Ölçüm Verileri ve Analizi	74
4.2.4. D Galerisi Titreşim Ölçüm Verileri ve Analizi.....	77
4.2.5. E Galerisi Titreşim Ölçüm Verileri ve Analizi	79
4.3. Kurşun Madeninin Toz Ölçüm Analizi	82
4.3.1. A Galerisi Toz Ölçüm Verileri ve Analizi	82
4.3.2. B Galerisi Toz Ölçüm Verileri ve Analizi	86
4.3.3. C Galerisi Toz Ölçüm Verileri ve Analizi	90
4.3.4. D Galerisi Toz Ölçüm Verileri ve Analizi	94
4.3.5. E Galerisi Toz Ölçüm Verileri ve Analizi.....	97

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

102

5.1. Kurşun Madeninin Gürültü Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Öneriler.....	102
5.2. Kurşun Madeninin Titreşim Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Öneriler.....	105
5.3. Kurşun Madeninin Toz Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Öneriler	107
KAYNAKÇA	110

SİMGELER VE KISALTMALAR

İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
Hz.	Hertz
dB	Desibel
ILO	Uluslararası Çalışma Örgütü
KKD	Kişisel Koruyucu Donanım
%	Yüzde Oranı
CPM	Dakika Başına Döngü
m/s ²	Metre/Saniye kare
HAVS	El-Kol Titreşim Sendromu
µm	Mikrometre
RH	Nem Miktarı
CE	European Conformity
ÇSGB	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
HAVS	El-Kol Titreşim Sendromu
dk.	Dakika
L _{EX8}	Günlük Gürültü Maruziyet Düzeyi
dBA	A Ağırlıklı Ses Seviyesi (İnsan Kulağının Duyabileceği Ses)
P _{TEPE}	En Yüksek Ses Basıncı
dB(C)	Ağırlıklı Ses Basıncı Düzeyi
RMS	Root Mean Square (Karekök Ortalama)
MED	Maruziyet Eylem Değeri
MSD	Maruziyet Sınır Değeri
m ³	Metreküp
m	Metre
Leq	Eşdeğer Gürültü Düzeyi
TWA	Zaman Ağırlıklı Ortalama
cm.	Santimetre
°C	Santigrat
hPa	Basıncı

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	2012-2022 yılları arasında Metal cevheri madenciliği işletmelerinde meydana gelen iş kazası sayıları	28
Tablo 2	2012-2022 yılları arasında Metal cevheri madenciliği işletmelerinde meydana gelen meslek hastalığı sayıları	28
Tablo 3	A Galerisi çalışan bilgileri	38
Tablo 4	A Galerisi ortam şartları ölçümleri	39
Tablo 5	A Galerisi ortam şartları ölçümlerinde kullanılan cihaza ait bilgiler	39
Tablo 6	B Galerisi çalışan bilgileri	40
Tablo 7	B Galerisi ortam şartları ölçümleri	40
Tablo 8	B Galerisi ortam şartları ölçümlerinde kullanılan cihaza ait bilgiler	41
Tablo 9	C Galerisi ait çalışan bilgileri	42
Tablo 10	C Galerisi ortam şartları ölçümleri	42
Tablo 11	C Galerisi ortam şartları ölçümlerinde kullanılan cihaza ait bilgiler	42
Tablo 12	D Galerisi çalışan bilgileri	43
Tablo 13	D Galerisi ortam şartları ölçümleri	44
Tablo 14	D Galerisi ortam şartları ölçümlerinde kullanılan cihaza ait bilgiler	44
Tablo 15	E Galerisi ait çalışan bilgileri	45
Tablo 16	E Galerisi ortam şartları ölçümleri	45
Tablo 17	E Galerisi ortam şartları ölçümlerinde kullanılan cihaza ait bilgiler	45
Tablo 18	A Galerisi 2021 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar	47
Tablo 19	A Galerisi 2023 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar	48
Tablo 20	TS EN ISO 9612-2009 standardına göre A Galerisi görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları	48

Tablo 21	A Galerisi iç ortam gürültü ölçüm sonuçları	50
Tablo 22	B Galerisi 2021 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar	51
Tablo 23	B Galerisi 2023 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar	52
Tablo 24	TS EN ISO 9612-2009 standardına göre B Galerisi görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları	52
Tablo 25	B Galerisi iç ortam gürültü ölçüm sonuçları	54
Tablo 26	C Galerisi 2021 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar	55
Tablo 27	C Galerisi 2023 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar	56
Tablo 28	TS EN ISO 9612-2009 standardına göre C Galerisi görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları	56
Tablo 29	C Galerisi iç ortam gürültü ölçüm sonuçları	58
Tablo 30	D Galerisi 2021 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar	60
Tablo 31	D Galerisi 2023 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar	60
Tablo 32	TS EN ISO 9612-2009 standardına göre D Galerisinde görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları	61
Tablo 33	D Galerisi iç ortam gürültü ölçüm sonuçları	62
Tablo 34	E Galerisi 2021 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar	63
Tablo 35	E Galerisi 2023 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar	64
Tablo 36	TS EN ISO 9612-2009 standardına göre E Galerisi görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları	64
Tablo 37	E Galerisi iç ortam gürültü ölçüm sonuçları	66
Tablo 38	A Galerisi 2021 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar	68
Tablo 39	A Galerisi 2023 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar	68
Tablo 40	TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre A Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçları	68
Tablo 41	B Galerisi 2021 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar	70
Tablo 42	B Galerisi 2023 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar	70
Tablo 43	TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre B Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçları	71
Tablo 44	TS EN 1032 + TS ISO 2631 A1 standardına göre B Galerisi tüm vücut titreşim ölçüm sonuçları	72
Tablo 45	C Galerisi 2021 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar	74
Tablo 46	C Galerisi 2023 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar	74

Tablo 47	TS EN 1032 + TS ISO 2631 A1 standardına göre C Galerisi tüm vücut titreşim ölçüm sonuçları	75
Tablo 48	D Galerisi 2021 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar	77
Tablo 49	D Galerisi 2023 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar	77
Tablo 50	TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre C Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçları	78
Tablo 51	E Galerisi 2021 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar	80
Tablo 52	E Galerisi 2023 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar	80
Tablo 53	TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre E Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçları	80
Tablo 54	A Galerisi 2021 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar	82
Tablo 55	A Galerisi 2023 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar	83
Tablo 56	A Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları	83
Tablo 57	A Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları	85
Tablo 58	B Galerisi 2021 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar	86
Tablo 59	B Galerisi 2023 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar	86
Tablo 60	B Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları	87
Tablo 61	B Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları	89
Tablo 62	C Galerisi 2021 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar	90
Tablo 63	C Galerisi 2023 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar	91
Tablo 64	C Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları	91
Tablo 65	C Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları	93
Tablo 66	D Galerisi 2021 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar	94
Tablo 67	D galerisi 2023 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar	95
Tablo 68	D Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları	95

Tablo 69	D Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları	96
Tablo 70	E Galerisi 2021 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar	98
Tablo 71	E Galerisi 2023 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar	98
Tablo 72	E Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları	99
Tablo 73	E Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları	100



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	İç ortam gürültü ölçümlerinde kullanılan Svantek-957 marka (solda) ve kişisel gürültü ölçümü için kullanılan Svantek-Sv104 marka dozimetre cihazları (sağda)	31
Şekil 2	Tüm vücut titreşim ölçüm yönleri gösterimi.	32
Şekil 3	El-Kol titreşim ölçüm yönleri gösterimi	33
Şekil 4	Tüm vucüt ortam ölçümlerinde kullanılan Svan 958 gürültü ve üç eksenli titreşim ölçüm cihazı	36
Şekil 5	Madende delik delme sırasında yapılan ölçümler ve El kol titreşim ölçümlerinde kullanılan Svan 958 gürültü ve üç eksenli titreşim ölçüm cihazı	36
Şekil 6	MDHS 14/3 Standardına Göre Kişisel Solunabilir Toz Maruziyeti Ölçümleri ve ölçümlerde kullanılan Buck Libra Plus LP-5 cihazı	38
Şekil 7	A Galerisi L_{EX8} (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği	49
Şekil 8	A Galerisi $LeqA$ (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği	51
Şekil 9	B Galerisi L_{EX8} (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği	53
Şekil 10	B Galerisi $Leq A$ (dbA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği	55
Şekil 11	C Galerisi görev tanımına göre L_{EX8} (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği	57
Şekil 12	C Galerisi $Leq A$ (dbA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği	59

Şekil 13	D Galerisi L_{EX8} (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği	61
Şekil 14	D Galerisi $Leq A$ (dbA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği	63
Şekil 15	E Galerisinde L_{EX8} (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği	65
Şekil 16	E Galerisi $Leq A$ (dbA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği	67
Şekil 17	A Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçlarına göre A(8) titreşim değerleri	69
Şekil 18	B Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçlarına göre A(8) titreşim değerleri	72
Şekil 19	TS EN 1032 + TS ISO 2631 A1 standardına göre B Galerisi tüm vücut titreşim ölçüm sonuçlarına göre A(8) titreşim değerleri	73
Şekil 20	TS EN 1032 + TS ISO 2631 A1 standardına göre C Galerisi tüm vücut titreşim ölçüm sonuçlarına göre A(8) titreşim değerleri	76
Şekil 21	TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre C Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçları A(8) titreşim değerleri	78
Şekil 22	TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre E Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçları A(8) titreşim değerleri	81
Şekil 23	A Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları toz ölçümü değişim grafiği	84
Şekil 24	A Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre toz ölçümü değişim grafiği	85
Şekil 25	B Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları toz ölçümü değişim grafiği	88
Şekil 26	B Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre toz ölçümü değişim grafiği	89
Şekil 27	C Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre kişi bazında TWA değerleri	92

Şekil 28	C Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre toz ölçümü değişim grafiği	93
Şekil 29	D Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre kişi bazında TWA değerleri	96
Şekil 30	D Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre toz ölçümü değişim grafiği	97
Şekil 31	E Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre kişi bazında TWA değerleri	99
Şekil 32	E Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre toz ölçümü değişim grafiği	100

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Madencilik Sektöründe Fiziksel Risk Etmenleri

Madencilik sektörü, iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük öneme sahip bir alandır ve çalışanları fiziksel risk etmenlerinden korumak amacıyla kapsamlı önlemler alınması gerekmektedir. Son yıllarda sanayileşme ve teknolojik gelişmelerle birlikte madencilik faaliyetleri hız kazanmış ve bu süreçte fiziksel risk etmenleri daha belirgin hale gelmiştir. Madencilik sektöründe çalışanların karşılaştığı başlıca fiziksel risk etmenleri arasında gürültü, titreşim, toz, ergonomi ve aydınlatma yetersizliği sorunları bulunmaktadır. Madencilik faaliyetleri sırasında kullanılan makineler ve ekipmanlar yüksek seviyede gürültüye neden olabilir ve sürekli maruz kalınan yüksek gürültü seviyesi, işitme kaybı gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Bu nedenle, gürültü seviyelerinin düzenli olarak ölçülmesi ve kontrol altına alınması önem arz etmektedir. Ayrıca, madencilik makineleri ve ekipmanlarının sebep olduğu titreşimler, çalışanların kas ve iskelet sistemine zarar verebilir. Uzun süreli titreşim maruziyeti, kas-iskelet sistemi bozukluklarına yol açabileceğinden, titreşim maruziyetinin sınırlandırılması gerekmektedir. Toz da madencilik işlemleri sırasında ortaya çıkan ve solunum sistemi hastalıklarına neden olabilecek bir diğer önemli risk faktörüdür. Özellikle, kömür ve metal madenciliğinde ortaya çıkan tozlar, pnömokonyoz gibi meslek hastalıklarına yol açabilir. Bu nedenle, toz kontrol önlemleri iş sağlığı ve güvenliği stratejilerinde kritik bir yer tutmaktadır (Doğan, 2023: 7732-7733).

Madencilik işlerinin fiziki zorlukları, ergonomik riskleri de beraberinde getirir. Uygun olmayan çalışma pozisyonları ve ağır yüklerin kaldırılması, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olabilir. Bu nedenle, ergonomik risklerin en aza indirilmesi için uygun ekipman kullanımı ve çalışma koşullarının iyileştirilmesi gerekmektedir. Ek olarak, yetersiz aydınlatma çalışma alanlarında kaza riskini artırabilir ve çalışanların görme sağlığını olumsuz etkileyebilir. İyi bir aydınlatma sistemi hem çalışanların güvenliğini hem de üretkenliğini artırmaktadır (Yağcı vd., 2022: 61).

Bu fiziksel risk etmenleri, madencilik sektöründe iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının merkezinde yer alır. Çalışanların güvenliğini sağlamak ve iş kazalarını önlemek için fiziksel risk etmenlerine yönelik kapsamlı değerlendirmeler ve iyileştirme

alışmaları yapılması zorunludur. İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemlerinin etkin bir Şekilde uygulanması, madencilik sektöründeki risklerin minimize edilmesine yardımcı olacaktır (Bilir, 2016: 101-104).

Dünya genelinde ve Türkiye'de sanayileşme, teknolojik geliŐmeler ve otomasyon süreçleri, çeşitli sektörlerin bu deėiŐimlere uyum sağlamaya çalıŐtıėı bir dönem oluŐturmuŐtur. Bu süreç, iş yerlerinde yeni sorunlar ve tehlikeler ortaya çıkarmıŐ, dolayısıyla çalışanların korunması amacıyla sistematik ve bilimsel yaklaŐımlara duyulan ihtiyaı artırmıŐtır. İş sağlığı ve güvenliği alanında yapılan çalışmalar, iş yerlerinde meydana gelebilecek kazalar ve meslek hastalıklarının önlemeyi hedeflemektedir. Sektörel farklılıklar göz önünde bulundurularak, iş yerleri çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından az tehlikeli, tehlikeli ve çok tehlikeli olarak üç kategoriye ayrılmıŐtır. Özellikle madencilik sektörü, çok tehlikeli işler kategorisinde yer almakta olup, kömür madenciliği, kurşun, krom ve bakır gibi madenlerin üretim ve zenginleŐtirme işlemleri bu kapsamda değerlendirilmektedir. Bu sektörde, çalışanların karŐılaŐabileceėi risklerin minimize edilmesi büyük önem taşımaktadır. (Altınel, 2011: 5-7).

Madencilik, küresel ölçekte en tehlikeli sektörlerden biri olarak görülmektedir ve iş kazaları ile meslek hastalıklarının yaygınlığı, bu sektördeki risk faktörlerinden kaynaklanmaktadır. Patlayıcı maddelerin kullanımı, zararlı gazların varlığı, yangın riski ve ağır ekipmanların kullanımı, madencilik sektörünün başlıca tehlikeleri arasında yer almaktadır (NIOSH, 2000). Açık ocak ve kapalı ocak olarak ikiye ayrılmakta olup, açık ocak madenciliği, kapalı ocak madenciliğine kıyasla daha güvenli kabul edilmektedir. Ancak, kapalı ocaklarda karbondioksit, karbonmonoksit, metan gazları ve grizu patlamaları gibi ciddi tehlikeler mevcuttur. Bu tür tehlikeli çalışma koŐullarında, iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlemek için etkin bir iş sağlığı ve güvenliği yönetimi, çalışanların eğitimi ve düzenli ortam ölçümleri büyük önem taşımaktadır. Bu nlemler, madencilik sektöründe çalışanların güvenliğini artırmak ve riskleri azaltmak için kritik bir rol oynamaktadır. (Bilim, 2017: 655-658).

İş sağlığı ve güvenliği kapsamında, çalışma koşullarını etkileyen fiziksel risk etmenleri arasında gürültü, titreşim, toz, ergonomi ve aydınlatma koşulları yer almaktadır. Bu risklerin yönetimi için iş yerlerinde düzenli ölçümler yapılması ve çalışanların bu konularda bilinçlendirilmesi önemlidir. Madencilik sektörü özelinde, kullanılan cihazlar ve

Çalışma ortamının yapısından dolayı gürültü, toz ve titreşim, ne çıkan kritik risk faktörleridir. Bu etmenlerin kontrolü, çalışanların sağlık ve güvenliğini sağlamak için hayati bir öneme sahiptir. Gürültü, akustik açıdan harmonik ilişkiye sahip olmayan çeşitli frekans bileşenlerini içeren, yüksek basınçlı ve zamanla değişen kompleks sesler olarak tanımlanabilir. Fizyolojik açıdan ise, hoş olmayan her türlü ses gürültü olarak kabul edilir. Dünya Sağlık rgt (WHO), insan sağlığını fiziksel, ruhsal ve sosyal iyilik hali olarak tanımlamaktadır ve bu bağlamda gürültü kirliliğini önemli bir çevresel risk faktörü olarak görmektedir. Gürültü, insan sağlığı üzerinde fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performansla ilgili çeşitli etkiler yaratabilir. Bu etkiler arasında işitme kaybı, stres yanıtlarının tetiklenmesi, psikolojik sorunlar ve öğrenme ile çalışma performansında azalma sayılabilir. (Sabancı ve Sümer, 2015: 233-234).

İnsan kulağı, düşük ve yüksek frekanslı seslere kıyasla orta frekanslı seslere daha fazla duyarlıdır. Bu nedenle, orta frekanslı sesler işitme sağlığı açısından daha fazla risk taşımaktadır. Düşük frekanslı sesler, engelleri daha kolay geçip kişiye ulaşabildiğinden, bu seslerin engellenmesi ve korunma önlemlerinin alınması daha zordur. Düşük frekanslı seslerin etkili bir şekilde azaltılması için ses emici ekipmanların daha kalın olması gerekir, çünkü bu tür sesleri emmek için daha fazla malzeme gereklidir (Reeves vd., 2009: 8). Sağlıklı bir birey 20-20000 Hz. Frekans aralığındaki ve 0 dB-140 dB arasındaki sesleri duyabilmektedir (Duran vd., 2018: 739).

İş sağlığı ve güvenliğinde dikkate alınması gereken önemli bir risk faktörü de titreşimdir. Titreşim, enerjinin potansiyel ve kinetik enerji halleri arasında dönüşümü sonucunda oluşan mekanik salınımlar olarak tanımlanır ve özellikle madencilik sektöründe sıkça karşılaşılır. Bu mekanik salınımlar, madencilik faaliyetlerinde delme, patlatma, taşıma ve öğütme işlemleri sırasında belirgin bir şekilde ortaya çıkar. Madencilik ekipmanlarının kullanımı sırasında üretilen titreşimler genellikle istenmeyen enerji kayıplarına neden olur ve çalışma ortamında olumsuz etkiler yaratır. Bu yüzden titreşim kontrolü, iş sağlığı ve güvenliğinde kritik bir öneme sahiptir (Sabancı ve Sümer, 2015: 217-219). İstenmeyen titreşimler, ekipmanların dengesiz çalışması, mekanik parçaların düzensiz sürtünmesinden kaynaklanabilir. Bu titreşimler, madencilik sektöründe çalışanların sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir ve uzun vadede meslek hastalıklarına yol açabilir. Bu nedenle, madencilik endüstrisinde titreşimin kontrol altına alınması ve azaltılması iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük önem taşır. Özellikle kaya delicilerle çalışan madencilerde, titreşim

maruziyeti el ve kolda dolaşım bozukluklarına sebep olabilir. Bu durum, titreşim kontrolünü çalışan sağlığını korumak için kritik hale getirmektedir. (Güven, 2002: 15-19).

Çalışmamızda, fiziksel risk etmenlerinden biri olan toz da ele alınmıştır. Maden ocaklarında toz, çalışanlar için ciddi sağlık ve güvenlik tehditleri oluşturmaktadır. Tozlar, genellikle cevher ve yan kayaçların çeşitli nedenlerle parçalanması sonucu ortaya çıkar. Bu tozlar, çalışanların solunum yollarını etkileyerek silikozis gibi ölümcül hastalıklara yol açabilir. Ayrıca, yüksek toz konsantrasyonları çalışanların görüş alanını kısıtlayarak kazaların artmasına ve üretim kayıplarına neden olabilir. Maden ocaklarında tozun varlığı, güvensiz bir çalışma ortamı oluşturarak iş güvenliği ve verimliliği olumsuz etkiler. Bu sebeple, toz kontrolü ve yönetimi, maden işletmelerinde hayati öneme sahiptir (Arıtan ve Demir, 2015: 383).

1.2. Ses ve Gürültü Nedir?

Ses, nesnelerin titreşimleri sonucu oluşur ve uygun bir ortamda genişleme ve sıkışma hareketleriyle kaynağının etrafında küresel olarak ilerleyen bir basınç dalgası şeklinde tanımlanabilir. Ses, mekanik bir dalga niteliği taşır ve hava, su gibi maddesel ortamlarda tanecikler aracılığıyla yayılır; dolayısıyla uzay boşluğunda yayılma yeteneğine sahip değildir. 1960'lı yıllarda Bell Laboratuvarları'nda gerçekleştirilen bir deneyde, özel bir ses merceği ve görüntüleme tekniği kullanılarak kornadan yayılan ses dalgalarının görüntüsü başarıyla elde edilmiştir (Sabancı ve Sümer, 2015: 233).

Kişiler üzerinde negatif etkisi olan her türlü sese gürültü denir. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), gürültüyü şu şekilde tanımlamaktadır: Gürültü, işitme kaybına sebep olan veya farklı sağlık tehlikelerine yol açan seslere verilen isimdir. Gürültü kirliliğinin en iyi bilinen etkisi, geçici veya kalıcı işitme kaybıdır. Ayrıca, gürültü kirliliği ruhsal bozuklukları, sosyal patolojileri ve psikolojik hastalıkları etkileyen temel kritik stres faktörlerinden biridir.

1.2.1. Gürültü Çeşitleri

Gürültü, frekansın zamanla nasıl değiştiğine bağlı olarak iki farklı şekilde incelenebilir. Bu gürültü türleri geniş bant ve dar bant olarak sınıflandırılabilir. Geniş bant gürültüsü, gürültüyü oluşturan arı seslerin (sinüzoidal titreşimlerden kaynaklanan basit harmonik sesler) geniş bir frekans aralığında yayıldığı bir gürültü türüdür. Buna karşın, dar

bant gürültüsü, arı seslerin daha dar bir frekans aralığında yoğunlaştığı gürültü çeşididir. Bu ayırım, gürültünün karakteristik özelliklerini belirlemede ve uygun müdahale yöntemlerini seçmede önemli rol oynar (Sabancı ve Sümer, 2015: 259-260; Gürsoy, 2020: 14).

Gürültü, ses yüksekliğinin zamanla değişimi açısından ise iki ana kategori altında incelenebilir: durağan (kararlı) ve değişken (kararsız) gürültü. Durağan gürültü, belirli bir zaman dilimi içinde gürültü düzeyinin önemli bir değişiklik göstermediği durumlardır; bu duruma örnek olarak, sabit hız ve güçte çalışan bir motorun çıkardığı ses verilebilir. Diğer yandan, değişken gürültü, gözlem süresince ses düzeylerinde önemli ve sürekli değişiklikler gösterir. Bu kategori altında üç farklı tür daha detaylı incelenebilir: kesikli gürültü, dalgalı gürültü ve darbeli gürültü. Kesikli gürültü, gözlem süresi boyunca bir saniye veya daha uzun süreler boyunca ses düzeyinde ani artış veya azalmalar gösterir; örnek olarak trafik gürültüsü veya aralıklarla çalışan bir vantilatör gösterilebilir. Dalgalı gürültü, gözlem süresince sürekli değişen ve önemli ölçüde dalgalanan bir ses düzeyine sahiptir. Darbeli gürültü ise, genellikle bir saniyeden daha kısa süren, çekiçle vurma gibi anlık darbelerden oluşur ve işçilerin maruz kaldığı tipik bir gürültü örneğidir (Sabancı ve Sümer, 2015: 260; Gürsoy, 2020: 14)

1.2.2. Madenlerde Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Gürültü, akustik biliminde genellikle istenmeyen veya insanlar ve toplum üzerinde olumsuz etkileri olan sesler olarak tanımlanır. Belirgin bir yapıya sahip olmayan ve içerdiği öğelerle kişileri bedensel veya psikolojik olarak etkileyebilen bir ses düzeni şeklinde de ifade edilebilir. Gürültü, sadece insanların işitme fonksiyonlarını olumsuz olarak etkilemekle kalmaz, aynı zamanda diğer vücut işlevlerini de olumsuz yönde etkileyebilir. Özellikle sözel iletişimi zorlaştırır ve tehlike alarmlarının algılanmasını engeller. Bu nedenle, gürültüyü sağlığı olumsuz etkileyen bir ses düzeyi olarak tanımlamak da mümkündür. Bu tanımlamalar, gürültünün sadece rahatsız edici bir arka plan sesi olmadığını, aynı zamanda ciddi sağlık riskleri taşıdığını vurgular (Crocker, 2007: 303).

Gürültü, birçok meslek alanını etkileyen yaygın bir sorun olup, özellikle madencilik sektöründe çalışanlar gürültüye bağlı işitme kaybı açısından yüksek risk altındadır. Gürültü, insan sağlığını fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans açısından olumsuz etkiler. İşitme kaybı, gürültünün fiziksel etkileri arasında en belirgin olanıdır ve genellikle duyma

eşigindeki yükselme olarak tanımlanır. Bu durum, iş performansını ve günlük yaşam kalitesini ciddi şekilde düşürebilir. Gürültüden kaynaklanan işitme kaybı, dünya çapında geri dönüşümsüz bir meslek hastalığı olarak kabul edilmektedir (Frank ve Bise, 2003: 106-110).

Madencilikte fizyolojik etkiler arasında kas gerilmesi, stres, kan basıncında artış, kalp atış hızında ve kan dolaşımında değişiklikler, göz bebeklerinin büyümesi ve uykusuzluk bulunmaktadır. Bunlar genellikle kısa süreli etkilerdir, ancak stres ve uykusuzluk gibi bazıları uzun vadeli fizyolojik etkiler olabilir. Ayrıca, gürültünün migren, ülser ve gastrit gibi bazı hastalıkların ortaya çıkmasında da rol oynayabileceği öne sürülmektedir. Gürültünün psikolojik etkileri arasında korku, tedirginlik, yorgunluk, zihinsel aktivitelerde yavaşlama ve iş veriminde düşüş bulunur. Çevresel gürültülerin insanın ruh sağlığını doğrudan etkilemediği, ancak mevcut ruhsal rahatsızlıkları şiddetlendirebileceği ve kötüleştirebileceği belirtilmektedir. Endüstriyel gürültünün ruh sağlığı üzerindeki etkileri hâlâ tam olarak belirlenmemiş olup, elde edilen sonuçlar çevresel gürültü araştırmalarında elde edilenlerden farklıdır. Son olarak, gürültünün insanın iş performansı ve davranışları üzerindeki etkileri değişken olabilmekte ve araştırmalar her zaman net sonuçlar sunmamaktadır. Bazen gürültü performansı artırabilirken, bazı durumlarda gürültülü ve sessiz ortamlarda ölçülen performans değerleri arasında fark gözlenmemektedir. (Fişne, 2008: 44-49)

1.2.3. Madenlerde Gürültünün Kontrolü

Madencilik faaliyetleri sırasında, özellikle son yıllarda artan mekanizasyon ile birlikte yüksek gürültü seviyelerine sıklıkla rastlanmaktadır. İşçiler, günlük çalışma ortamlarında sürekli olarak makineleri kullanmakta ve bu durum, onların yüksek düzeyde gürültüye maruz kalmalarına neden olmaktadır. Özellikle yeraltı madenciliğinde kullanılan elektro hidrolik deliciler, galeri açma makineleri, kesici yükleyiciler, martopikörler, martoperfaratörler gibi hazırlık ve üretim makineleri; tünellerde kullanılan jumbo deliciler ve hidrolik kırıcılar ana gürültü kaynakları arasında yer alır. Ayrıca, nakliyatta kullanılan zincirli oluklar ve taşıma bantları, havalandırmada kullanılan fanlar da yeraltındaki diğer önemli gürültü kaynaklarındandır.

Çalışanların sağlığının korunması ve iş güvenliğinin sağlanması amacıyla, iş yerlerindeki gürültü seviyeleri belirlenen limit değerlerin altında tutulmalıdır. Yeraltı

madenlerinde veya tünellerde çalışanların işitme kaybı yaşamaması için gerekli önlemlerin alınması büyük önem taşır. Bunun yanı sıra, galerilerde ve ayakta çalışan işçiler ile bu makineleri kullanan operatörlerin sağlık kontrollerinin düzenli olarak yapılması, gürültüden kaynaklanabilecek sağlık sorunlarını önlemek için kritik bir öneme sahiptir (Erol ve Su, 2015: 366).

Gürültü kontrolü çerçevesinde atılacak ilk adımlardan biri, kullanılmayan makineleri durdurmak ve düşen, çarpan veya devrilen parçalar ve ekipmanlardan kaçınmak için gerekli önlemleri almaktır. Gürültü potansiyeli taşıyan gevşemiş veya titreşen bileşenlerin tespit edilerek sabitlemesi, dönen hareketli ekipmanlar bulunan makinelerde ise mümkünse devir sayısının düşürülmesi gürültü seviyesinde olumlu düşüşler sağlayabilir. Ayrıca, akışı engelleyen boru tesisatlarının kullanımından kaçınılmalı ve mümkün olduğunca gürültüsüz işlemler, gürültülü işlemlere tercih edilmelidir. İçten yanmalı motorlarda, frekans aralığına uygun özel reaktif susturucular kullanılmalı; pervaneler, üfleyiciler gibi ekipmanlarda ise boğmalı susturucular tercih edilmelidir. Bu yöntemler, iş yerinde gürültü seviyesini azaltmada etkili olabilir (Işık, 2006: 69-70).

Günümüzde, gürültünün alıcıda kontrolü söz konusu olduğunda, kişisel koruyucu donanımlar (KKD) olarak kulaklık ve tıkaçlar ön plana çıkmaktadır. Bu ekipmanlar, kaynağında ve yolda alınan gürültü önlemleriyle karşılaştırıldığında, hızlı ve ekonomik oldukları için tercih edilmektedirler. Kulaklık ve tıkaç kullanımında dikkate alınması gereken faktörler arasında sağladıkları gürültü kaybı, iş yerindeki toplam gürültü düzeyi, gürültünün etkili olduğu frekanslar ve ergonomiklik yer almaktadır. KKD'nin gürültü kaybı, üreticisi tarafından her oktav bandı için ayrı ayrı, yaklaşık sapma değerleriyle belirtilmektedir. Manşon tipi koruyucular, toplam gürültü kaybı açısından daha verimli olabilirken, düşük frekanslarda daha etkili olmaları, saklama ve taşıma kolaylıkları ile gözlük gibi diğer ekipmanlarla birlikte kullanılabilirlik açısından kulak tıkaçlarının daha verimli olduğu söylenebilir.

Gürültünün alıcıda kontrolü için KKD'lere ek olarak mühendislik yöntemleri, çalışanların vardiya, izin ve mola olarak dinlenme zamanlarının düzenlenmesi gibi idari ve yönetsel tedbirler de mutlaka alınmalıdır. Ayrıca, gürültü seviyesi ve tipine göre bireysel olarak seçilen KKD'lerin kullanımı konusunda çalışanlara yönelik eğitimler ve bilgilendirmeler yapılmalı ve bu ekipmanların kullanımı denetlenmelidir. Bu tür önlemler,

gürültünün alıcıda etkin bir şekilde kontrol edilmesi için olmazsa olmaz gereklilikler arasındadır (Gürsoy, 2020: 21-22).

1.3. Titreşim Nedir?

Titreşim, genellikle katı ortamlarda yayılan, alçak frekans ve yüksek genliğe sahip olan ve dokunma ile enerji transferi sağlayan mekanik salınımlar olarak tanımlanır. Titreşim, enerjinin kaybolmadan bir formdan diğerine dönüştüğü bir geçiş süreci olarak görülür. Özellikle, potansiyel enerjinin kinetik enerjiye ve kinetik enerjinin tekrar potansiyel enerjiye dönüşümü sırasında meydana gelen dinamik olaylar titreşim veya vibrasyon olarak adlandırılır. Çalışma ortamında kullanılan araçlar, malzemeler ve makinelerin çalışma esnasında yarattığı salınımlar, bu titreşimlerin oluşmasına neden olur. Bu süreç hem enerji dönüşüm dinamiklerini hem de mekanik hareketlerin fiziksel etkilerini kapsar (Sevgi, 2020)

Birçok makine parçası, periyodik hareketleri gerçekleştirecek şekilde tasarlanmıştır. Bu hareket esnasında, makinelerin çeşitli elemanlarına zamanla değişen kuvvetler ve momentler uygulanır, bu da titreşimlerin ortaya çıkmasına neden olur. Bu titreşimler ve eşlik eden kuvvet ve moment değişiklikleri, mühendislik tasarımlarında mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Zira, makinelerdeki titreşimler, statik kuvvetlerin ötesinde, zamana bağlı değişen dinamik kuvvetlere yol açar. Bu kuvvetlerin büyük genliklere sahip olması, bazı makine parçalarının mukavemet sınırlarını aşmasına ve kalıcı deformasyonlara neden olabilir. Makinelerde titreşim genellikle arzu edilmeyen bir durumdur. Çünkü bu titreşimler, makine parçalarına uygulanan kuvvetlerin neden olduğu gürültü, yüksek gerilmeler, aşınma ve malzeme yorulması gibi istenmeyen davranışlara yol açar. Bununla birlikte, titreşimlerden faydalanan bazı makineler de bulunmaktadır. Örneğin, maden makineleri sadece statik yüklere değil, aynı zamanda işletme sırasında karşılaşılabilecekleri dinamik yüklere ve titreşimlere göre de tasarlanır. Ancak, bir makine tasarlanıp üretildikten sonra da beklenmedik titreşimler ortaya çıkabilir. Bu gibi durumlarda, titreşimlerin ortadan kaldırılması için gerekli düzenlemelerin yapılması ve önlemlerin alınması zorunludur (Arıtan ve Tümer, 2015: 325 vd.)

Titreşimin iletimi ve etkisinin değerlendirilmesi, titreşimin frekansına ve genliğine bağlı olarak yapılır. Frekans, belirli bir zaman aralığında meydana gelen olayların sayısı olarak tanımlanır ve genellikle Hertz (Hz) cinsinden ifade edilir, bu da saniyede gerçekleşen

tekrar sayısını gösterir. Alternatif olarak, dakikadaki devir sayısı da dikkate alınabilir ve bu durumda Cycles Per Minute (CPM) olarak bilinen bir ölçü birimi kullanılır. Genlik veya amplitüd ise, titreşim sinyalinin maksimum yer değiştirme büyüklüğünü ifade eder. Bu iki parametre, titreşimlerin hem mekanik sistemler üzerindeki hem de insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerini anlamak için analiz edilmesi gereken kritik öneme sahip özelliklerdir. Bu şekilde, titreşimin kaynakları ve bu kaynakların kontrol altına alınması hakkında daha bilinçli kararlar verilebilir (Güven, 2002: 14-15)

1.3.1. Madenlerde Titreşim Çeşitleri

Titreşim parametreleri şu şekilde sınıflandırılabilir: titreşimin büyüklüğü, frekansı, yönü, süresi ve öz direnci. Titreşimin büyüklüğü, cismin yer değiştirmesi, hızı veya ivmesi ile tanımlanır. Bir cisim, önce bir yöne ardından zıt yöne sürekli olarak hızlanarak hareket eder; bu duruma osilasyon denir. Bu ivme, ivme ölçer ile ölçülür ve birimi metre başına saniye karedir (m/s^2). Titreşim frekansı, saniyedeki devir sayısı olarak tanımlanır ve Hertz (Hz) birimi ile ifade edilir. Frekans ölçümü, titreşimin vücutta yarattığı etkileri belirlemede kullanılır. Vücutta oluşan titreşim frekansları, insan kulağının duyabildiği frekans aralığından oldukça küçüktür. Titreşim frekansı, cisim, yüzey veya vücut üzerinde ilerler. Örneğin, titreşime el ile maruz kalınırsa, bu titreşim parmaklardan kola doğru yayılır. Titreşim yayan bir makine ile çalışan bir bireyde, titreşimin yayılma özelliği nedeniyle makinedeki titreşim çalışana geçer ve vücutta yayılır. Titreşim ölçümleri yapılırken x, y ve z eksenleri kullanılır. Bu parametrelerin analizi, titreşimin insan sağlığı ve performansı üzerindeki etkilerini anlamak için kritik öneme sahiptir (Mert, 2020: 61).

Titreşim çeşitleri; periyodik titreşim, sönümsüz serbest titreşim, sönümlü serbest titreşim, sönümsüz zorlanmış titreşim, sönümlü zorlanmış titreşim ve gelişigüzel (random) titreşim olmak üzere farklı gruplara ayrılmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği açısından ise el-kol titreşimi ve tüm vücut titreşimi ön planda tutulmakta, bu titreşimlerin maruziyetindeki sınır değerlerin aşılıp aşılmadığı ve ne şekilde önlenebileceği ya da azaltılacağı incelenmektedir (Sabancı ve Sümer, 2015: 208-212).

1.3.2. Madenlerde Titreşimin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Titreşimin insan sağlığı, performansı ve konforu üzerindeki etkileri, hareket hastalığı gibi fizyolojik ve psikolojik etkiler ile hasarların başlama sınırındır ve bu etkiler, titreşimin hızı, ivmesi, genliği, frekansı veya süresi ile tanımlanmış kriterlerdir. Tüm vücudun veya el ve kolların titreşime maruziyeti sonucunda oluşan etki, titreşimin büyüklüğüne, frekansına, yönüne, süresine, uygulandığı bölgeye ve bölgenin büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Titreşimli cihazın titreşim ivmesi 1 m/s^2 'nin altında olduğunda, titreşimin el-kol dolaşımına olumsuz etkisi görülmemektedir. Titreşimin ivmesinin karesi ile ters orantılı olarak, semptomların görülme süresi kısalmaktadır. Ayrıca, oluşan titreşim sendromunun şiddeti ile maruziyet süresi arasında doğrudan bir ilişki vardır. Kaya delicilerle titreşime maruziyet, daha çok el-kolda dolaşım kusuruna yol açarken, yüzey taşıma çekici ve zincirli testere kullanımında kas, eklem ve sinirsel duyu kusurları ortaya çıkmaktadır. Tüm vücudun titreşime maruz kalması sonucunda, özellikle omurganın travmaya uğraması nedeniyle omurgada dejeneratif değişiklikler görülür. Titreşimin daha çok görülen diğer bir özelliği ise ağır bir yük kaldırma sonucu oluşan bel ağrısı ve lomber dejenerasyonların artmasıdır. Benzer şekilde, otomobil, kamyon, traktör, helikopter, uçak ve gemi kullanıcılarında intervertebral disklerin kaymasının titreşimin etkisiyle geliştiği ifade edilmiştir. Aynı kişilerde mide ağrısı, sindirim problemleri (genel vücut titreşimi kontraktıl aktiviteyi azaltarak gastrik motilitede yavaşlamaya yol açmaktadır), üriner bozukluklar, dengenin bozulması, görme bozukluğu, baş ağrısı ve uykusuzluk gibi şikayetler de görülmüştür (Güven, 2002: 16-18).

Titreşim, çalışanın vücuduna el-kol sistemi ile yayıldığında, çeşitli rahatsızlıklara neden olur. Bu rahatsızlıklar, iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirildiğinde, eklemlerde, kemik ve damar sinir sisteminde sorunlar yaratır. Özellikle kemik, eklem, nörolojik veya kas bozukluklarına yol açar. El-kol titreşim maruziyeti, madencilik, ormancılık, inşaat ve taşımacılık gibi birçok sektörde görülür. Titreşimli aletleri kullanan işçiler, parmaklarda ve ellerde parestezi, uyuşukluk, soğukluk ve beyaz parmak gibi nörolojik ve vasküler semptomlar yaşayabilirler. Titreşim kaynaklı beyaz parmak, mesleki bir hastalık olarak kabul edilir ve nozolojik olarak Raynaud fenomeninin ikincil bir formu olarak sınıflandırılır (Bovenzi ve Franzinelli, 1988: 25-33). El-kol titreşim sendromu (HAVS) terimi, el-kol titreşim maruziyeti ile ilgili belirti ve semptomları ifade etmek için kullanılır ve şu durumları içerir: damarsal hastalıklar, kemik ve eklem hastalıkları, kas hastalıkları ve

tüm vücut ya da merkezi sinir sistemi ile ilgili diğer hastalıklardır. Bu sendrom, çalışanların sağlık ve güvenliği üzerinde önemli etkiler yaratır ve bu nedenle iş sağlığı ve güvenliği politikalarında dikkate alınması gereken kritik bir faktördür (Mert, 2020: 63-64)

1.3.3. Madenlerde Titreşimin Kontrolü

Maden makineleri, yalnızca statik yüklere göre değil, çalışma sırasında karşılaşılabilecekleri titreşimler dikkate alınarak dinamik yüklere göre tasarlanmaktadır. Ancak, bir makine tasarlanıp imal edildikten sonra beklenmedik titreşimler ortaya çıkabilir. Bu durumda, titreşimlerin ortadan kaldırılması için gerekli değişikliklerin yapılması ve önlemlerin alınması gerekmektedir.

Titreşimin geçişini azaltma, titreşim kaynağı ile yayıcı yüzey arasındaki geçiş yolunun değiştirilmesiyle sağlanır. Bu değişiklik, titreşimin geçişini azaltan esnek gereç uygulaması, devamsızlık oluşturulması gibi yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Etkileyen ve etkilenen nesnelerin arasına esnek gereç uygulamasıyla, hareketin veya titreşen kuvvetlerin bir nesneden diğerine geçişinin yalıtılması anlamına gelir ve bu yöntem titreşim yalıtımı olarak adlandırılır. Bu yöntemde kullanılan gereçler çelik esaslı gereçler, şekilli elastomerler, yalıtım pedleri ve pnömatik düzenekler olmak üzere dört grupta toplanabilir. Uygulamada devamsızlık oluşturma yöntemi, özellikle darbe gürültüsünün denetiminde etkilidir. Darbenin tüm alana yayıldığı noktalarda temas yüzeyi ile araya esnek bağlantılar yerleştirilerek enerjinin yayılması önlenir.

Yük taşıma ve boşaltma üniteleri, kamyonlar, kazıyıcılar ve ekskavatörler gibi mobil ekipmanların kullanımı, yaygın olarak titreşim ve mekanik stres kaynaklı sorunlara neden olmaktadır. Bu durum, var olan omurga rahatsızlıklarını tetikleyebilmekte veya mevcut semptomların kötüleşmesine yol açabilmektedir. Araçların ve yolların bakımının yetersiz olması, söz konusu riskleri daha da artırmaktadır. Bunun yanı sıra, hava destekli kaya delme makineleri gibi yüksek titreşimli ekipmanların kullanımı, el-kol titreşim sendromunun yaygın bir şekilde görülmesine sebebiyet vermektedir (Donoghue, 2004: 283-284).

Sönümleme uygulaması, rezonans durumunda, yani makinenin çalışması sırasında uyarım frekanslarından birinin döşemenin doğal frekansı ile örtüşmesi durumunda oluşan titreşimleri engeller. Titreşim genliğinde azalma sağlama amacıyla kullanılan sönümleyici düzenekler, titreşim sönümlemesi olarak adlandırılır. Sönümleyicilerin manyetik, mekanik

ve yüzeye katman olarak uygulanan türleri bulunmaktadır ve literatürde titreşim damperi olarak da geçmektedirler. Sönümleyiciler, titreşim enerjisini bir çeşit sürtünme ile ısı enerjisine dönüştürürler. Uygulamaya bağlı olarak, sönümleme ile yayılan ya da geçen ses düzeyinde 20 dB'e kadar azalma sağlanabilmektedir. Pratikte en fazla kullanılan mekanik ve manyetik sönümleme düzenekleri arasında viskoz sönümleyici, sıkıştırılmış yağ sönümleyicisi, gereç iç sönümleyicisi, kuru sürtünme sönümleyicisi ve elektromanyetik sönümleyici bulunmaktadır (Arıtan ve Tümer, 2015: 325-327).

1.4. Toz Nedir?

Toz, kayaç ve cevherlerin kırma, öğütme, patlatma ve delme gibi mekanik işlemler sonucunda parçalara ayrılmasından kaynaklanan, çapı 1 ile 100 µm arasında değişen ve havada asılı kalabilme veya zamanla çökme özelliklerine sahip çeşitli boyutlardaki partiküller olarak tanımlanabilir. İş yerlerinde karşılaşılan tehlikeli tozların örnekleri arasında mineral tozlar, metalik tozlar, kimyasal tozlar, bitkisel tozlar ve küfler ile sporlar bulunmaktadır. Mineral tozlar, özellikle tehlikeli olan silika içerebilir şekilde, minerallerin çıkarılması ve işlenmesi sırasında oluşur. Metalik tozlar arasında kurşun, kadmiyum ve bu metallerin bileşikler yer alır. Kimyasal tozlar, toplu kimyasallar ve pestisitler gibi çeşitlilik gösterir. Bitkisel tozlar ise odun, un, pamuk, çay ve polenler gibi kaynaklardan meydana gelir. Küfler ve sporlar, biyolojik ajanlar olarak iş yerinde önemli toz kaynaklarıdır. Ayrıca, özellikle tehlikeli olan asbest, eski binalarda yalıtım malzemesi olarak kullanılmıştır ve bu tür yapıların bakımı veya yıkımı sırasında ciddi sağlık riskleri oluşturabilir (WHO, 1999: 1-2).

1.4.1. Madenlerde Toz Çeşitleri

Tozlar kimyasal kökenlerine göre iki ana kategoriye ayrılır: organik ve inorganik. Organik tozlar, genellikle bitkisel kaynaklı (pamuk, tahta, un, saman tozları gibi), hayvansal kaynaklı (tüy, saç gibi) ve sentetik bileşenlerden (DDT, trinitro tolüen gibi) oluşur ve akciğerlerde depolanmaz. İnorganik tozlar ise, metalik tozlar (demir, bakır, çinko gibi), metalik olmayan tozlar (kükürt, kömür tozu gibi), kimyasal bileşikler (çinko oksit, mangan oksit gibi) ve doğal bileşikler (mineraller, killer, maden cevherleri gibi) formunda bulunur ve akciğerlerde depolanma eğilimindedir.

Tozlar ayrıca biyolojik etkilerine göre de sınıflandırılmaktadır. Bu kategorilere göre tozlar; fibrojenik, toksik, kanserojen, radyoaktif, alerjik ve inert tozlar olarak gruplandırılır. Örneğin, fibrojenik tozlar akciğer dokusunda fibrotik değişikliklere neden olabilirken, toksik tozlar çeşitli organlarda zehirlenme etkisi yaratır. Kanserojen tozlar kanser riski taşır, radyoaktif tozlar hücre ve dokularda hasara yol açar, alerjik tozlar ise duyarlı bireylerde alerjik reaksiyonlara neden olur. İnert tozlar ise genellikle vücutta birikir ancak belirgin toksik veya fibrojenik etkiler göstermez.

Partikül boyutlarına göre tozlar, solunabilir toz ve toplam solunabilir toz olarak ikiye ayrılır. Solunabilir tozlar, solunum yollarında biriken ve alveollere ulaşabilen partiküllerdir. Toplam solunabilir toz ise, ağız ve burun yoluyla alınan ve havada asılı kalan tüm partikül fraksiyonlarını kapsar. Bu sınıflandırma, partiküllerin aerodinamik özelliklerine ve solunum yolları boyunca nasıl hareket ettiklerine dayanır. Partikül boyutu küçüldükçe, partiküller solunum yollarında daha derin bölgelere ulaşma potansiyeline sahiptir (Yeraltı ve Açık Kömür İşletmeciliğinde Tozla Mücadele Rehberi, 2021: 13-16).

1.4.2. Madenlerde Tozun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Fibrojenik tozların partikülleri, solunum yoluyla alındığında ve akciğer dokusunda biriktiğinde fibrotik değişikliklere neden olmaktadır. Bu değişiklikler, zamanla akciğerlerin normal işlevsel dokularını yerinden ederek solunum fonksiyonlarının bozulmasına yol açar. Silikoz, asbestoz ve talkoz, bu tür tozların yol açtığı hastalıklar arasında sayılabilir. Toksik tozlar ise vücuda girdiklerinde, özellikle sinir sistemi, karaciğer, böbrekler, mide ve bağırsaklar üzerinde kronik veya akut zehirlenme etkileri gösterir; kurşun, kadmiyum ve mangan tozu bu kategoride değerlendirilir. Kanserojen tozlar, çeşitli iç ve dış faktörlere bağlı olarak kanser oluşumunu tetikleyebilir; bu faktörler arasında beslenme, yaşam koşulları, çevre kirliliği ve mesleki etkiler bulunur. Örnek olarak asbest, arsenik ve bileşikleri, berilyum, nikel ve bileşikleri gösterilebilir. Radyoaktif tozlar, içerdikleri radyoaktif maddelerin iyonize ışınlar yayması sonucunda insan organizmasının hücre ve dokularında hasara, tümör oluşumuna ve genetik bozukluklara neden olur. Uranyum, toryum, seryum bileşikleri, trityum ve radyum tozları bu tür maddelere örnektir. Alerjik tozlar, duyarlı bireylerde ateş, astım ve dermatitler gibi çeşitli alerjik reaksiyonlara sebep olabilir; bu tozlar arasında bakteri, maya, küf ve polen bulunmaktadır. Son olarak, inert tozlar vücutta birikim

gösterirken fibrojenik veya toksik etkilere sahip değildir ve bu bağlamda kireç taşı, mermer, alçı taşı tozu gibi maddeler örnek verilebilir (Yeraltı ve Açık Kömür İşletmeciliğinde Tozla Mücadele Rehberi, 2021: 13-15).

1.4.3. Madenlerde Tozun Kontrolü

Madencilik sektörü dahil olmak üzere tüm sektörlerde kullanılan kişisel koruyucu donanımların (KKD) kullanımı ve özellikleri, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından düzenlenen ve Resmi Gazete’de yayımlanan ilgili yönetmeliklerle belirlenir. Bu yönetmeliklere uygun olarak, piyasada satılan tüm KKD'lerin Avrupa Birliği'nin belirlediği güvenlik standartlarını simgeleyen CE işaretini taşıması zorunludur. CE işareti, ürünlerin en yüksek güvenlik şartlarını karşıladığını temsil eder. Bu bağlamda, seçilecek olan solunum koruyucu donanımların da bu işareti taşıyor olması şarttır. Solunum koruyucu ekipmanlar, fonksiyonlarına göre temelde iki farklı kategoriye ayrılır. (Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği, 2006; Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik, 2013)

Birinci grup solunum koruyucu donanımlar, çalışanların ortam havasını soludukları ekipmanlardır. Bu donanımlar içerisinde, ortam havasında bulunan tehlikeli partiküller ile çeşitli gaz ve buharları filtreleyen cihazlar yer alır. Ortamın açık havada veya yer altında olmasına bakılmaksızın, toz bulunma olasılığı genellikle yüksektir. Bu tür durumlar için, ortam tozlarının büyük bir kısmı yarım yüz maskeleri kullanılarak etkin bir şekilde filtre edilebilmektedir. Bu maskeler, havadan zararlı partiküllerin arındırılmasını sağlayarak çalışanların sağlığını korumaktadır (Eser, 2015: 305).

Ortam havasında toz, sis, duman, organik buharlar veya asit gazları gibi hava kirleticilerinin bulunması durumunda, bu kirleticiler akciğer hasarına ve iyileştirilemeyen meslek hastalıklarına yol açabilmektedir. Bu tür tehlikeli ortamlarda, her iki tarafında da kartuş bulunan maskeler kullanılmalıdır. Bu maskeler, ortam havasındaki zararlı maddelere karşı etkili bir koruma sağlamak üzere uygun kartuşların kullanılmasına olanak tanımalıdır. Bu önlemler, çalışanların sağlığını korumak ve uzun vadeli sağlık sorunlarını önlemek için hayati öneme sahiptir (Sezginer, 2015: 58-59)

Solunum koruyucu ekipmanların ve bu ekipmanların özelliklerinin seçimi, özellikle yeraltı işletmelerinde ve kapalı ortamlarda gerçekleştirilen madencilik çalışmalarında büyük bir önem taşır. İlk olarak dikkat edilmesi gereken parametre, ortamın oksijen seviyesidir. Eğer ortam havasındaki oksijen oranı %19,5'in altında ise, filtre edilen sistemler yerine, temiz hava beslemeli sistemler tercih edilmelidir. Ortam havasındaki oksijen seviyesi yeterli olduğunda ise, zararlı maddelerin varlığı ve miktarları incelenmelidir. Zararlı gazların bulunduğu durumlarda, uygun kartuşlu filtreli maskeler kullanılmalıdır. Bu maskeler, tekrar kullanılabilir solunum koruyucu donanımlar olup, tam ve yarım yüz maskeleri şeklinde piyasada mevcuttur. Solunum koruyucuların filtre seçimi, ortam havasının içeriğine göre dikkatlice yapılmalıdır. Ortam havasında hem zararlı gazlar/buharlar hem de zararlı tozlar bulunuyorsa, partikül/gaz kombinasyonlu filtreli solunum koruyucular kullanılmalıdır. Zehirli gaz ve buharların türü ile bu kirleticilerin ortamdaki konsantrasyonu belirlenmelidir. Eğer mevcut konsantrasyonda yeterli oksijen mevcut ise filtreli solunum koruyucular uygundur; aksi takdirde, hava beslemeli sistemler düşünülmelidir. Ayrıca, gaz filtreleri seçilirken zehirli gaz veya buhara uygun olarak, zararlı maddenin yapısına ve miktarına göre belirlenmelidir ve ortamdaki partikül varlığında toz filtreleri ile kombine edilmelidir. Oksijen seviyesi yeterli ve zehirli gaz/buhar konsantrasyonu bulunmadığında ise partikül filtreli solunum koruyucular kullanılmalıdır (Eser, 2015: 308).

Havalandırma sistemlerine ek olarak, toz kontrolü için çeşitli önlemler alınması gerekmektedir. Özellikle ABD'de yaygın olarak kullanılan köpük teknolojisi, üretim bölgelerinde tozun ocak havasına karışmasını engelleyerek bastırabilir. Bu teknoloji, havalandırma maliyetlerini azaltmanın yanı sıra tozsuz bir çalışma ortamı oluşturmayı da mümkün kılar. Köpük tekniği, suyun yüzey gerilimini düşürerek, tozlu havaya nozüller aracılığıyla püskürtülmesi prensibine dayanır. Bu yöntemle su kullanımı azalırken, toz tutma verimi önemli ölçüde artırılabilir (Arıtan ve Demir, 2015: 393).

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Fiziksel risk etmenlerinin araştırılması, iş sağlığı ve güvenliği alanında büyük öneme sahiptir. Bu etmenler, çalışanların maruz kaldığı potansiyel tehlikeleri belirleyerek, çalışma ortamlarının daha güvenli hale getirilmesini amaçlar. Fiziksel risk etmenleri arasında gürültü, titreşim, ergonomik riskler, termal konfor, aydınlatma ve radyasyon gibi faktörler bulunmaktadır. Bu faktörlerin etkilerinin incelenmesi hem akut hem de kronik sağlık sorunlarının önlenmesine katkıda bulunur. Örneğin, yüksek gürültü seviyeleri işitme kaybına yol açabilirken, ergonomik riskler kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olabilir. Bu nedenle, fiziksel risk etmenlerinin analizi ve yönetimi, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının azaltılmasında kritik bir rol oynar. Bu araştırmalar, iş yerlerinde uygulanacak koruyucu önlemlerin geliştirilmesi için bilimsel veriler sağlar ve böylece çalışanların sağlığını korumaya yönelik stratejilerin oluşturulmasına temel teşkil eder.

Çalışmamızın konusu olan bir kurşun madeninde fiziksel risk etmenlerinin analizi ile ilgili daha önce benzer bir çalışma yapılmamış olsa da çeşitli sektörlerde ve sanayi kurumlarında fiziksel risk etmenleri ile ilgili birçok akademik çalışma yapılmıştır. İlk olarak 2023 yılında Anders Brandt'ın "Noise and Vibration Analysis: Signal Analysis and Experimental Procedures" kitabı, gürültü ve titreşimin toplum ve bireyler üzerindeki etkilerini analiz etmek için matematiksel ve deneysel yöntemler sunmaktadır. Kitap, Laplace ve Fourier dönüşümlerini kullanarak ses ve titreşim ölçümleri için gerekli temel dönüşüm tekniklerini detaylandırmaktadır. Dinamik sinyaller ve sistemler üzerinde yoğunlaşarak, sinyallerin periyodik, rastgele ve geçici olarak sınıflandırılmasını ve bu sinyallerin lineer sistemler teorisi ile nasıl analiz edileceğini açıklar. Ayrıca, örnekleme teoremi ve dijital filtreler gibi dijital sinyal işleme kavramlarını, uygulamalı örneklerle pekiştirir. Kitap, istatistiksel yöntemler ve rassal süreçler teorisini pratik uygulamalarla birleştirerek, ölçülen verilerin kalitesinin nasıl değerlendirileceğini gösterir. Mekanik titreşimler teorisi, ölçüm teknikleri ve titreşim izolasyonu gibi konuları kapsamlı bir şekilde ele alır. Modal analiz teknikleri ile yapısal dinamik problemlerin çözümünde kullanılan yöntemler, sistemlerin doğal frekanslarını ve mod şekillerini belirleme süreçlerini detaylı bir şekilde tartışır. Kitap, teorik bilgileri gerçek dünya uygulamalarıyla entegre ederek öğrenci ve mühendislerin konuları derinlemesine anlamalarını sağlar. Gelişmiş analiz yöntemleri üzerine odaklanarak, şok tepki spektrumu ve cepstrum analizi gibi tekniklerin nasıl kullanılacağını açıklar. Bu

şekilde, Brandt ses ve titreşim analizini anlamak ve uygulamak için kapsamlı bir rehber sunmaktadır (Brandt, 2023).

Tim South'un "Managing Noise and Vibration at Work: A Practical Guide to Assessment, Measurement, and Control" kitabı, iş yerlerinde gürültü ve titreşim yönetiminin temel yönlerini ele alır. Kitap, gürültü ve titreşimin tanımları, ölçülmesi ve kontrolü üzerine detaylı bilgiler sunar ve iş sağlığı profesyonellerine pratik rehberler sağlar. Gürültünün insan üzerindeki etkilerini, özellikle işitme kaybı ve titreşim maruziyeti gibi uzun vadeli sağlık sorunlarını inceler. Kitapta, gürültü ve titreşimin yasal düzenlemeler çerçevesinde değerlendirilmesi ve yönetilmesi için gerekli yöntemler ve teknikler detaylı bir şekilde açıklanır. Ayrıca, iş yerinde gürültü ve titreşim risklerinin nasıl azaltılacağına dair stratejik yönlendirmeler ve çözüm önerileri sunulur. Tim South, gürültü ve titreşim maruziyetinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve kontrol altına alınmasının, iş sağlığı ve güvenliği yönetimi için kritik olduğunu vurgular. Kitap, bu konularda derinlemesine bilgi sunarak, okuyuculara teorik ve pratik bilgileri entegre eder (South, 2004).

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Yerüstü Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi adı altında bir rehber yayınlamıştır. Yeraltı ve yerüstü maden işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak için gereken önlemleri kapsamlı bir şekilde detaylandırmaktadır. Çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunması, iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesi amacıyla işverenlerin yerine getirmesi gereken yükümlülükler, çalışma alanlarının güvenli bir şekilde tasarlanması, ekipman kullanımı, iş yerindeki faaliyetlerin denetlenmesi ve tehlikelerin azaltılması gibi konuları içerir. Rehber, maden işletmelerindeki tahkimat gerekliliklerini, madenin fiziksel ve jeolojik özelliklerine göre uygun şekilde belirlemekte ve tahkimat tekniklerinin detaylarını sunmaktadır. Ayrıca, nakliyat, havalandırma ve patlayıcı maddelerin güvenli kullanımı gibi çeşitli iş süreçleri için alınması gereken özel güvenlik önlemlerini de içermektedir. İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yasal gereklilikler, acil durum yönetimi, kazaların raporlanması ve soruşturulması prosedürleri rehberde yer alır, bu da işletmelerin ulusal ve uluslararası düzenlemelere uyumunu kolaylaştırır. Son olarak, iş sağlığı ve güvenliği kültürünün geliştirilmesi ve sürdürülmesi için önerilen stratejiler ve işçi katılımının teşvik edilmesi, maden sektöründe sürdürülebilir güvenlik uygulamalarının oluşturulması açısından vurgulanır.

Erdem ve arkadaşlarının, Bilimsel Madencilik Dergisi’nde yayınlanan “Açık Maden İşletmelerindeki İş Makinesi Operatörlerinin Gürültü Maruziyetinin İncelenmesi” isimli çalışmada, maden işletmelerinde kullanılan iş makinelerinden kaynaklanan gürültü maruziyeti değerlendirilir. Toplamda altı farklı işyerinden 67 farklı iş makinesi üzerinde gürültü ölçümleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda, iş makineleri arasında paletli dozerlerin en yüksek gürültü maruziyetine yol açtığı, buna karşın kömür yükleyicileri ve sericilerin en düşük gürültü maruziyetine neden olduğu tespit edilmiştir. Gürültü maruziyetinin en düşük olduğu zamanlar genellikle makinelerin bekleme aşamasında iken, en yüksek olduğu zamanlar makinelerin temel işlevlerini yerine getirdikleri zamanlardır. Araştırma, gürültüye bağlı işitme kaybının önemli bir meslek hastalığı olduğunu ve bu durumun iş kazaları riskini artırabileceğini vurgulamaktadır. Bu nedenle, maden işletmelerinde gürültü kontrol önlemlerinin alınması, çalışan sağlığı ve güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır (Erdem, vd., 2017).

“Mekanize Bir Yeraltı Maden İşletmesinde Gürültü Seviyelerinin İncelenmesi” isimli makalede Erol ve arkadaşları, bir yeraltı kömür madeninde çeşitli madencilik makinelerinden kaynaklanan gürültü seviyelerini incelenmişlerdir. Araştırma, makinelerin minimum, maksimum, ortalama ve eşdeğer gürültü düzeylerinin belirlenmesi ve çalışanların gürültüye maruz kalma düzeyleri üzerine odaklanmıştır. Elde edilen bulgular, bazı makinelerin gürültü düzeylerinin iş sağlığı açısından kritik eşikleri aştığını göstermiştir. Gürültü yönetmeliklerine göre değerlendirildiğinde, belirli makinelerin maruziyet limit değerlerinin üzerinde gürültü yaydığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma yeraltı madenciliğinde gürültü kontrolü ve işçi sağlığının korunması adına önemli bulgular sunmaktadır (Erol, vd., 2015).

Yeraltı Madenciliğinde Meydana Gelen Gürültü Şiddetinin İncelenmesi isimli Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi’nde yayınlanan çalışmada, yeraltı madenciliğinde kullanılan ağır makinelerden kaynaklanan gürültü seviyelerini ve bu gürültünün işçi sağlığı üzerindeki etkileri incelenmektedir. Yeraltı maden ocaklarında kullanılan çeşitli makinelerden kaynaklanan gürültü düzeyleri belirlenmiş ve bu gürültünün işçilerin işitme sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği tespit edilmiştir. Araştırma, yeraltı madenciliği şartlarında gürültü maruziyetinin zararlarını azaltmak için kişisel koruyucu ekipman kullanımının önemini vurgulamakta ve işçi sağlığı ve güvenliği için düzenli sağlık kontrolü ve eğitimlerin önemine işaret etmektedir. Gürültü kaynakları ve

şiddetleri detaylı bir şekilde frekans değerlerine göre ayrıştırılmış ve iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmiştir. Bu tür çalışmalar, gürültünün azaltılması ve işçi sağlığının korunması yönünde politika ve önlemlerin geliştirilmesine katkı sağlar (Tekin, vd., 2022).

Onur Doğan tarafından yazılan “Madencilik Faaliyetlerinde Gürültü ve Titreşim Seviyelerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi: Örnek Bir Uygulama” başlıklı makalede, yeraltı madenciliği faaliyetlerinde çalışanların maruz kaldığı gürültü ve titreşim düzeylerini iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmektedir. Gürültü, istenmeyen ve düzensiz olarak ortaya çıkan sesler olarak tanımlanırken, titreşim, dengesiz hareketler sonucu ortaya çıkan bir durum olarak ele alınmaktadır. Çalışmada, yeraltı madenlerindeki çalışanların gürültü ve titreşime maruz kalma düzeyleri ölçülmüş ve sonuçlar ulusal ve uluslararası düzenlemeler çerçevesinde tartışılmıştır. Özellikle gürültü ölçümleri, belirlenen sınırların bir noktada aşıldığını göstermiş; bu da belirli önlemlerin alınması gerektiğini vurgulamıştır. Çalışma sonucunda, koruyucu ve önleyici tedbirlerin geliştirilmesi için tavsiyelerde bulunulmuş, gürültü ve titreşimin çalışanlar üzerindeki etkilerini azaltma yolları önerilmiştir (Doğan, 2023).

Duran ve arkadaşlarının “Maden Makinelerinin Frekans-Gürültü İlişkisi” başlıklı çalışmalarında, maden işletmelerinde kullanılan çeşitli iş makinelerinden kaynaklanan gürültü seviyeleri ve bunların frekansla ilişkisi incelenmiştir. Altı farklı maden işletmesinde toplam 67 iş makinesinden alınan gürültü ölçümleri, farklı frekans aralıklarındaki gürültü düzeyleri ile ilişkilendirilmiş ve analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, iş makinelerinin çoğunluğu düşük ve orta frekans aralıklarında yüksek gürültü düzeylerine sebep olmaktadır. Özellikle düşük frekanslı gürültülerin engellenmesi zor olduğundan bu frekanslardaki gürültü kontrolü için daha kalın ses yalıtım malzemeleri gerekmektedir. Çalışma ayrıca, iş makinelerinin operatörlerine yönelik olarak uygun kişisel koruyucu ekipmanların seçiminde frekans analizlerinin önemini vurgulamaktadır (Duran, vd., 2018).

“Madencilikte Gürültü Sorunu ve Gürültüye Bağlı İşitme Kayıpları” isimli çalışmada, Ediz ve arkadaşları, madencilik sektöründe gürültü sorunu ve bu gürültünün işitme kayıplarına yol açtığı konularını ele almaktadırlar. Araştırma, madenlerde sıklıkla karşılaşılan yüksek gürültü düzeylerinin işçilerin işitme sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini vurgulamakta ve bu bağlamda işitme kayıplarının çeşitli türlerini belirlemektedir. Çalışmada, farklı maden işletmelerinde gerçekleştirilen gürültü ölçümlerinin sonuçları sunulmuş ve bu sonuçlar detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Bulgular, gürültüye maruz

kalan işçilerde işitme kayıplarının ciddi bir iş sağlığı sorunu olduğunu göstermekte ve bu soruna karşı etkili önlemler alınması gerektiğini ortaya koymaktadır (Ediz, vd., 2002).

“Noise Exposure Estimation of Surface-Mine- Heavy Equipment Operators Using Artificial Neural Networks” başlıklı çalışmada Ayla Tekin, açık madenlerde çalışan ağır ekipman operatörlerinin sürekli maruz kaldıkları gürültü seviyelerini yapay sinir ağları kullanarak tahmin etmeyi amaçlamıştır. Araştırma, yapay sinir ağları aracını kullanarak, madencilik makinelerinden yayılan sürekli gürültülerin test kayıtlarını değerlendirir. Çalışma süresince, 60 farklı açık madencilik makinesinden gelen kişisel gürültü maruziyet seviyeleri kaydedilmiştir ve makinelere ait en düşük, en yüksek, ortalama ve eşdeğer gürültü seviyeleri belirlenmiştir. Daha sonra, elde edilen veriler yapay sinir ağının çok katmanlı modelini eğitmek için kullanılmış ve model, araç türleri, kayıt zamanları, çevresel sıcaklık ve nem gibi parametreler kullanılarak oluşturulmuştur. Model eğitimi ve testi sonrasında, elde edilen gürültü seviyeleri, yapay sinir ağları modellerinde yaygın olarak kullanılan istatistiksel analizlerle incelenmiştir ve tasarlanan modelin gerçek test sonuçlarına çok yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Tekin, 2020).

Tekin ve arkadaşları “Türkiye Soma Havzasında Yeraltı Maden İşçilerinin Maruz Kaldıkları Gürültü Etkilerinin İstatistiksel Analizi” başlıklı makalede, Türkiye Soma Havzası'ndaki yeraltı maden işçilerinin maruz kaldıkları gürültü etkilerinin kardiyovasküler sistem üzerindeki etkilerini istatistiksel olarak analiz etmektedir. Araştırma, işçilerin kan basıncı, oksijen saturasyonu, nabız ve solunum hızı gibi fizyolojik sinyallerini ölçmüş ve bu verileri istatistiksel olarak değerlendirmiştir. Bulgular, sürekli gürültü maruziyetinin kardiyovasküler risk faktörü olduğunu ve gürültü seviyeleri ile maruz kalma süresine bağlı olarak kardiyovasküler değişikliklerin oluşabileceğini göstermektedir. Çalışma, yeraltı madenlerinde çalışan işçiler için kardiyoloji taramasının faydalarını ve kardiyovasküler problemlerin varlığını ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli bulgular sunmaktadır (Tekin, vd., 2023).

“Yeraltı Kömür Maden Makinaları Operatörlerinin Gürültü ve Titreşim Maruziyetlerinin Araştırılması” başlıklı çalışma, yeraltı kömür maden makineleri operatörlerinin maruz kaldıkları gürültü ve titreşim düzeylerini incelemektedir. Çalışmada gürültü ve titreşimin, operatörlerin sağlıkları üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği, özellikle işitme kaybı ve çeşitli fizyolojik zararlara yol açabileceği belirtiliyor. Ayrıca, operatörlerin maruz kaldığı gürültü ve titreşim seviyeleri ölçülüp, bu değerlerin mevcut

yönetmeliklerle uyumlu olup olmadığı değerlendirilmiştir. Bulgular, maruz kalınan yüksek gürültü ve titreşim seviyelerinin sağlık üzerinde ciddi riskler oluşturduğunu göstermekte ve bu tehlikelerin azaltılması için çeşitli önlemlerin alınması gerektiğini vurgulamaktadır (Erol, 2022).

Yuvka ve arkadaşlarının 2023 yılında yapmış oldukları “Yeraltı Maden İşletmelerindeki Meslek Gruplarının Gürültü Maruziyetinin Belirlenmesi” başlıklı çalışmada, yeraltı maden işletmelerindeki çeşitli meslek gruplarının gürültü maruziyeti belirlenmiştir. Madencilik faaliyetleri sırasında meydana gelen fiziksel risklerden biri olan gürültü, özellikle mekanizasyona geçişle birlikte artmıştır ve çalışanların sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Çalışma, yeraltı madenciliğinde farklı meslek gruplarında çalışanların maruz kaldıkları gürültü düzeylerini ölçmüş, bu ölçümleri gürültü yönetmeliği kapsamında değerlendirerek alınabilecek önlemleri tartışmıştır. Bulgular, yüksek gürültü düzeylerinin işitme kaybı gibi meslek hastalıklarına yol açabileceğini göstermektedir, bu nedenle etkili gürültü kontrol stratejilerinin uygulanması gerektiğini vurgulamaktadır (Yuvka, vd., 2023).

“Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu” 2015 yılında Adana’da Türkiye’deki maden sektöründeki güncel düzenlemeler ve son büyük maden kazalarının ardından iş sağlığı ve güvenliği üzerine odaklanmıştır. Sempozyum, iş güvenliğine duyarlılık gösteren, kazaların öngörülebilir ve önlenmesi gerektiğine inanan profesyonelleri bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Adana Şubesi ve Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü tarafından organize edilmiş, 21-22 Aralık 2015 tarihlerinde Adana’da gerçekleştirilmiştir. Sempozyum, yeraltı ve yerüstü madenlerdeki güvenlik ve sağlık yönetimini geliştirmek, sektördeki kazaların sebeplerini ve sonuçlarını detaylı bir şekilde ele almak ve bu bağlamda uygun önlemlerin alınması için bilgi ve deneyim paylaşımında bulunmak üzere düzenlenmiştir. Sempozyum aynı zamanda, maden işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliğine dair farkındalığı artırmayı ve ilgili yasal çerçevede iyileştirmeler yapılmasını teşvik etmeyi hedeflemektedir (Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, 2015).

Ayanoğlu’nun “Bir Yeraltı Kaya Tuzu Madenindeki Toz Maruziyet Risklerinin Değerlendirilmesi” başlıklı yüksek lisans çalışmasında, İç Anadolu Bölgesi’ndeki bir yeraltı kaya tuzu madeninde maden çalışanlarının karşılaştığı toz maruziyeti riskleri incelenmiştir. Araştırma, madenin çeşitli bölümlerinden alınan toz örnekleri üzerinde yapılan fiziksel ve

mineralojik analizlerle desteklenmiştir. Bu analizler, solunabilir toz partiküllerinin özelliklerini ve potansiyel sağlık etkilerini değerlendirmiştir. Bulgular, maruz kalınan tozun özellikle solunabilir partiküller açısından mevcut sınır değerlerin üzerinde olduğunu göstermiş, bu durumun işçi sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açabileceği belirtilmiştir. Çalışmada, toz kontrolü için havalandırma sistemlerinin iyileştirilmesi ve kişisel koruyucu ekipmanların etkin kullanımı gibi çözüm önerileri sunulmuştur. Sonuç olarak, bu tez çalışması, yeraltı kaya tuzu madenciliği sırasında karşılaşılan toz maruziyeti risklerini belirleyerek ileride yapılacak çalışmalara yönelik bilgi ve çözüm önerileri sağlamaktadır (Ayanoglu, 2019).

“Sivas Votorantim Çimento Fabrikasının Bölümlerinin Aydınlatma, Termal Konfor ve Titreşim Maruziyeti Açısından Değerlendirilmesi” başlıklı tez çalışmasında, Sivas’ ta bir çimento fabrikasında fiziksel risk etmenlerinden aydınlatma, termal konfor ve titreşim parametreleri iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmiştir. Aydınlatma ölçümleri, fabrikanın çeşitli bölümlerinde gerçekleştirilerek aydınlık düzeyleri saptanmış, bu düzeylerin çalışma ortamı için yeterli olup olmadığı incelenmiştir. Termal konfor kapsamında, ortam sıcaklığı ve bağıl nem gibi değişkenler ölçülerek, çalışanların termal konfor düzeyleri değerlendirilmiştir. Titreşim maruziyeti ise, fabrikada kullanılan ağır makinaların operatörleri üzerinde odaklanılarak analiz edilmiştir. Ölçüm sonuçları, ilgili standartlara göre değerlendirilmiş ve çalışma ortamının iyileştirilmesi için öneriler geliştirilmiştir (Delice, 2017).

Çalık tarafından 2017 yılında gerçekleştirilen çalışmada, yapı işlerinde çalışanların sürekli maruz kaldıkları titreşimin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri araştırılmıştır. “Yapı İşlerinde Çalışanların Titreşim Maruziyetinin Tespiti Üzerine Bir İrdeleme” başlıklı araştırma, örnek uygulamalarla desteklenmiş olup, çalışmanın sonucunda oluşan hastalıkların titreşimle direkt olarak bağlantılı olup olmadığı ile ilgili bir bulguya ulaşılmamıştır. Ayrıca, titreşim yayan cihazlar olarak bilinen aletlerin sağlığa zarar verecek düzeyde titreşim yaymadığı sonucuna varılmıştır. Çalışmanın sınırlılıkları arasında, tek bir iş ortamındaki sınırlı sayıda cihazın ölçülmesi ve ölçümler esnasında kullanılan metodolojinin sorgulana bilirliliği yer almaktadır. Sonuç olarak, bu tez çalışması, yapı işlerindeki titreşim maruziyeti risklerini ve bu risklerin yönetilmesi için gereken bilgi ve çözümleri sunmaktadır (Çalık, 2017).

Öz tarafından yapılan “Tekstil Sektöründe Termal Konfor, Aydınlatma, Gürültü Ölçümleri ve Alınacak Önlemlerin Değerlendirilmesi” başlıklı yüksek lisans tezinde, tekstil sektöründe çalışma koşullarının iyileştirilmesi amacıyla termal konfor, aydınlatma ve gürültü ölçümleri yapılarak, bu ölçümlere dayanarak alınabilecek önlemleri değerlendirilmiştir. Özellikle aydınlatma ve gürültü seviyelerinin yetersiz olduğu tespit edilmiş, termal konfor şartlarının ise daha verimli olduğu belirlenmiştir. Aydınlatma için gece ve gündüz, gürültü için bölümler arası ve termal konfor için yaz ve kış ölçüm değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada, fiziksel risk etmenleri belirlenen ölçüm kriterlerinde farklılıklar gösterdiği ve gerekli önlemlerin alınması gerektiği sonucuna varılmıştır. Son olarak, çalışma ortamındaki fiziksel risk etmenlerine yönelik iyileştirme çalışmalarının yapılması önerilmiştir (Öz, 2019).

“Gürültü ve Titreşim Hakkındaki Mevzuat Hükümlerinin Uygulanmasının Farklı Sektörlerde Çalışanların İş Verimliliği Üzerindeki Etkileri” başlıklı tez çalışması, farklı sektörlerde çalışanların gürültü ve titreşime maruz kalma düzeylerinin iş verimliliği üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışma, Adana ilindeki çeşitli iş kollarında gerçekleştirilen ölçümler ve anketlerle desteklenmiştir. Bulgular, gürültü düzeylerinin yüksek olduğu ortamlarda çalışanların iş performanslarının olumsuz etkilendiğini göstermiştir. Ayrıca, gürültü kontrolü ve çalışan eğitimlerinin bu olumsuz etkileri azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, bu tez çalışması, iş sağlığı ve güvenliği mevzuatının gürültü ve titreşimle mücadeledeki önemini vurgulamakta ve sektörel bazda önlemlerin artırılmasını önermektedir (Önder, 2019).

Kunter tarafından hazırlanan “Geoteknik Çalışmalarda İş Güvenliği ve Gürültünün İncelenmesi” başlıklı yüksek lisans tezinde, özellikle inşaat sahalarında yaygın olan geoteknik faaliyetlerin, işçi sağlığı ve güvenliği açısından yarattığı riskler ve bu risklere karşı alınabilecek önlemler ele alınmaktadır. Çalışmada, gürültü seviyelerinin ve titreşimlerin işçiler üzerindeki etkileri ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Ayrıca, mevcut iş güvenliği yönetmelikleri ve standartlarının geoteknik çalışmalarda ne derece etkili olduğu sorgulanmıştır. Sonuç olarak, daha etkili iş güvenliği uygulamaları ve gürültü kontrol stratejilerinin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Kunter, 2019).

Gülbahar tarafından kaleme alınan yüksek lisans tez çalışması, farklı sektörlerde çalışan bireylerin gürültü kirliliği ile ilgili risklerden korunmalarına yönelik yönetmelik açısından gürültü ölçüm düzeylerine dayalı koruyucu önlemlerin belirlenmesini amaçlamaktadır. Araştırma, iş sağlığı ve güvenliği alanında çalışanların iş kazalarından ve meslek hastalıklarından korunmasını sağlamak için yapılmıştır. Çalışma, gürültü maruziyetinin işçiler üzerindeki etkilerini belirlemek ve ölçüm yöntemlerini araştırmak için farklı sektörlerdeki örnek uygulamalarla desteklenmiştir. Sonuçlar, incelenen işletmelerin tümünde maruziyet sonuçlarının yönetmelikte belirtilen sınır değerleri aştığını göstermiştir. Bu bulgular ışığında, çalışma daha etkin gürültü kontrol stratejileri ve işçi sağlığını koruma yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Gülbahar, 2019).

“Tekstil İşyerlerinde Gürültü Kaynakları ve Gürültü ile İlgili İş Sağlığı ve Güvenliği Önlemleri” başlıklı yüksek lisans tez çalışmasında, tekstil işyerlerindeki gürültü kaynaklarını ve alınabilecek iş sağlığı ve güvenliği önlemlerini kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Araştırma, özellikle yüksek gürültü düzeylerine sahip iplik üretim alanlarında, ring ve open-end makineleri üzerine yoğunlaşmıştır. Çalışma sırasında bu makinelerin gürültü seviyeleri detaylı olarak ölçülmüş ve TS EN ISO 11202 standardı kullanılarak değerlendirilmiştir. Bulgular, teknolojik gelişmelerin bu makinelerde gürültü seviyeleri üzerindeki etkilerini ve potansiyel sağlık risklerini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, iş sağlığı ve güvenliği perspektifinden gürültü kontrol programlarının geliştirilmesi ve uygulanması, gürültü düzeylerinin azaltılması için çeşitli stratejik öneriler sunulmuştur (Küllaç, 2019).

Aktürk tarafından sunulan yüksek lisans tez çalışmasında, Adana ilindeki A ve B hastanelerinde görev yapan laboratuvar çalışanlarının iş yerlerinde karşılaşılabilecekleri risk faktörleri belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma, çalışanların tanımlayıcı özellikleri ile bu risk faktörleri arasındaki ilişkileri incelemiş ve veriler SPSS 24.0 istatistik paketi ile analiz edilmiştir. Bulgular, laboratuvar çalışanlarının karşılaştığı risk faktörlerinin yüksek olduğunu göstermiş ve risklerin azaltılması için alınan eğitim ve önlemlerin yeterli olmadığını ortaya koymuştur. Çalışma, risk faktörlerinin yaş, cinsiyet, eğitim durumu ve çalışılan birim gibi değişkenlere göre farklılaştığını tespit etmiştir. Sonuç olarak, daha etkin risk yönetimi stratejileri ve iş sağlığı güvenliği eğitimlerinin artırılması gerektiği vurgulanmaktadır (Aktürk, 2019).

“Farklı Endüstriyel Sektörlerdeki Kapalı Çalışma Ortamları İçin Gürültü Haritalarının Hazırlanması, Analizi ve Gürültü Kontrol Önerileri” başlıklı çalışmada, farklı

endüstriyel sektörlerdeki kapalı çalışma ortamlarında gürültü haritaları hazırlanmış, analiz edilmiş ve gürültü kontrol önerileri sunulmuştur. Pres, tekstil, makine ve mobilya imalatı gibi sektörlerde gürültü düzeyleri ölçülmüş ve iş güvenliği açısından riskli bölgeler belirlenmiştir. Araştırma, gürültünün azaltılması için proaktif yaklaşımlar önererek, gürültü maruziyetinin çalışan sağlığı üzerindeki etkilerini minimize etmeyi amaçlamaktadır. Gürültü haritaları kullanılarak, özellikle yüksek gürültüye maruz kalan alanlarda iyileştirmeler için stratejik planlar geliştirilmiştir. Sonuç olarak, bu tez çalışması, endüstriyel ortamlarda gürültü kontrolü ve iş sağlığı ve güvenliği yönetimini iyileştirmek için temel oluşturmayı hedeflemiştir (Gürsoy, 2020).

“Haddehanelerde Fiziksel Risk Etmenlerinin İncelenmesi: Karabük Haddehaneleri Örneği” başlıklı yüksek lisans tezinde, gürültü, aydınlatma, termal konfor ve toz ölçümleri yapılmış ve bu ölçümler akredite bir laboratuvar tarafından gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları, iş sağlığı ve güvenliği standartları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiş ve çalışma ortamlarının iyileştirilmesi için çözüm önerileri sunulmuştur. Bulgular, çalışma alanlarındaki fiziksel risk etmenlerinin işçi sağlığı ve güvenliği üzerinde önemli etkiler yaratabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, çalışma ortamlarının daha güvenli hale getirilmesi için fiziksel risklerin düzenli olarak izlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerektiği vurgulanmıştır (Kaya, 2021).

Özmen tarafından 2014 yılında sunulan çalışmada gürültü maruziyetinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve ölçülmesi için kullanılan metotlar teorik ve uygulamalı örneklerle açıklanmış; işitme kaybını önlemek için yönetmelik hükümlerine göre alınması gereken tedbirler saha örnekleriyle desteklenmiştir. Çalışmada, gürültünün işitme kaybı, kardiyovasküler etkiler, ruh sağlığı bozuklukları ve iş kazalarına neden olma potansiyeli gibi risklerinden korunmanın önemi vurgulanmıştır. Yönetmelik, işverenler, çalışanlar, sağlık personeli ve ekipman üreticilerine sorumluluklar yükleyerek, iş sağlığı ve güvenliğini artırmayı hedeflemektedir. Sonuç olarak, iş yerlerinde gürültünün zararlı etkilerinden korunmak için uygun yöntemlerin uygulanması gerektiği belirtilmiştir (Özmen, 2014).

Zeyrek çalışmasında, insan titreşimi ve bunun sağlığa etkilerini kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Titreşim, çalışma ortamlarında özellikle el-kol ve tüm vücut titreşimi olarak iki ana kategoriye ayrılmakta ve bu titreşimlerin fiziksel parametreleri, ölçüm yöntemleri ve

maruziyet sınır değerleri detaylandırılmaktadır. Tezde, titreşimin insan vücutu üzerindeki akut ve kronik etkileri, titreşim sendromları ve titreşim maruziyetini azaltmak için alınması gereken önlemler incelenmiştir. Zeyrek, titreşim maruziyetinin iş verimliliği ve sağlık üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için mühendislik kontrolleri, işçi eğitimi ve koruyucu ekipman kullanımının önemini vurgulamaktadır. Tezin son bölümünde, 2007-2009 yılları arasında İSGÜM tarafından yapılan titreşim ölçümleri analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir (Zeyrek, 2009).

“Titreşimli Cihaz Kullananlarda Titreşiminin El-Kol Üzerindeki Sağlık Etkileri” başlıklı araştırma, Ankara’da bulunan kamu kurum ve kuruluşlarında çalışan, titreşimli cihaz kullanan 30 ve kullanmayan 17 katılımcıda, titreşimin el-kol dolaşımına olumsuz etkilerini gösterebilmek amacı ile yapılmıştır. Hazırlanan doktora tezinde, katılımcılarla yapılan yüz yüze görüşmelerde, tanımlayıcı ve el-kol dolaşımına ait semptom bilgileri toplanmış, genel sağlık kontrolü, laboratuvar muayeneleri ve el-kol dolaşımı ile ilgili ölçümler yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda, titreşimli cihaz kullananların titreşimin sağlık etkileri, HAVS sendromunun (el-kol titreşimi sendromu) semptomları ve korunma yöntemleri konusunda eğitilmeleri, titreşimli cihaz kullanım sürelerinin düzenlenmesi ve genel iş sağlığı ve güvenliği önlemleri kapsamında koruyucu önlemlerin alınmasının sağlanması ve daha büyük gruplarda yeni epidemiyolojik araştırmaların yapılması önerilmektedir (Güven, 2002).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, bir kurşun madeninde fiziksel risk etmenlerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesini hedeflenmektedir. Çalışma kapsamında Marmara bölgesinde bir kurşun madeninde bulunan 5 farklı maden galerisinde elde edilen 2021 ve 2023 yıllarında gürültü, titreşim ve toz maruziyet ölçümleri karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

3.1. Türkiye’de Metal Cevheri Madenciliği ve Yaşanan İş Kazaları

Bilindiği gibi maden sektörü çok tehlikeli sınıfta yer alan bir iş koludur. Metal cevheri madenciliği de, yüksek riskli bir sektördür ve iş kazaları sıkça yaşanmaktadır. Bu kazaların başlıca nedenleri arasında kömür gazı patlamaları, toprak kaymaları ve iş ekipmanlarının arızalanması yer almaktadır. Ayrıca, uzun süreli maruziyet sonucu meslek hastalıkları da önemli bir sorundur. Madencilik sektöründe güvenli çalışma koşullarının sağlanması ve işçi sağlığının korunması için sürekli denetim ve eğitim önemlidir. Konunun daha iyi bir şekilde anlaşılabilmesi için, Tablo 1 ve Tablo 2’de 2012-2022 yılları arasında metal cevheri madenciliği işletmelerinde meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıkları sayıları verilmiştir. Ayrıca son sütunda Türkiye’de meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıklarına göre metal cevheri madenciliğinde yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıkları oranı belirtilmiştir (SGK, 2024). Metal cevheri madenciliğinde, meslek hastalıklarına yol açabilecek riskler genel olarak toz, gürültü ve titreşim maruziyetidir. Bunun yanı sıra, uygun olmayan basamak yüksekliği ve şev açısında çalışılması, çalışmadan önce ayna üzerinde çatlak kontrolünün yapılmaması, ters ıskarpa yöntemiyle üretim yapılması, patlatma faaliyetlerindeki genel ve güvenlik kurallarına uyulmaması, kişisel koruyucu donanım kullanılmaması, döküm sahasının döküm yapılmasına uygun olmaması ve kamyonların aşırı ve dengesiz yüklenmesi iş kazalarının yaşanmasına neden olabilecek başlıca risklerdir. Çalışma alanında kazı, yükleme, nakliye ve döküm faaliyetlerindeki çoğu riskin tehlikeli davranışlardan kaynaklandığı görülmüştür. Özellikle seyir halinde cep telefonu kullanılması, hızlı araç kullanılması, araç veya makinadan inerken kişisel koruyucu donanım kullanılmaması ve kazıcı makine operatörlerinin kamyonlara gereğinden fazla yükleme yapması belirlenen öncelikli tehlikeli davranışlardır. Kaza oluşumunu önlemek için yapılan

denetim ve uyarıların yanı sıra iş güvenliği eğitimlerinin de yetersiz oluşu oldukça önemlidir. Bu eksikliklerin giderilmesi amacıyla bir eğitim planı hazırlanması gereklidir. Eğitimlerde çalışanların bilinçlenmesini sağlamak adına iyi ve kötü uygulamalar, daha önceden yaşanmış ramak kala ve kaza olaylarının nedenlerinin değerlendirilmesi gibi konulara vurgu yapılmalıdır. (Özdoğan ve Sarıcı, 2015: 187-188).

Tablo 1

2012-2022 yılları arasında metal cevheri madenciliği işletmelerinde meydana gelen iş kazası sayıları

Yıllar	İş Kazası (Erkek)	İş Kazası (Kadın)	Toplam	Türkiye Geneline Toplam İş Kazası	Oran
2012	421	0	421	74871	0,5623
2013	1044	11	1055	191389	0,5512
2014	1024	6	1030	221366	0,4652
2015	986	11	997	241547	0,4127
2016	1026	11	1037	286068	0,3625
2017	1601	21	1622	359653	0,4509
2018	1751	24	1775	430985	0,4118
2019	1732	24	1756	422463	0,4156
2020	1721	20	1741	384262	0,4530
2021	2301	40	2341	511084	0,4580
2022	2429	39	2468	588823	0,4191

Tablo 2

2012-2022 yılları arasında metal cevheri madenciliği işletmelerinde meydana gelen meslek hastalığı sayıları

Yıllar	Meslek Hastalığı (Erkek)	Meslek Hastalığı (Kadın)	Toplam	Türkiye Geneline Meslek hastalığı	Oran
2012	4	0	4	395	1,012
2013	1	0	1	351	0,2849

Tablo 2'nin devamı

2014	0	0	0	494	0
2015	1	0	1	510	0,1960
2016	0	0	0	597	0
2017	14	0	14	691	2,0260
2018	6	0	6	1044	0,5747
2019	7	0	7	1088	0,6433
2020	4	0	4	908	0,4405
2021	13	0	13	1207	1,077
2022	4	0	4	953	0,4197

3.2. Ölçüm Yapılan Maden Ocağı ile İlgili İşletme Bilgileri

3.2.1. Gürültü Ölçümlerinde Materyal ve Yöntem

Kişisel gürültü ölçümünün ilk aşaması yapılan iş ile ilgili bir analiz yapmaktır. Buna göre işletmenin faaliyetleri, çalışanların gerçekleştirdiği görevleri dikkate alarak tanımlanmalıdır. Bu süreçte, uygun olduğu durumlarda homojen gürültü maruziyet gruplarının belirlenmesi de yer alır. Her çalışan veya grup için nominal günler veya dönemler belirlenerek, çalışma koşullarının doğru bir şekilde temsil edilmesi sağlanır. Ayrıca, ilgili olduğu durumlarda, işleri oluşturan spesifik görevler de tanımlanır. Mümkün olan yerlerde, önemli gürültü olayları tespit edilerek bunların etkisi değerlendirilir. Ölçüm stratejisi seçildikten sonra, kapsamlı veri toplama ve analizini sağlamak amacıyla detaylı bir ölçüm planı geliştirilir.

Yapılan analiz neticesinde üç tip ölçüm tekniğinden biri belirlenmelidir. Buna göre kişisel gürültü ölçümünde;

Görev Tabanlı Maruziyet Ölçümü: Personelin görevleri ve görev süreleri belirlenir. Buna göre her bir görev alanında en az 5 dk 3 ölçüm alınır.

İş Tabanlı Maruziyet Ölçümü: Homojen gruplar belirlenir ve standartlara göre ölçümler gerçekleştirilir.

Tam Gün Maruziyet Ölçümü: Mesai süresi boyunca çalışanın tüm vardiyasını kapsayacak şekilde 3 gün boyunca veya aynı işi yapan 3 personelde vardiya boyunca yapılan ölçümdür.

Tez çalışması sırasında yapılan analiz neticesinde kişisel gürültü ölçümü, ilgili galerilerde Görev Tabanlı Maruziyet ölçümü şeklinde yapılmıştır. TS EN ISO 9612-2009 standardına göre görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları 2021 ve 2023 yılları için verilmiş olup, tablolarda ise $L_{EX8}(dBA)$ yani en düşük maruziyet eylem değeri ve $P_{TEPE}(dBC)$ değerlerinin yıllara göre değişim grafiği oluşturulmuştur. Buna göre hesaplamalar yapılırken; TS 2607 ISO 1999 Akustik- Mesleki Gürültü Maruziyetinin Belirlenmesi ve Gürültü Kaynaklı İşitme Kaybının Tahminine göre; Gürültü, günden güne farklılık gösteriyorsa bu standart öncelikle, gürültü bakımından en kötü günde günlük eş değer sürekli A-ağırlıklı ses basınç seviyesi veya daha uzun periyotlarda (1 yılı aşmayan) eş değer sürekli A-ağırlıklı ses basınç seviyesi ortalaması 10 dB’ den daha fazla aşmamışsa uygulanabilir. Ses basınç seviyelerinin toplam aralığı 5 dB aralığında yer alıyorsa gürültünün hemen hemen kararlı olduğu var sayılır.

İç Ortam ölçümü yapılırken, TS ISO 1996-2 Akustik- Çevre Gürültüsünün Tarifi Ölçülmesi ve Değerlendirilmesine göre, mikrofon konumlandırılması için şu noktalara dikkat edilmelidir: Mikrofonun konumu tamamen duvar olan ve en yakın duvar açıklığına en az 0.5 metre mesafede olan bir köşenin bütün çevre yüzeylerinden 0.5 metre mesafede olmalıdır. Duvarlardan, tavandan veya döşemeden en az 0.5 metre, pencereler veya hava girişleri gibi belirgin olarak ses ileten elemanlardan 1 metre mesafede konumlandırılmalıdır. İki komşu mikrofon arasındaki mesafe en az 0.7 metre olmalıdır. Bu işlemler 300 m³’ten küçük hacimli odalar için tasarlanmıştır. Komşu mikrofonlar arası mesafe daha büyük hacimli odalarda artırılmalıdır. Ayrıca: Hava şartlarının etkisini en aza indirecek kadar yakın bir mesafede, her bir çalışma şartı sınıfı sırasında Leq hesaplanmalıdır. Azami ses basınç seviyesinin ölçülmesidir. Ölçümün en yakın en yüksek gürültü emisyonuna neden olan tesis çalışma şartını içerdiğinden emin olunmalıdır. En az üç (tavsiye edilen en az beş) ölçümden tayin edilmelidir. Duruma göre ölçüm sayısı artabilir. Her ekipman çeşidini temsil eden ölçümler alınmalıdır. 5 dakikalık- 10 dakikalık Leq değerlerinden saptanmalıdır. Hesaplamalarda; h_s : kaynağın yüksekliği. r : kaynak ile alıcı arasındaki mesafedir. h_r : alıcının yüksekliği ifade eder.

$$(h_s+h_r)/r \geq 0,1 \quad (3.1)$$

Ses kaynağı periyodik ise; Ölçme zamanı, periyodun tamamını en az üç kere içermelidir. 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. Ölçüm birimleri ve ölçüm ile ilgili bazı tanımlar ise şu şekildedir:

dBA: İnsan kulağının en çok hassas olduğu orta ve yüksek frekansların özellikle vurgulandığı bir ses değerlendirmesi birimidir.

L_{EX8} : A-ağırlıklı gürültü seviyesi maruziyeti 8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş hali

L_p, A, eqT, m : Görev m için ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi

L_p, A, eqT, n : İş örneği n nin A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi

$L_p, Cpeak$: C-ağırlıklı pik ses basınç seviyesi (Resmi Gazete, Sayı: 28721).



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

3.2.2. Titreşim Ölçümlerinde Materyal ve Yöntem

Titreşim ölçümünde, titreşim düzgün ise etkin değer RMS hızı m/sn cinsinden oktav bantları ile ölçülür. Tüm vücut vibrasyonu, vibrasyon kaynağı ile vücut arasında ölçülmelidir. Vibrasyon, oturma yerinin arkasında sırt ile arkalık arasında ve el ile ayaklar arasında da ölçülebilir. İletim esnasında bir engel veya diğer faktörler etkili ise, bunlar ölçüm

esnasında göz önünde bulundurulmalıdır. Kişinin ortalama maruziyetinden ziyade toplam maruziyeti kabul edilir, bu çok önemli bir konudur ve uygun şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Ayrıca, güncel standartlara göre ölçülen vibrasyonun değerlendirilmesi, frekans spektrumu, maruziyetin diğer karakteristikleri ve farklı eksenlerdeki büyüklükler, günlük ve ömür boyu maruziyet sürelerinin belirtilmesi tavsiye edilir. Diğer çevresel etkilerin varlığı, özellikle oturma postürü göz önünde bulundurulmalıdır (Arıtan ve Tümer, 2015: 328).

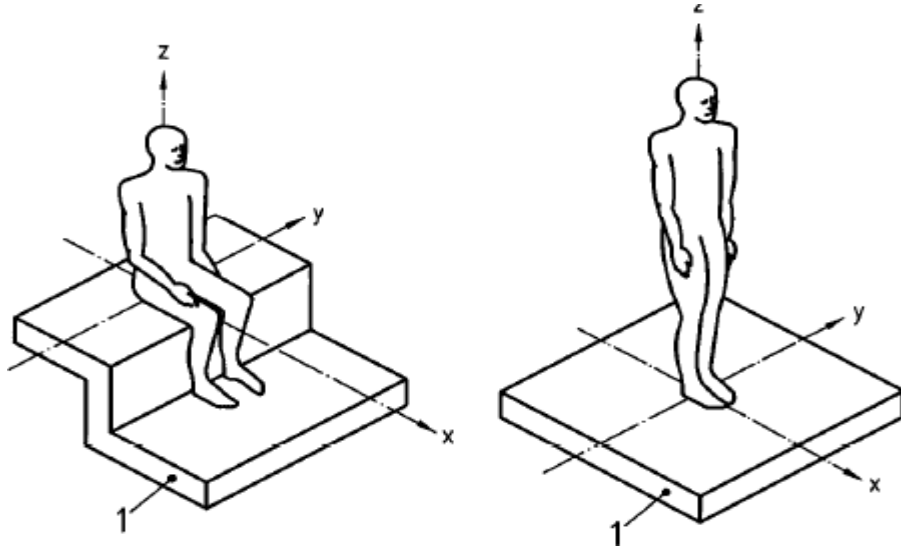
Çalışanlar üzerinde gerçekleştirilen Tüm Vücut Titreşim Ölçümleri TS EN 1032 ve TS ISO 2631 A1 standardına uygun olarak yapılmıştır. Tüm vücut titreşim ölçümü için, transduser, mümkün olabildiğince titreşimin vücuda iletildiği noktaya yerleştirilmiştir. Tüm Vücut ölçümleri makine ve ekipmanı kullanan operatörler üzerinde yapılmıştır. Çalışanlara vücut titreşim sensörü kullanılarak sonuçlar belirlenmiştir.

Ölçüm için yerleştirilen transduserin x,y ve z yönleri aşağıda belirtildiği gibidir.

X – yönü: Sırttan göğüse doğru,

Y – yönü: Sağ taraftan sol tarafa doğru,

Z – yönü: Ayaktan başa doğru.



Şekil 2. Tüm vücut titreşim ölçüm yönleri gösterimi.

Tüm vücut titreşiminin ölçülmesi için, titreşim, mümkün olabildiğince titreşimin vücuda iletildiği noktada veya alanda belirlenir. Titreşime maruz kalan kişilerin oturma konumundaki durumlarında, yarı rijit (kuvvet altında şekil değiştirmeyen) bir disk üzerine

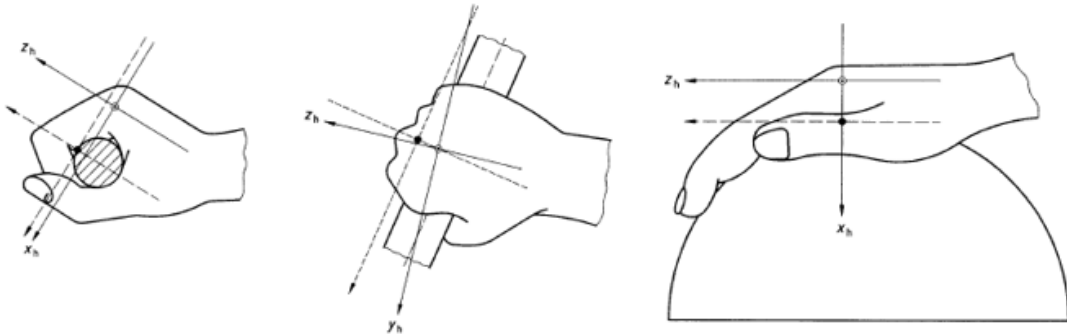
monte edilen transduser, oturan kişinin sağ ve sol kalça kemikleri arasındaki orta noktaya yerleştirilecek şekilde koltuk yüzeyine konumlandırılır. Titreşime maruz kalan kişilerin bir yönlendirme veya çalışma platformu üzerinde ayakta durması durumunda, transduser, ayak tabanının orta noktasına yerleştirilmiş durumda iken, kullanıcının ayakta durduğu konumda yerleştirilir.

Tez çalışmasında çalışanlar üzerinde gerçekleştirilen El-Kol Titreşim Ölçümleri TS EN 5349-1 ve TS EN 5349-2 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. El kol titreşim ölçümünde transduserin x, y, z yönleri aşağıda belirtildiği gibidir. Transduser ölçüm yapılan kişinin sağ eli ile borunun yüzeyi arasına yerleştirilmiştir.

X – yönü: El ayasının altında kalan eksenidir.

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

Z – yönü: Elin üçüncü parmağının bağlandığı tarak kemiğinin uzunlamasına eksenini olarak tanımlanır.



Şekil 3. El-Kol titreşim ölçüm yönleri gösterimi

Toplam zaman, ortalama el-kol titreşim maruziyet yoğunluğu, alet operatörünün çalışma süresi, titreşim maruziyeti aralıkları, dinlenme periyotlarının süreleri gibi faktörlerle birlikte değişir. El-kol titreşim maruziyetini değerlendirmek için titreşim ölçümü yapılacağı zaman, günlük titreşim maruziyet tahmini, operatörün 8 saatlik toplam çalışma günü içinde, titreşim maruziyeti olan farklı çalışma durumlarının hepsini (örneğin, birden fazla alet kullanımı) içerecek şekilde seçilmelidir. Her 1/3 oktav bant için toplam günlük zaman ağırlıklı RMS ivme ($a_{t(rms)}$) şu denklemden elde edilebilir.

$$a_{t(rms)} = \left[\frac{1}{T_t} \sum_{i=1}^n [a_{(rms)i}^2 \times T_i] \right]^{1/2} \quad (3.2)$$

Denklem 3.2 içerisindeki; $a_{(rms)i}$; T_i süresi boyunca süren i. çalışma şekli için rms ivme değeridir. Yine denklem içerisindeki T_t değeri;

$$T_t = \sum_{i=1}^n T_i \quad (3.3)$$

ifadesinden hesaplanabilir.

Üç farklı eksenden gelen bilgiler, karelerin toplamının karekökü yöntemi ile birleştirilirler:

$$a_{xyz(rms)} = [a_{x(rms)}^2 + a_{y(rms)}^2 + a_{z(rms)}^2]^{1/2} \quad (3.4)$$

Denklem 3.4 standartlarda verilen indislere göre şu şekilde de ifade edilebilir:

$$a_{hv} = [a^2_{hwx} + a^2_{hwy} + a^2_{hwz}]^{1/2} \quad (3.5)$$

Denklem 3.4’de; $a_{x(rms)}$, x yönündeki ivmenin rms değeri; $a_{y(rms)}$, y yönündeki ivmenin rms değeri; $a_{z(rms)}$ ise z yönündeki ivmenin rms değeridir; Denklem 3.5’e göre a_{hv} , birleştirilmiş titreşim büyüklüğü; a_{hx} , a_{hy} , a_{hz} ise tek eksen titreşim büyüklükleridir.

Bir çalışan aynı makineyi, aynı şartlar altında, 8 saatlik çalışma süresi boyunca kullanıyorsa, 8 saatlik enerji eşdeğer ivmesi olarak A(8) aşağıdaki Denklem 3.6 kolaylıkla hesaplanabilir:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{t}{8}} \quad (3.6)$$

olarak hesaplanır. Denklem 3.5’e göre , çalışanın maruz kaldığı ivme değeri; “t” ise maruziyet periyodudur. Aynı hesaplamalar bir gün içindeki maruziyet 8 saatten fazla olduğunda da geçerlidir.

Ancak gerçek çalışma hayatında durum bu kadar basit değildir. Çalışanlar bir çalışma günü içinde farklı periyotlarda, farklı titreşim büyüklüklerine maruz kalabilirler. Bu

durumda Denklem 3.6'daki A(8) hesaplamada kullanılan denklemin farklı titreşim büyüklükleri ve farklı maruziyet sürelerini içine alacak şekilde aşağıdaki gibi genişletilmesi gerekir :

$$A(8) = \sqrt{\frac{a_{hv1}^2 \times t_1 + a_{hv2}^2 \times t_2 + a_{hv3}^2 \times t_3 \dots}{8}} \quad (3.7)$$

Denklem 3.7'deki A(8) hesaplanmasında kullanılan yukarıdaki denklemde a_{hv1} , a_{hv2} , a_{hv3} ,... değerleri her periyot boyunca ölçülen değerler; t_1 , t_2 , t_3 ... ise her titreşim büyüklüğüne maruz kalınan sürelerdir (Zeyrek, 2009: 38-39).

Transduserler, rijit (kuvvet altında şekil değiştirmeyen) olarak yerleştirilir. Biyodinamik koordinat sisteminin orijini, elin üçüncü parmağının bağlandığı tarak kemiğinin üst kısmıdır (merkezden en uzak parmak). zh- ekseni(başka bir deyişle el ekseni) elin üçüncü parmağının bağlandığı tarak kemiğinin uzunlamasına eksen olarak tanımlanır ve pozitif olarak, parmağın ucuna yönlendirilir. xh- ekseni, orijinden geçer, zh- eksenine diktir ve el, normal anatomik konumunda(el ayası önüne doğru baktığında olduğu zaman ileriye doğru olan yönde pozitifdir. yh- ekseni diğer iki eksene diktir ve beşinci parmağa (başparmağa) doğru olan yöne pozitifdir. Uygulamada, taban merkezli koordinat sistemi kullanılır. Genel olarak, y- ekseni el eksenine paralel olacak şekilde, bu koordinat sistemi, y düzlemi üzerinde döndürülür.

Ölçümlerde; Maruziyet eylem değeri: Aşıldığı durumda, çalışanın titreşime maruziyetinden kaynaklanabilecek risklerin kontrol altına alınmasını gerektiren değeri, Maruziyet sınır değeri: Çalışanların bu değer üzerinde bir titreşime kesinlikle maruz kalmaması gereken değeri ifade eder (Resmi Gazete, Sayı: 28743).



Şekil 4. Tüm vucüt ortam ölçümlerinde kullanılan Svan 958 gürültü ve üç eksenli titreşim ölçüm cihazı



Şekil 5. Madende delik delme sırasında yapılan ölçümler ve El-kol titreşim ölçümlerinde kullanılan Svan 958 gürültü ve üç eksenli titreşim ölçüm cihazı

3.2.3. Toz Ölçümlerinde Materyal ve Yöntem

İlgili tez çalışmasında, toz ölçümleri yapılırken HSE/MDHS 14/4 standardına göre ölçümleme yapılmıştır. Buna göre; önerilen örnekleme süresi 4 saattir. Minimum örnekleme süresi 15 dakikadır. 8 saatlik zaman ağırlıklı ortalama (TWA) tahmini için, minimum örnekleme süresi vardiya süresinin en az %25'i kadar olmalıdır. Bu durum örnekleme süresi 4 saatten az ise tercih edilmelidir.

HSE / MDHS 14/3 Solunabilir tozun örneklenmesi ve gravimetrik analizi için genel yöntemlere göre; Solunabilir toz, işletmede oluşabilecek ve çalışanlar tarafından solunduğunda üst solunum yollarına (Inhalable) ve ciğerlere ulaşan (Respirable) tozların ölçümünü içermektedir.

Ölçüm Basamakları ise; Filtrelerin Hazırlanması, Numune Alma Düzenine Hazırlanması ve Doğrulanması, Örnekleme sisteminin personelin solunum bölgesine yerleştirilmesidir. Pompaya bir hortum yoluyla bağlı olan örnekleme başlığı ise çalışanın solunum bölgesine (ağız ve burun) en fazla 30 cm uzaklıkta olacak şekilde sabitlenmesi, TS 689 “İşyeri Havası-Solunumla Maruz Kalınan Kimyasal Maddelerin Sınır Değerler ile Karşılaştırılması ve Ölçme Stratejisinin Değerlendirilmesi İçin Kılavuz” standardına göre ölçümün stratejisinin belirlenmesi, Numunelerin Laboratuvara Taşınması, Tartım Öncesi Hazırlık, Tartım, Hesaplama, Raporlama şeklinde olmalıdır.

Ayrıca işletmelerin üretim konularına ve kullandıkları hammaddelerin içeriklerine göre toz içeriklerinin de ölçüm ve analizi gerçekleştirilmelidir. Bu kapsamda; analizi NIOSH 7601 standardına göre gerçekleştirilir.

Bu standartlara uygun şekilde galerilerde, MDHS 14/3 Standardına Göre Kişisel Solunabilir Toz Maruziyeti Ölçüm Sonuçları ve NIOSH 7601 Ortam Solunabilir Toz Ölçüm Sonuçları alınmıştır.



Şekil 6. MDHS 14/3 Standardına Göre Kişisel Solunabilir Toz Maruziyeti Ölçümleri ve ölçümlerde kullanılan Buck Libra Plus LP-5 cihazı

3.3. Ölçüm Yapılan Galerilerin İşletme Bilgileri ve Ortam Ölçümleri

3.3.1. A Galerisi İşletme Bilgileri ve Ortam Ölçümleri

Bu bölümde galerilerdeki personel bilgileri, yapılan işler, çalışan sayısı ve ölçümlerin alındığı tarihte ortam şartlarının (Ortam sıcaklığı, basıncı ve nemi) bilgileri ayrıca ortam şartlarının ölçümlerinde kullanılan cihazların bilgileri verilmiştir.

Tablo 3

A Galerisi çalışan 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

Tablo 4

A Galerisi ortam şartları ölçümleri

Ölçüm Tarihi	Ortam Sıcaklığı (°C)	Ortam Basıncı (hPa)	Ortam Nemi (%RH)
16.06.2001	17	1015,4	74
08.09.2023	28,8	1013,2	51

Tablo 5

A Galerisi ortam şartları ölçümlerinde kullanılan cihaza ait bilgiler

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı/Kodu	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Sıcaklık, Nem, Basınç Ölçer	Ortam Şartları Ölçüm Cihazı-831	TFA D-97877	24.06.2019	2 yıl
Sıcaklık, Nem, Basınç Ölçer	Ortam Şartları Ölçüm Cihazı-831	TFA D-97877	01.08.2023	1 yıl

Fiziksel risk analizi yapılan kurşun madeninin A galerisi, 2021 ve 2023 yıllarında farklı dönemlerde ölçümler yapılmıştır. 2021 yılında A Galerisi'nde gerçekleştirilen faaliyetler arasında yer altı maden ocağında delik delme, maden çıkarma ve yükleme işlemleri bulunmaktadır. Bu dönemde çalışan sayısı 31 olarak kaydedilmiştir. 2023 yılında ise aynı işlemler sürdürülmüş olup, çalışan sayısı 40'a yükselmiştir. Bu değişiklik, madenin operasyonel kapasitesindeki artışı ve çalışan sayısındaki büyümeyi yansıtmaktadır. A galerisinde gerçekleştirilen ortam ölçümleri, madenin çalışma koşullarını detaylandırmak amacıyla yapılmıştır. 16 Haziran 2021 ve 8 Eylül 2023 tarihlerinde yapılan ölçümlerde, ortam sıcaklığı, basıncı ve nemi gibi parametreler kaydedilmiştir. 2021 yılında yapılan ölçümlerde ortam sıcaklığı 17°C, basınç 1015,4 hPa ve nem oranı %74 olarak tespit edilmiştir. 2023 yılında yapılan ölçümlerde ise ortam sıcaklığı 28,8°C, basınç 1013,2 hPa ve nem oranı %51 olarak belirlenmiştir. Bu ölçümler, iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli veriler sağlamaktadır.

Ortam ölçümlerinde kullanılan cihazlar, doğruluk ve güvenilirlik açısından düzenli olarak kalibre edilmiştir. 2021 ve 2023 yıllarında kullanılan TFA D-97877 model Ortam

Şartları Ölçüm Cihazı, sırasıyla 24 Haziran 2019 ve 1 Ağustos 2023 tarihlerinde kalibre edilmiştir. Bu cihazlar, sıcaklık, nem ve basınç ölçümlerinde kullanılarak, madenin ortam koşullarının izlenmesine ve değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

3.3.2. B Galerisi İşletme Bilgileri ve Ortam Ölçümleri

Tablo 6

B Galerisi çalışan bilgileri

Yıl	İşletme Bölümü	Yapılan İşler	Çalışan Sayısı
2021	B Galerisi	Yer altı maden ocağında delik delme, maden çıkarma, yükleme işlemleri yapılmaktadır.	44
2023	B Galerisi	Yer altı maden ocağında delik delme, maden çıkarma, yükleme işlemleri yapılmaktadır.	42

Tablo 7

B Galerisi ortam şartları ölçümleri

Ölçüm Tarihi	Ortam Sıcaklığı (°C)	Ortam Basıncı (hPa)	Ortam Nemi (%RH)
11.06.2021	20	1014,8	66
01.09.2023	30,2	1013,7	54

Tablo 8

B Galerisi ortam şartları ölçümlelerinde kullanılan cihaza ait bilgiler

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı/Kodu	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Sıcaklık, Nem, Basınç Ölçer	Ortam Şartları Ölçüm Cihazı-831	TFA D-97877	24.06.2019	2 yıl
Sıcaklık, Nem, Basınç Ölçer	Ortam Şartları Ölçüm Cihazı-831	TFA D-97877	01.08.2023	1 yıl

Analizi yapılan kurşun madeninin B galerisi, 2021 ve 2023 yıllarında farklı dönemlerde incelenmiştir. 2021 yılında B Galerisi'nde gerçekleştirilen faaliyetler arasında yer altı maden ocağında delik delme, maden çıkarma ve yükleme işlemleri bulunmaktadır. Bu dönemde çalışan sayısı 44 olarak kaydedilmiştir. 2023 yılında ise aynı işlemler sürdürülmüş olup, çalışan sayısı 42'ye düşmüştür. Bu değişiklik, madenin operasyonel kapasitesinde veya iş gücünde meydana gelen değişimleri yansıtmaktadır. B galerisinde gerçekleştirilen ortam ölçümleri, madenin çalışma koşullarını detaylandırmak amacıyla yapılmıştır. 11 Haziran 2021 ve 1 Eylül 2023 tarihlerinde yapılan ölçümlerde, ortam sıcaklığı, basıncı ve nemi gibi parametreler kaydedilmiştir. 2021 yılında yapılan ölçümlerde ortam sıcaklığı 20°C, basınç 1014,8 hPa ve nem oranı %66 olarak tespit edilmiştir. 2023 yılında yapılan ölçümlerde ise ortam sıcaklığı 30,2°C, basınç 1013,7 hPa ve nem oranı %54 olarak belirlenmiştir.

Ortam ölçümlerinde kullanılan cihazlar, doğruluk ve güvenilirlik açısından düzenli olarak kalibre edilmiştir. 2021 ve 2023 yıllarında kullanılan TFA D-97877 model Ortam Şartları Ölçüm Cihazı, sırasıyla 24 Haziran 2019 ve 1 Ağustos 2023 tarihlerinde kalibre edilmiştir. Bu cihazlar, sıcaklık, nem ve basınç ölçümlerinde kullanılarak, madenin ortam koşullarının izlenmesine yardım etmektedir.

3.3.3. C Galerisi İşletme Bilgileri ve Ortam Ölçümleri

Tablo 9

C Galerisi ait çalışan bilgileri

Yıl	İşletme Bölümü	Yapılan İşler	Çalışan Sayısı
2021	C Galerisi	Yer altı maden ocağında delik delme, maden çıkarma, yükleme işlemleri yapılmaktadır.	34
2023	C Galerisi	Yer altı maden ocağında delik delme, maden çıkarma, yükleme işlemleri yapılmaktadır.	43

Tablo 10

C Galerisi ortam şartları ölçümleri

Ölçüm Tarihi	Ortam Sıcaklığı (°C)	Ortam Basıncı (hPa)	Ortam Nemi (%RH)
16.06.2021	24,0	1011,0	62
08.09.2023	28,8	1013,2	51

Tablo 11

C Galerisi ortam şartları ölçümlerinde kullanılan cihaza ait bilgiler

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı/Kodu	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Sıcaklık, Nem, Basınç Ölçer	Ortam Şartları Ölçüm Cihazı-831	TFA D-97877	24.06.2019	2 yıl
Sıcaklık, Nem, Basınç Ölçer	Ortam Şartları Ölçüm Cihazı-831	TFA D-97877	01.08.2023	1 yıl

2021 ve 2023 yıllarında, kurşun madeninin C galerisi üzerinde yapılan gürültü ölçüm analizleri, farklı dönemlerdeki çalışma koşullarını ortaya koymaktadır. 2021 yılına ait verilere

göre, C Galerisi'nde yer altı maden ocağında delik delme, maden çıkarma ve yükleme işlemleri gerçekleştirilmiş ve bu süreçte 34 işçi çalışmıştır. 2023 yılına gelindiğinde ise aynı faaliyetler devam etmiş ve çalışan sayısı 43'e yükselmiştir. Bu artış, madenin operasyonel kapasitesinin genişlediğini ve iş gücünün arttığını göstermektedir. C Galerisi'nde yapılan ortam ölçümleri, madenin çalışma ortamındaki değişiklikleri incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. 16 Haziran 2021 ve 8 Eylül 2023 tarihlerinde yapılan ölçümlerde, ortam sıcaklığı, basıncı ve nem oranı belirlenmiştir. 2021 yılında yapılan ölçümlerde ortam sıcaklığı 24,0°C, basınç 1011,0 hPa ve nem oranı %62 olarak tespit edilmiştir. 2023 yılında ise ortam sıcaklığı 28,8°C, basınç 1013,2 hPa ve nem oranı %51 olarak kaydedilmiştir.

Ortam şartlarını değerlendirmek için kullanılan TFA D-97877 model cihaz 2021 ve 2023 yıllarında, sırasıyla 24 Haziran 2019 ve 1 Ağustos 2023 tarihlerinde kalibre edilmiştir.

3.3.4. D Galerisi İşletme Bilgileri ve Ortam Ölçümleri

Tablo 12

D Galerisi çalışan bilgileri

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

Tablo 13

D Galerisi ortam şartları ölçümleri

Ölçüm Tarihi	Ortam Sıcaklığı (°C)	Ortam Basıncı (hPa)	Ortam Nemi (%RH)
16.06.2021	24,2	1011,2	65
08.09.2023	28,8	1013,2	51

Tablo 14

D Galerisi ortam şartları ölçümlerinde kullanılan cihaza ait bilgiler

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı/Kodu	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Sıcaklık, Nem, Basınç Ölçer	Ortam Şartları Ölçüm Cihazı-831	TFA D-97877	24.06.2019	2 yıl
Sıcaklık, Nem, Basınç Ölçer	Ortam Şartları Ölçüm Cihazı-831	TFA D-97877	01.08.2023	1 yıl

2021 ve 2023 yıllarında kurşun madeninin D galerisi üzerinde yapılan gürültü ölçüm analizleri, madenin çalışma koşullarındaki değişiklikleri detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır. 2021 yılı verilerine göre, D Galerisi'nde yer altı maden ocağında delik delme, maden çıkarma ve yükleme işlemleri yapılmış olup, bu faaliyetler sırasında 31 işçi çalışmıştır. 2023 yılına gelindiğinde ise aynı faaliyetler sürdürülmüş ve çalışan sayısı 40'a yükselmiştir. Bu artış, madenin operasyonel kapasitesinin artırıldığını ve iş gücünün genişlediğini göstermektedir. D Galerisi'nde gerçekleştirilen ortam ölçümleri, madenin çalışma ortamındaki fiziksel koşulların değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. 16 Haziran 2021 ve 8 Eylül 2023 tarihlerinde gerçekleştirilen ölçümlerde, ortam sıcaklığı, basıncı ve nem oranı gibi parametreler kaydedilmiştir. 2021 yılında yapılan ölçümlerde ortam sıcaklığı 24,2°C, basınç 1011,2 hPa ve nem oranı %65 olarak tespit edilmiştir. 2023 yılında ise ortam sıcaklığı 28,8°C, basınç 1013,2 hPa ve nem oranı %51 olarak belirlenmiştir. Bu değişimler, madenin iç ortam koşullarının farklı dönemlerdeki değişimlerini yansıtmaktadır.

Ortam şartlarını değerlendirmek için kullanılan TFA D-97877 model Ortam Şartları Ölçüm Cihazı, düzenli kalibrasyon süreçleriyle doğruluğu ve güvenilirliği sağlanmıştır. 2021

ve 2023 yıllarında kullanılan bu cihaz, sırasıyla 24 Haziran 2019 ve 1 Ağustos 2023 tarihlerinde kalibre edilmiştir.

3.3.5. E Galerisi İşletme Bilgileri ve Ortam Ölçümleri

Tablo 15

E Galerisi çalışan bilgileri

Yıl	İşletme Bölümü	Yapılan İşler	Çalışan Sayısı
2021	E Galerisi	Yer altı maden ocağında delik delme, maden çıkarma, yükleme işlemleri yapılmaktadır.	28
2023	E Galerisi	Yer altı maden ocağında delik delme, maden çıkarma, yükleme işlemleri yapılmaktadır.	32

Tablo 16

E Galerisi ortam şartları ölçümleri

Ölçüm Tarihi	Ortam Sıcaklığı (°C)	Ortam Basıncı (hPa)	Ortam Nemi (%RH)
11.06.2021	22	1015,9	59
01.09.2023	30,2	1013,7	54

Tablo 17

E Galerisi ortam şartları ölçümlerinde kullanılan cihaza ait bilgiler

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı/Kodu	Üretici/ Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Sıcaklık, Nem, Basınç Ölçer	Ortam Şartları Ölçüm Cihazı-831	TFA D-97877	24.06.2019	2 yıl
Sıcaklık, Nem, Basınç Ölçer	Ortam Şartları Ölçüm Cihazı-831	TFA D-97877	01.08.2023	1 yıl

Kurşun madeninin E Galerisi, 2021 ve 2023 yıllarında yapılan gürültü ölçüm analizleri ile incelenmiştir. 2021 yılında E Galerisi'nde gerçekleştirilen faaliyetler arasında yer altı maden ocağında delik delme, maden çıkarma ve yükleme işlemleri bulunmaktadır. Bu süreçte 28 işçi çalışmıştır. 2023 yılında ise aynı işlemler devam etmiş ve çalışan sayısı 32'ye yükselmiştir. Bu artış, madenin operasyonel kapasitesindeki genişlemeyi ve iş gücündeki artışı göstermektedir. E Galerisi'nde gerçekleştirilen ortam ölçümleri, madenin çalışma ortamındaki fiziksel koşulların değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. 11 Haziran 2021 ve 1 Eylül 2023 tarihlerinde yapılan ölçümlerde, ortam sıcaklığı, basıncı ve nem oranı gibi parametreler kaydedilmiştir. 2021 yılı ölçümlerinde ortam sıcaklığı 22°C, basınç 1015,9 hPa ve nem oranı %59 olarak tespit edilmiştir. 2023 yılı ölçümlerinde ise ortam sıcaklığı 30,2°C, basınç 1013,7 hPa ve nem oranı %54 olarak belirlenmiştir. Bu veriler, iş sağlığı ve güvenliği açısından kritik önem taşımaktadır ve madenin iç ortam koşullarının farklı dönemlerdeki değişimlerini yansıtmaktadır.

Ortam şartlarını değerlendirmek için kullanılan TFA D-97877 model Ortam Şartları Ölçüm Cihazı, düzenli kalibrasyon süreçleri ile doğruluğu ve güvenilirliği sağlanmıştır. 2021 ve 2023 yıllarında kullanılan bu cihaz, sırasıyla 24 Haziran 2019 ve 1 Ağustos 2023 tarihlerinde kalibre edilmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Kurşun Madeninin Gürültü Ölçüm Analizi

2021 ve 2023 yılı için benzer şekilde, A Galerisi'nde bir adet kişisel maruziyet ve bir iç ortam gürültü ölçümleri, B Galerisi'nde bir kişisel maruziyet ve bir iç ortam gürültü ölçümleri, C Galerisi'nde iki adet kişisel gürültü maruziyeti ve üç adet iç ortam gürültü ölçümü, D Galerisi'nde bir adet kişisel gürültü, bir adet iç ortam gürültü ölçümü, E Galerisi'nde bir tane kişisel gürültü ve iki adet iç ortam gürültü ölçümü yapılmıştır.

4.1.1. A Galerisi Gürültü Ölçüm Verileri ve Analizi

2021 ve 2023 yıllarında gerçekleştirilen gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar ve bu cihazların kalibrasyon bilgileri Tablo 18 ve Tablo 19'da sunulmuştur. TS EN ISO 9612-2009 standardına göre A Galerisi'nde görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları Tablo 20'de sunulmuştur.

Tablo 18

A Galerisi 2021 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Kişisel Maruziyet Gürültü Ölçümü	Dozimetre-816	Svantek-Sv104	20.11.2020	2 Yıl
Doğrulama	Gürültü Kalibratör	Svantek-ND9	07.04.2021	1 Yıl
İç Ortam Gürültü Ölçümü	Dozimetre-815	Svantek-Sv104	20.11.2020	2 Yıl

Tablo 19

A Galerisi 2023 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Kişisel Maruziyet Gürültü Ölçümü	Dozimetre-815	Svantek-Sv104	11.11.2022	2 Yıl
Doğrulama	Gürültü Kalibratör-601	Svantek-Sv30	31.07.2023	1 Yıl
İç Ortam Gürültü Ölçümü	Ses Basınç Seviyesi Ölçer-604	Svantek-957	22.07.2022	2 Yıl

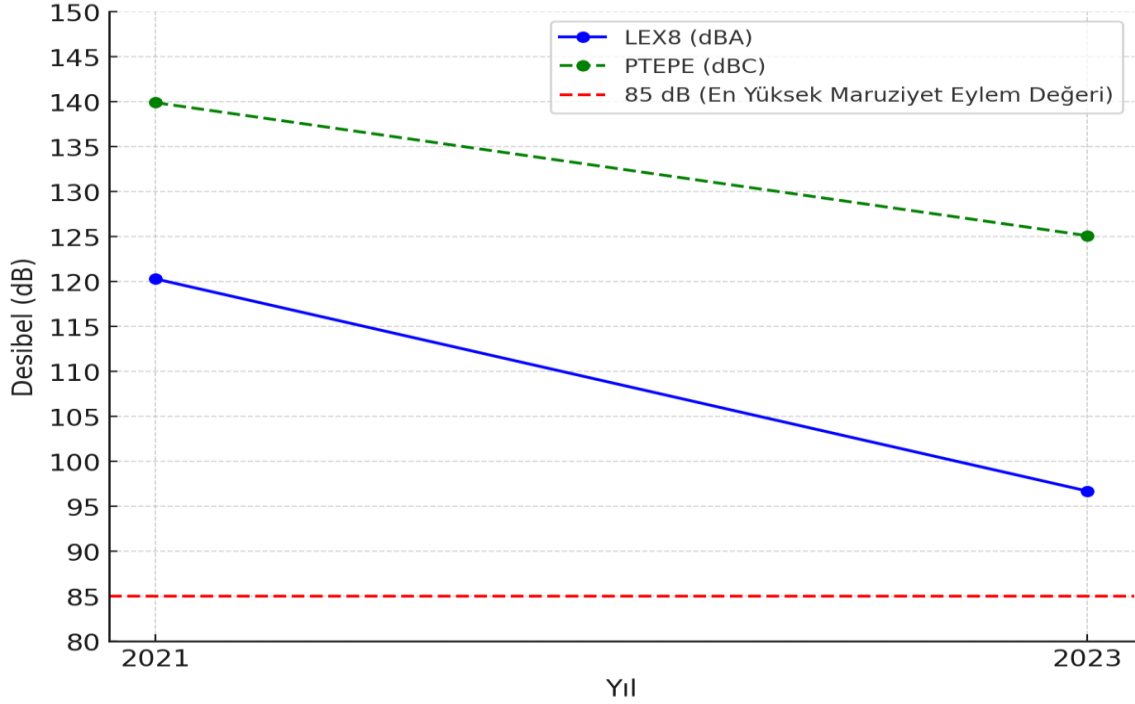
Tablo 20

TS EN ISO 9612-2009 standardına göre A Galerisi 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	M... A... E...	A Galerisi	Delik Delme	180	30	180	120,3	139,9
2023	M... S...	A Galerisi	Maden Çıkarma	180	15	180	96,7	125,1

2021 yılında, A Galerisi'nde delik delme işi gerçekleştiren M.A. E. adlı personelin 180 dakikalık ölçüm süresi boyunca maruziyet süresi 30 dakika olarak belirlenmiştir. Bu ölçümde A-ağırlıklama değeri 120,3 dBA ve C-ağırlıklama değeri 139,9 dBC olarak tespit edilmiştir. 2023 yılında ise A Galerisi'nde maden çıkarma işi gerçekleştiren M.S. adlı personelin 180 dakikalık ölçüm süresi boyunca maruziyet süresi 15 dakika olup, A-ağırlıklama değeri 96,7 dBA ve C-ağırlıklama değeri 125,1 dBC olarak ölçülmüştür. A Galerisi için L_{EX8}(dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği aşağıda verilmiştir.

A Galerisi



Şekil 7. A Galerisi L_{EX8} (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği

Bu sonuçlara göre, 2021'den 2023'e gürültü maruziyet seviyelerinde bir düşüş görülmektedir. Ancak Şekil 7'de görüldüğü gibi, her iki yıl için de L_{EX8} ve P_{TEPE} değerleri, TS EN ISO 9612-2009 standardında belirtilen kabul edilebilir sınırların üzerindedir. Özellikle L_{EX8} 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 (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. KKD'lerin doğru kullanımı ve bakımı konusunda

Çalışanlar düzenli olarak eğitilmelidir. Bununla beraber, Kurşun madeni için iç ortam gürültü ölçümlerine ait bilgi ve değerler Tablo 21’de gösterilmiştir.

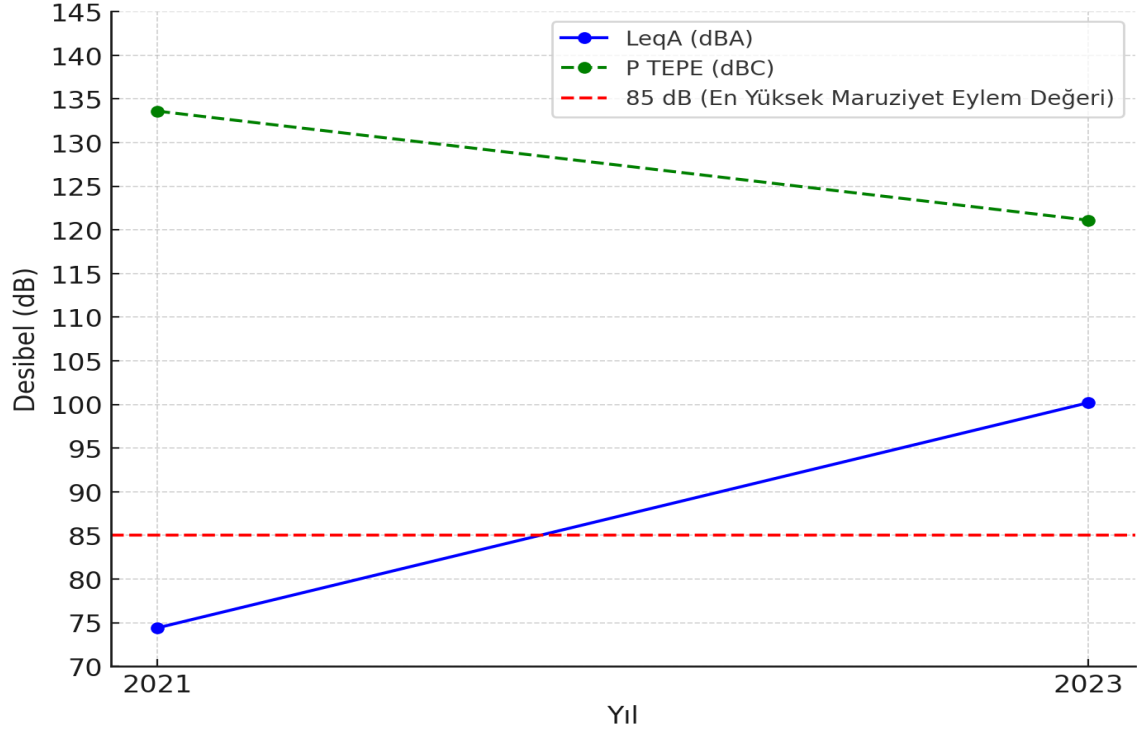
Tablo 21

A Galerisi iç ortam gürültü ölçüm sonuçları

lm Yılı	lm Yapılan Bölüm	Zemin Bilgileri	lm 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 artışını 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 8’de gösterilmiştir.

A Galerisi



Şekil 8. A Galerisi LeqA (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği

4.1.2. B Galerisi Gürültü Ölçüm Verileri ve Analizi

B Galerisi 2021 ve 2023 yıllarında gerçekleştirilen gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar ve kalibrasyon bilgileri Tablo 22 ve 23’de verilmiştir. TS EN ISO 9612-2009 standardına göre B Galerisi’nde gerçekleştirilen görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları da değerlendirilmiştir.

Tablo 22

B Galerisi 2021 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Kişisel Maruziyet Gürültü Ölçümü	Dozimetre-816	Svantek-Sv104	20.11.2020	2 Yıl
Doğrulama	Gürültü Kalibratör	Svantek-ND9	07.04.2021	1 Yıl
İç Ortam Gürültü Ölçümü	Dozimetre-816	Svantek-Sv104	20.11.2020	2 Yıl

Tablo 23

B Galerisi 2023 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Kişisel Maruziyet Gürültü Ölçümü	Dozimetre-815	Svantek-Sv104	11.11.2022	2 Yıl
Doğrulama	Gürültü Kalibratör-601	Svantek-Sv30	31.07.2023	1 Yıl
İç Ortam Gürültü Ölçümü	Ses Basınç Seviyesi Ölçer-604	Svantek-957	22.07.2022	2 Yıl

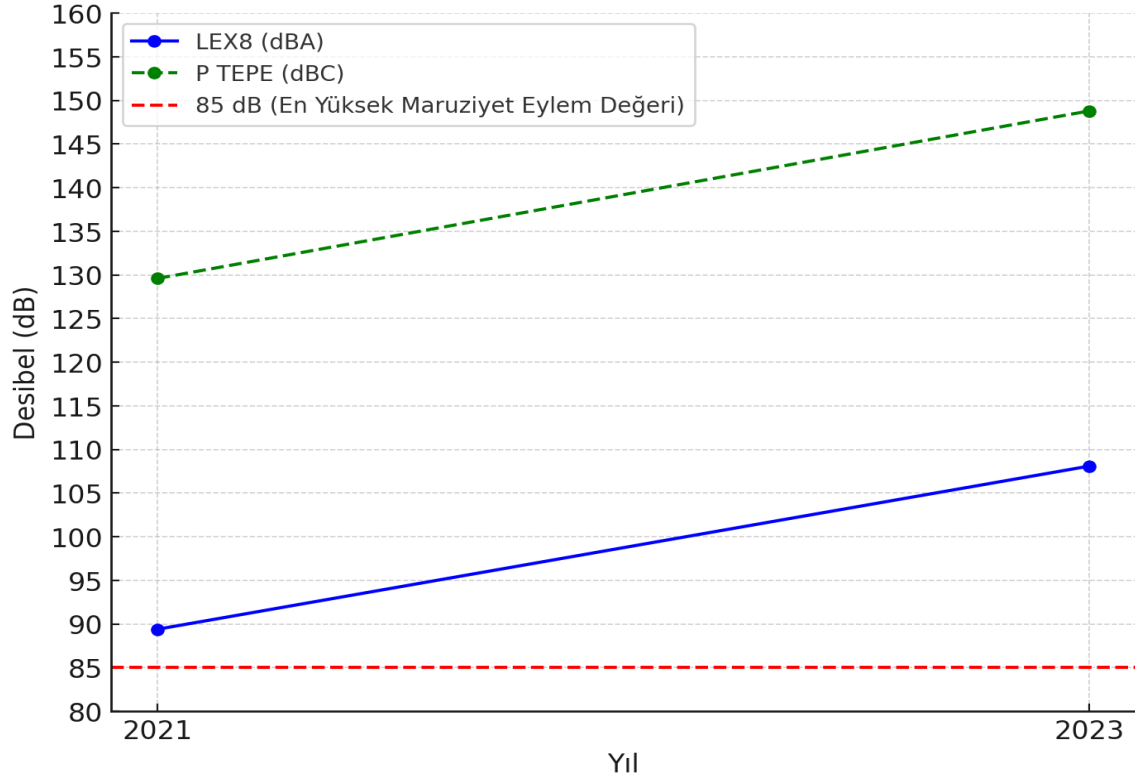
Tablo 24

TS EN ISO 9612-2009 standardına göre B Galerisi görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı/Unvanı	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	M... S...	B Galerisi	Delik Delme İşlemi	180	30	60	89,4	129,6
2023	R... K...	B Galerisi	Delik Delme İşlemi	180	30	180	108,1	148,8

2021 yılında B Galerisi'nde delik delme işlemi gerçekleştiren M. S. adlı personelin 180 dakikalık ölçüm süresi boyunca maruziyet süresi 30 dakika olarak tespit edilmiştir. Bu ölçümler Tablo 24'de verilmiş olup, A-ağırlıklama değeri 89,4 dBA ve C-ağırlıklama değeri 129,6 dBC olarak belirlenmiştir. 2023 yılında ise aynı galeride delik delme işlemi gerçekleştiren R. K. adlı personelin 180 dakikalık ölçüm süresi boyunca maruziyet süresi 30 dakika olup, A-ağırlıklama değeri 108,1 dBA ve C-ağırlıklama değeri 148,8 dBC olarak ölçülmüştür. Değişim grafiği aşağıda verilmiştir.

B Galerisi



Şekil 9. B Galerisi L_{EX8} (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği

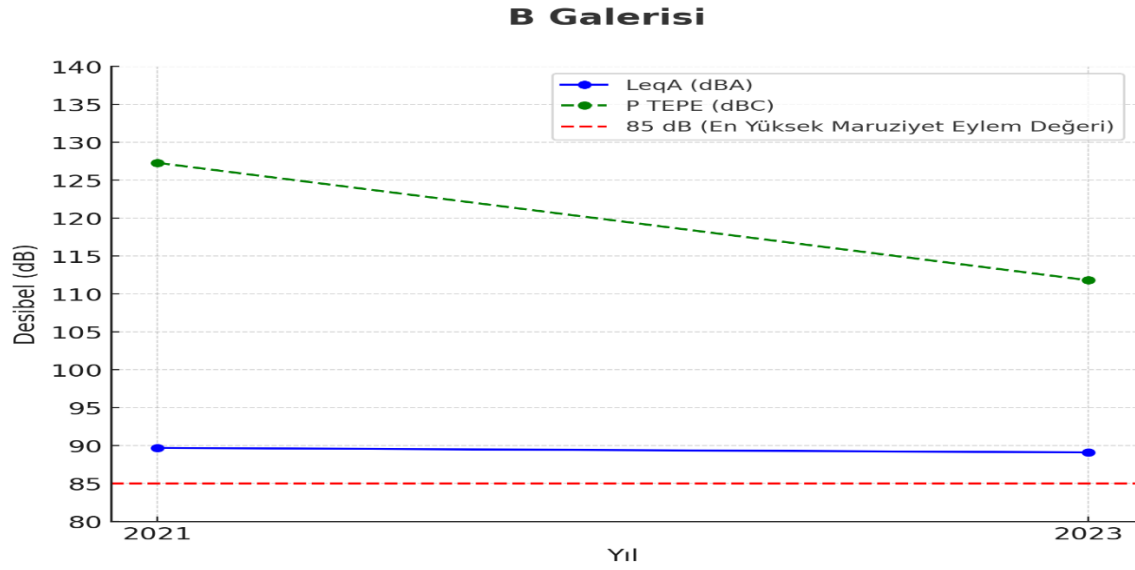
Bu ölçüm sonuçları, madencilik sektöründe çalışanların ciddi düzeyde gürültüye maruz kaldığını göstermektedir. TS EN ISO 9612-2009 standardına göre belirlenen bu değerler, iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli riskler taşımaktadır. Özellikle L_{EX8} (dBA) değerlerinin çok yüksek olması, işitme kaybı ve diğer gürültü kaynaklı sağlık sorunları açısından çalışanların risk altında olduğunu göstermektedir. Şekil 9’da anlaşılabacağı üzere, 2023 yılında değerlerde bir artış söz konusudur. Bu nedenle, işverenlerin ve iş sağlığı güvenliği uzmanlarının, gürültü maruziyetini azaltmak için gerekli önlemleri almaları, kişisel koruyucu ekipmanların kullanımını sağlamaları ve periyodik olarak gürültü ölçümleri yapmaları büyük önem taşımaktadır.

Tablo 25

B Galerisi İç Ortam Gürültü Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Yılı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Zemin Bilgileri	Ölçüm Süresi (dk)	LeqA (dBA)	P _{TEPE} (dBC)
2021	B Galerisi	Toprak	5	89,7	127,3
2023	B Galerisi	Toprak	5	89,10	111,8

Tablo 25’den anlaşılacağı üzere, 2021 yılı ölçümleri, LeqA değeri 89,7 dBA ve P_{TEPE} değeri 127,3 dBC olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, belirli bir süre boyunca maruz kalınan ortalama gürültü seviyesinin yüksek olduğunu ve pik gürültü seviyelerinin oldukça ciddi olduğunu göstermektedir. 2023 yılına ait ölçümler ise LeqA değeri 89,10 dBA ve P_{TEPE} değeri 111,8 dBC olarak belirlenmiştir. LeqA değerindeki hafif düşüş, ortalama gürültü seviyesinde küçük bir azalmayı işaret etmektedir. Ancak, P_{TEPE} değerindeki belirgin düşüş, pik gürültü seviyelerinde önemli bir azalma olduğunu göstermektedir. Bu durum, 2023 yılında gürültü kontrol önlemlerinin daha etkili bir şekilde uygulanmış olabileceğini veya çevresel koşulların değişmiş olabileceğini düşündürmektedir. Sonuç olarak, her iki yıl için de B Galerisi’nde yapılan gürültü ölçümleri, ortalama gürültü seviyelerinin benzer olduğunu, ancak pik gürültü seviyelerinde 2023 yılında kayda değer bir düşüş olduğunu ortaya koymaktadır. Şekil 10’da B Galerisi Leq A (dbA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiğinde düşüş net olarak gözlenmektedir.



Şekil 10. B Galerisi Leq A (dbA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği

4.1.3. C Galerisi Gürültü Ölçüm Verileri ve Analizi

C Galerisi 2021 ve 2023 yıllarında gerçekleştirilen gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar ve kalibrasyon bilgileri Tablo 26 ve 27’de verilmiştir. TS EN ISO 9612-2009 standardına göre C Galerisi’nde gerçekleştirilen görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları Tablo 28’de verilmiş ve değerlendirilmiştir.

Tablo 26

C Galerisi 2021 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Kişisel Maruziyet Gürültü Ölçümü	Dozimetre-812	Svantek-Sv104	20.11.2020	2 Yıl
	Dozimetre-814	Svantek-Sv104	20.11.2020	2 Yıl
	Dozimetre-816	Svantek-Sv104	20.11.2020	2 Yıl
Doğrulama	Gürültü Kalibratör	Svantek-ND9	07.04.2021	1 Yıl
İç Ortam Gürültü Ölçümü	Ses Basınç Seviyesi Ölçer-604	Svantek-957	20.11.2020	2 Yıl

Tablo 27

C Galerisi 2023 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Kişisel Maruziyet Gürültü Ölçümü	Dozimetre-813	Svantek-Sv104	11.11.2022	2 Yıl
	Dozimetre-815	Svantek-Sv104	11.11.2022	2 Yıl
Doğrulama	Gürültü Kalibratör-601	Svantek-Sv30	31.07.2023	1 Yıl
İç Ortam Gürültü Ölçümü	Ses Basınç Seviyesi Ölçer-604	Svantek-957	22.07.2022	2 Yıl

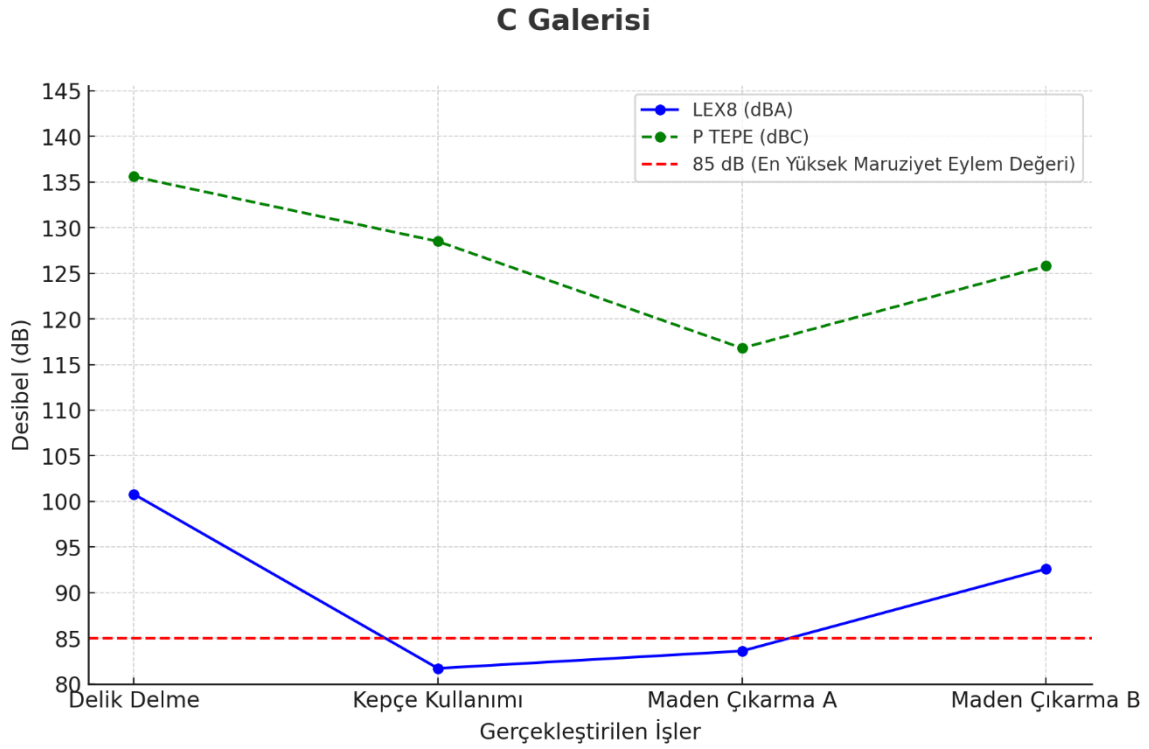
Tablo 28

TS EN ISO 9612-2009 standardına göre C Galerisi görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	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	C Galerisi	Delik Delme	180	30	180	100,8	135,6
2021	C Galerisi	Kepçe kullanımı	180	30	180	81,7	128,5
2023	C Galerisi	Maden Çıkarma A	180	15	180	83,6	116,8
2023	C Galerisi	Maden Çıkarma B	180	15	180	92,6	125,8

Tablo 28’de belirtilen C Galerisi’nde gerçekleştirilen görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları da ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. 2021 yılında C Galerisi’nde delik delme işlemi sırasında, 30 dakikalık ölçüm süresi ve 180 dakikalık maruziyet süresi ile A-ağırlıklama değeri 100,8 dBA ve C-ağırlıklama değeri 135,6 dBC olarak kaydedilmiştir. Aynı yıl kepçe kullanımı sırasında yapılan ölçümlerde ise, 30 dakikalık ölçüm süresi ve 180

dakikalık maruziyet süresi ile A-ağırlıklama değeri 81,7 dBA ve C-ağırlıklama değeri 128,5 dBC olarak tespit edilmiştir. 2023 yılında C Galerisi'nde maden çıkarma işlemleri sırasında yapılan ölçümlerde, iki farklı işlem için 15 dakikalık ölçüm süresi ve 180 dakikalık maruziyet süreleri ile A-ağırlıklama değerleri sırasıyla 83,6 dBA ve 92,6 dBA, C-ağırlıklama değerleri ise sırasıyla 116,8 dBC ve 125,8 dBC olarak belirlenmiştir. Yapılan ölçümlerdeki kullanılan cihazların modelleri ve kalibrasyon tarihleri Tablo 26 ve 27'de belirtilmiştir. C Galerisi için görev tanımına göre $L_{EX8}(dBA)$ ve $P_{TEPE}(dBC)$ değerlerinin değişim grafiği aşağıda verilmiştir.



Şekil 11. C Galerisi görev tanımına göre $L_{EX8}(dBA)$ ve $P_{TEPE}(dBC)$ değerlerinin değişim grafiği

Ölçüm sonuçları, 2021 ve 2023 yıllarında C Galerisi'nde gerçekleştirilen farklı iş türlerinde elde edilmiştir. 2021 yılında, delik delme işlemi sırasında ölçülen A-ağırlıklama (L_{EX8}) değeri 100,8 dBA ve C-ağırlıklama (P_{TEPE}) değeri 135,6 dBC olarak kaydedilmiştir. Aynı yıl, kepçe kullanımı sırasında ölçülen değerler ise sırasıyla 81,7 dBA ve 128,5 dBC olmuştur. Bu sonuçlar, delik delme işleminin kepçe kullanımına kıyasla daha yüksek bir gürültü maruziyeti yarattığını göstermektedir. 2023 yılında ise maden çıkarma işlemi

sırasında iki farklı ölçüm yapılmış ve A-ağırlıklama değerleri sırasıyla 83,6 dBA ve 92,6 dBA, C-ağırlıklama değerleri ise 116,8 dBC ve 125,8 dBC olarak tespit edilmiştir. Bu değerler, maden çıkarma işlemi sırasında gürültü maruziyetinin önceki yıllara göre daha düşük olduğunu, ancak belirli işlerde hala yüksek seviyelerde olduğunu göstermektedir. Şekil 11’de C Galerisi görev tanımına göre $L_{EX8}(dBA)$ ve $P_{TEPE}(dBC)$ değerlerinin değişim grafiği gösterilmiş ve yapılan işlere göre gürültü maruziyetleri tespit edilmeye çalışılmıştır. C Galerisi iç ortam gürültü ölçüm sonuçları aşağıdadır.

Tablo 29

C Galerisi iç ortam gürültü ölçüm sonuçları

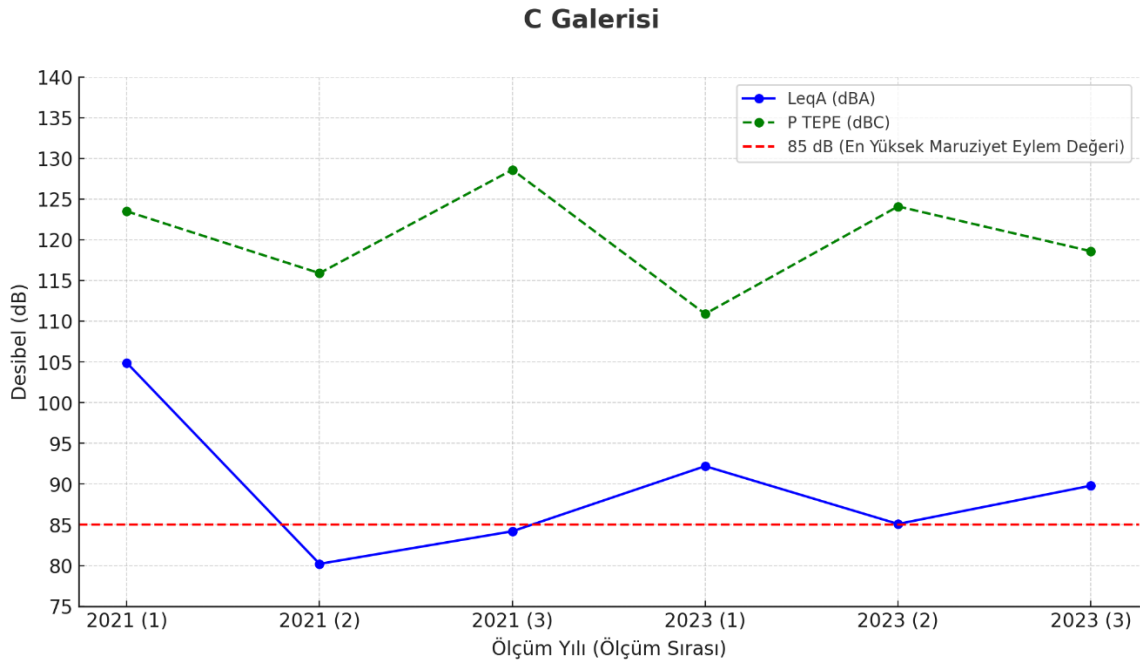
Ölçüm Yılı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Zemin Bilgileri	Ölçüm Süresi (dk)	LeqA (dBA)	P_{TEPE} (dBC)
2021	C Galerisi	Toprak	5	104,9	123,5
2021	C Galerisi	Toprak	5	80,2	115,9
2021	C Galerisi	Toprak	5	84,2	128,6
2023	C Galerisi	Toprak	5	92,20	110,9
2023	C Galerisi	Toprak	5	85,10	124,1
2023	C Galerisi	Toprak	5	89,80	118,6

2021 ve 2023 yıllarında C Galerisi’nde gerçekleştirilen Tablo 29’a göre iç ortam gürültü ölçüm sonuçları incelendiğinde, ölçüm süreleri, LeqA (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. Tüm ölçümler, toprak zemin üzerinde ve 5 dakikalık sürelerle gerçekleştirilmiştir.

2021 yılında yapılan ölçümlerde, LeqA değerleri sırasıyla 104,9 dBA, 80,2 dBA ve 84,2 dBA olarak kaydedilmiştir. Aynı ölçüm periyotlarında P_{TEPE} değerleri ise sırasıyla 123,5 dBC, 115,9 dBC ve 128,6 dBC olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, C Galerisi’nde iç

ortam gürültü seviyelerinin oldukça değişken olduğunu ve bazı ölçüm noktalarında yüksek gürültü maruziyeti bulunduğunu göstermektedir. 2023 yılı ölçümlerinde ise LeqA değerleri sırasıyla 92,20 dBA, 85,10 dBA ve 89,80 dBA olarak kaydedilmiştir. Bu ölçümlerde P_{TEPE} değerleri sırasıyla 110,9 dBC, 124,1 dBC ve 118,6 dBC olarak belirlenmiştir. 2023 yılı verileri, genel olarak daha düşük LeqA değerleri ve nispeten dengeli P_{TEPE} değerleri göstermektedir.

Bu sonuçlar neticesinde Şekil 12’de görülen C Galerisi Leq A (dbA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiğine göre; 2021 yılına kıyasla 2023 yılında C Galerisi’nde iç ortam gürültü seviyelerinde genel bir azalma ve daha stabil bir gürültü profili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, gürültü kontrolü ve iş güvenliği açısından olumlu bir gelişme olarak değerlendirilebilir. 2023 yılı ölçümlerinde P_{TEPE} değerlerinde bazı dalgalanmalar gözlenirse de, genel trendin daha düşük ve stabil seviyelere doğru evrildiği söylenebilir.



Şekil 12. C Galerisi Leq A (dbA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği

4.1.4. D Galerisi Gürültü Ölçüm Verileri ve Analizi

Tablo 30 ve 31’de D Galerisi’nde ölçümlerde kullanılan cihazların bilgileri verilmiştir. Tablo 32’de ise D Galerisi’nde 2021 ve 2023 yıllarında farklı görev tanımı olan işlerin ölçümleri tablo şeklinde verilmiştir.

Tablo 30

D Galerisi 2021 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Kişisel Maruziyet Gürültü Ölçümü	Dozimetre-813	SvanteK-Sv104	20.11.2020	2 Yıl
Doğrulama	Gürültü Kalibratör	SvanteK-ND9	07.04.2021	1 Yıl
İç Ortam Gürültü Ölçümü	Ses Basınç Seviyesi Ölçer-604	SvanteK-957	20.11.2020	2 Yıl

Tablo 31

D Galerisi 2023 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar

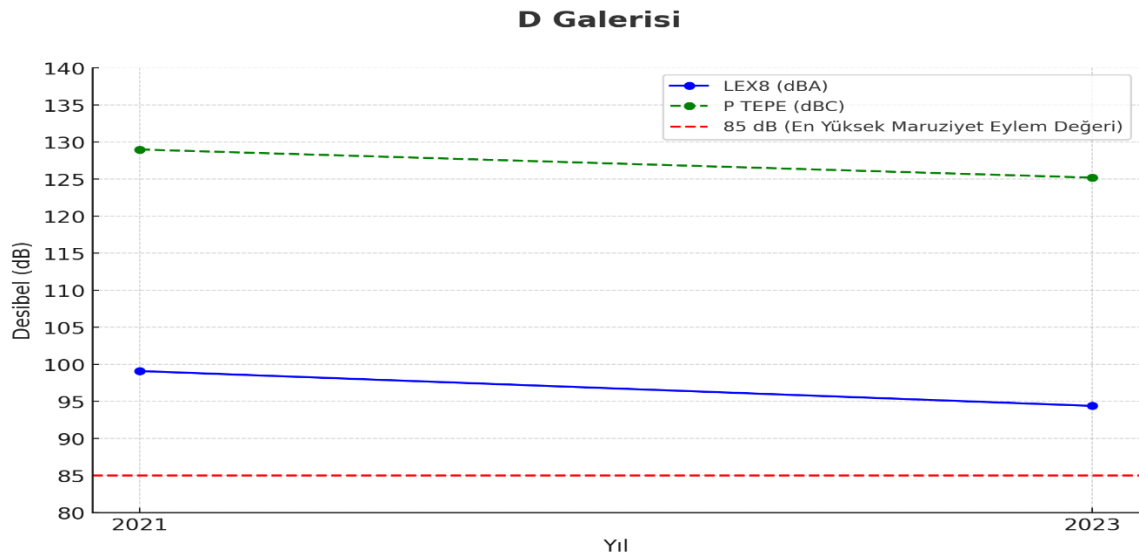
Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Kişisel Maruziyet Gürültü Ölçümü	Dozimetre-813	SvanteK-Sv104	11.11.2022	2 Yıl
Doğrulama	Gürültü Kalibratör-601	SvanteK-Sv30	31.07.2023	1 Yıl
İç Ortam Gürültü Ölçümü	Ses Basınç Seviyesi Ölçer-604	SvanteK-957	22.07.2022	2 Yıl

Tablo 32

TS EN ISO 9612-2009 standardına göre D Galerisinde görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı/Unvanı	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	S... K...	D Galerisi	Delik Delme İşlemi	180	30	180	99,1	129
2023	C... G...	D Galerisi	Maden Çıkarma	180	30	180	94,4	125,2

2021 yılında D Galerisi'nde delik delme işlemi sırasında gerçekleştirilen ölçümlerde, personel S. K. İçin 30 dakikalık ölçüm süresi ve 180 dakikalık maruziyet süresi ile A-ağırlıklama (L_{EX8}) değeri 99,1 dBA ve C-ağırlıklama (P_{TEPE}) değeri 129 dBC olarak kaydedilmiştir. 2023 yılında ise D Galerisi'nde maden çıkarma işlemi sırasında gerçekleştirilen ölçümlerde, personel C. G. İçin 30 dakikalık ölçüm süresi ve 180 dakikalık maruziyet süresi ile A-ağırlıklama (L_{EX8}) değeri 94,4 dBA ve C-ağırlıklama (P_{TEPE}) değeri 125,2 dBC olarak belirlenmiştir. Ancak bu veriler, farklı yıllarda ve farklı iş türlerinde D galerisinde gürültü maruziyet ölçüm sonuçlarını içermektedir. D Galerisi için $L_{EX8}(dBA)$ ve $P_{TEPE}(dBC)$ değerlerinin değişim grafiği aşağıda verilmiştir.



Şekil 13. D Galerisi $L_{EX8}(dBA)$ ve $P_{TEPE}(dBC)$ değerlerinin değişim grafiği

D Galerisi'nde TS EN ISO 9612-2009 standardına uygun olarak gerçekleştirilen görev tabanlı gürültü maruziyet ölçümleri, madencilik sektöründe iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli bilgiler vermektedir. Bu ölçümler, çalışanların maruz kaldıkları gürültü düzeylerini ve bunların potansiyel sağlık etkilerini belirlemekte kullanılır. Ölçümler, 2021 ve 2023 yıllarında, sırasıyla delik delme işlemi ve maden çıkarma görevleri esnasında gerçekleştirilmiş, her iki durumda da çalışanlar 30 dakikalık ölçüm süreçleri boyunca 180 dakika yüksek gürültüye maruz kalmışlardır.

Şekil 13'te çizgi grafiği oluşturulan D Galerisi'nde L_{EX8} (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerleri incelendiğinde 2021'de delik delme işlemi sırasında L_{EX8} değeri 99,1 dBA ve P_{TEPE} değeri 129 dBC olarak ölçülürken, 2023'te maden çıkarma işlemi sırasında bu değerler sırasıyla 94,4 dBA ve 125,2 dBC olarak kaydedilmiştir. Gürültü maruziyeti yönetimi, mühendislik kontrolleri, iş süreçlerinin yeniden düzenlenmesi ve kişisel koruyucu ekipman kullanımı gibi yöntemleri içerir. Ayrıca, çalışanların sağlık durumlarının düzenli olarak izlenmesi, erken teşhis ve müdahale açısından hayati önem taşır.

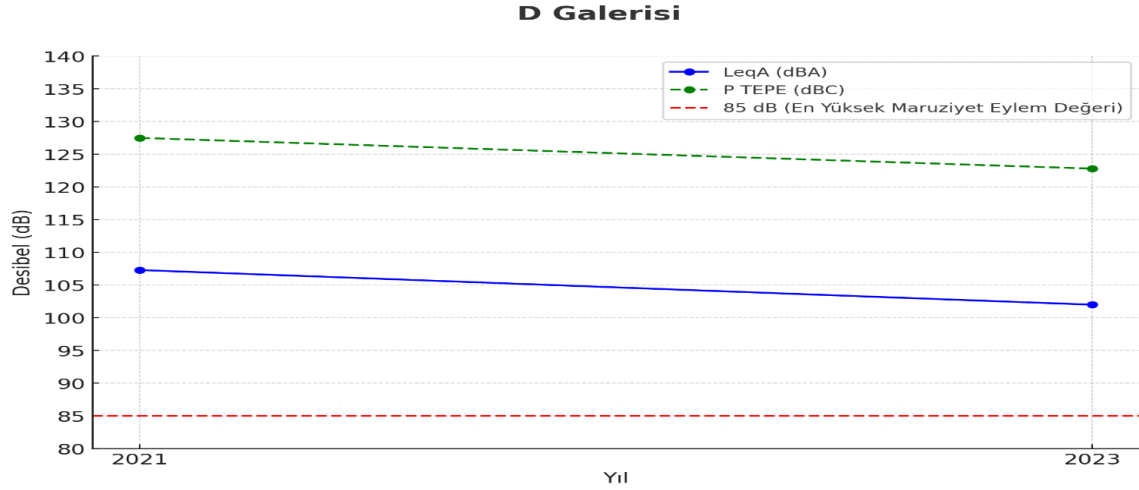
Tablo 33

D Galerisi iç ortam gürültü ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Zemin Bilgileri	Ölçüm Süresi (dk)	LeqA (dBA)	P_{TEPE} (dBC)
2021	D Galerisi	Toprak	5	107,3	127,5
2023	D Galerisi	Toprak	5	102,0	122,8

Tablo 33'de D Galerisi'nde yapılan iç ortam gürültü ölçümlerinde, 2021 yılına kıyasla 2023 yılında hem $LeqA$ hem de P_{TEPE} değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Bu azalma, gürültü kontrol önlemlerinin etkin bir şekilde uygulanmış olabileceğini ve genel gürültü maruziyetinin azaltıldığını göstermektedir. Tüm ölçümler, toprak zemin üzerinde ve 5 dakikalık sürelerle gerçekleştirilmiştir. 2021 yılında yapılan ölçümlerde, $LeqA$ değeri 107,3 dBA ve P_{TEPE} değeri 127,5 dBC olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, 2021 yılında D Galerisi'nde iç ortam gürültü seviyelerinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. 2023

yılında yapılan ölçümlerde ise, $LeqA$ değeri 102,0 dBA ve P_{TEPE} değeri 122,8 dBC olarak belirlenmiştir. Bu veriler, 2023 yılında iç ortam gürültü seviyelerinde belirgin bir azalma olduğunu ortaya koymaktadır. Şekil 14’de D Galerisi $Leq A$ (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiğinde de 2023 yılı için bu düşüş açıkça görülmektedir.



Şekil 14. D Galerisi $Leq A$ (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği

4.1.5. E Galerisi Gürültü Ölçüm Verileri ve Analizi

Tablo 34 ve 35’te E Galerisi’nde ölçümlerde kullanılan cihazların bilgileri verilmiştir. Tablo 36’de ise E Galerisi’nde 2021 ve 2023 yıllarında farklı görev tanımları olan işlerin ölçümleri tablo şeklinde verilmiştir.

Tablo 34

E Galerisi 2021 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Kişisel Maruziyet Gürültü Ölçümü	Dozimetre-811	Svantek-Sv104	31.03.2020	2 Yıl
Doğrulama	Gürültü Kalibratör	Svantek-ND9	07.04.2021	1 Yıl
İç Ortam Gürültü Ölçümü	Ses Basınç Seviyesi Ölçer-604	Svantek-957	31.03.2020	2 Yıl

Tablo 35

E Galerisi 2023 yılı gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Kişisel Maruziyet Gürültü Ölçümü	Dozimetre-811	Svantek-Sv104	27.07.2022	2 Yıl
Doğrulama	Gürültü Kalibratör-601	Svantek-Sv30	31.07.2023	1 Yıl
İç Ortam Gürültü Ölçümü	Ses Basınç Seviyesi Ölçer-604	Svantek-957	22.07.2022	2 Yıl

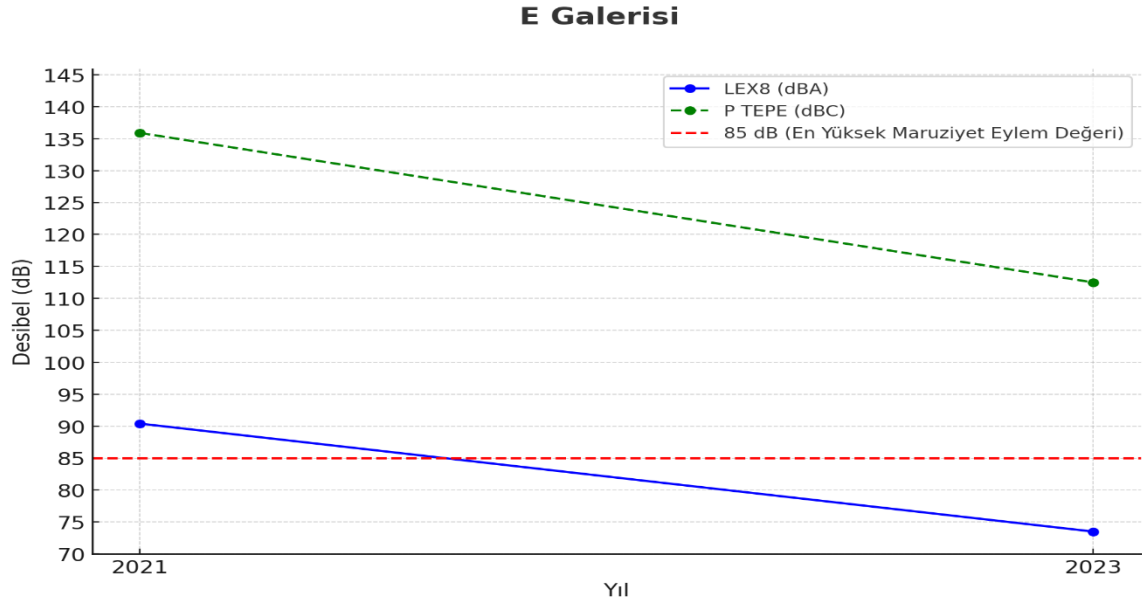
Tablo 36

TS EN ISO 9612-2009 standardına göre E Galerisi görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı/Unvanı	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	K... K...	E Galerisi	Delik Delme İşlemi	180	30	45	90,4	135,9
2023	K... D...	E Galerisi	Maden Çıkarma	180	30	180	73,5	112,5

Tablo 36’da TS EN ISO 9612-2009 standardına göre E Galerisi’nde yapılan görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçları incelendiğinde, 2021 yılında personel K.K. tarafından delik delme işlemi sırasında gerçekleştirilen ölçümlerde, 30 dakikalık ölçüm süresi ve 45 dakikalık maruziyet süresiyle A-ağırlıklama (L_{EX8}) değeri 90,4 dBA ve C-ağırlıklama (P_{TEPE}) değeri 135,9 dBC olarak kaydedilmiştir. 2023 yılında ise personel K.D. tarafından maden çıkarma işlemi sırasında gerçekleştirilen ölçümlerde, 30 dakikalık ölçüm süresi ve 180 dakikalık maruziyet süresiyle A-ağırlıklama (L_{EX8}) değeri 73,5 dBA ve C-

ağırlıklama (P_{TEPE}) değeri 112,5 dBC olarak belirlenmiştir. E Galerisi için L_{EX8} (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği aşağıda verilmiştir.



Şekil 15. E Galerisinde L_{EX8} (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiği

2021 ve 2023 yıllarında E Galerisi'nde sırasıyla delik delme ve maden çıkarma işlemleri esnasında yapılan ölçümler, iş süreçleri ve çalışanların maruz kaldıkları gürültü düzeyleri hakkında bilgi vermektedir. Bu ölçümler her iki işlem sırasında da 30 dakikalık süreçler içinde gerçekleştirilmiş ve çalışanlar 45 dakika boyunca yüksek gürültü seviyelerine maruz bırakılmıştır. Delik delme işlemi sırasında 2021 yılında kaydedilen L_{EX8} değeri 90,4 dBA, P_{TEPE} ise 135,9 dBC olarak ölçülmüştür. Bu değerler çalışanların yüksek gürültü seviyelerinde çalışmalarına bağlı olarak işitme kaybı gibi sağlık sorunları yaşayabileceklerini göstermektedir. 2023 yılında maden çıkarma işlemi sırasında ise L_{EX8} değeri 73,5 dBA, P_{TEPE} ise 112,5 dBC olarak belirlenmiştir. Şekil 15'te E Galerisinde L_{EX8} (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinin değişim grafiğinde görülen, 2023 yılında gürültü maruziyetindeki düşüş, delik delme işleminin maden çıkarma işleminden daha gürültülü bir işlem olması nedeniyle olabilir. 2023 yılında gürültü maruziyetine karşı alınmış önlemlerden dolayı E Galerisi'nde görev tabanlı gürültü maruziyet ölçüm sonuçlarında bir düşüş yaşanma olasılığı da göz ardı edilmemelidir.

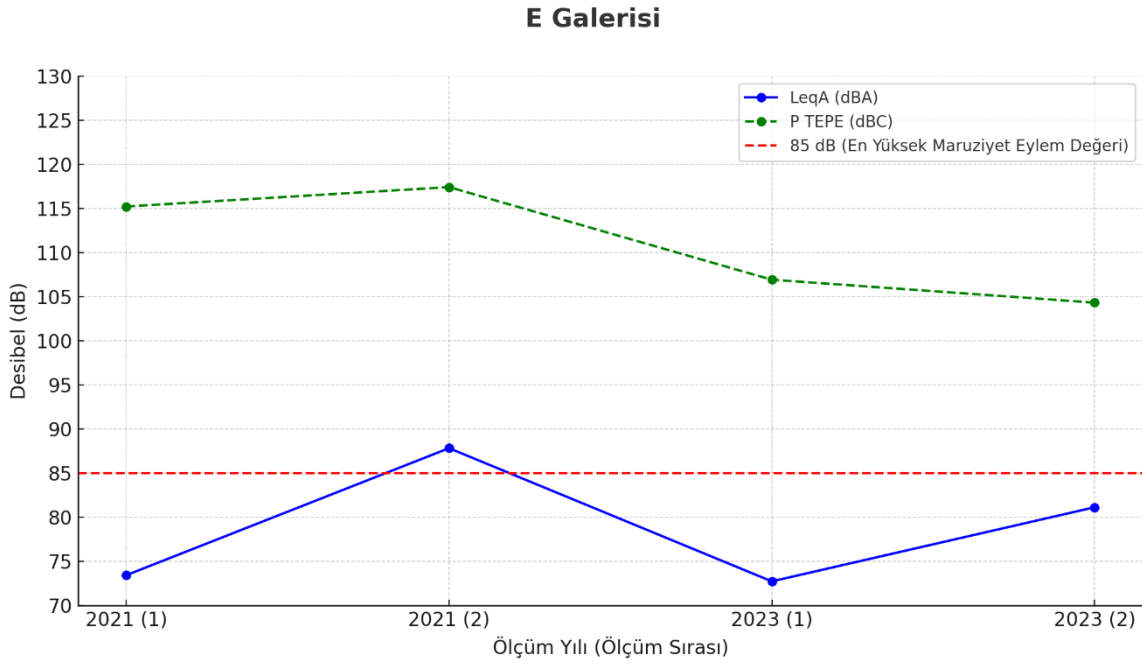
Tablo 37

E Galerisi iç ortam gürültü ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Zemin Bilgileri	Ölçüm Süresi (dk)	LeqA (dBA)	P _{TEPE} (dBC)
2021	E Galerisi	Toprak	5	73,40	115,2
2021	E Galerisi	Toprak	5	87,80	117,4
2023	E Galerisi	Toprak	5	72,7	106,9
2023	E Galerisi	Toprak	5	81,1	104,3

2021 ve 2023 yıllarında E Galerisi'nde gerçekleştirilen iç ortam gürültü ölçüm sonuçları incelendiğinde, LeqA (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerlerinde belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Her iki yılda da ölçümler toprak zemin üzerinde ve 5 dakikalık sürelerle gerçekleştirilmiştir. 2021 yılında yapılan ölçümlerde, LeqA değerleri 73,40 dBA ve 87,80 dBA olarak kaydedilmiştir. Aynı ölçümlerde P_{TEPE} değerleri sırasıyla 115,2 dBC ve 117,4 dBC olarak belirlenmiştir. 2023 yılında yapılan ölçümlerde ise, LeqA değerleri 72,7 dBA ve 81,1 dBA olarak kaydedilmiştir. Bu ölçümlerde P_{TEPE} değerleri sırasıyla 106,9 dBC ve 104,3 dBC olarak belirlenmiştir.

Özetle, Tablo 37'de E Galerisi'nde yapılan iç ortam gürültü ölçümlerinde 2021 yılına kıyasla 2023 yılında hem LeqA hem de P_{TEPE} değerlerinde genel bir azalma gözlenmiştir. Bu değişimler, gürültü maruziyet seviyelerinde yıllar içerisinde belirgin bir düşüş olduğunu göstermektedir. Şekil 16' da bu düşüş grafiğe yansımıştır.



Şekil 16. E Galerisi Leq A (dB) ve P_{TEPE} (dB) değerlerinin değişim grafiği

4.2. Kurşun Madeninin Titreşim Ölçüm Analizi

2021 yılı ve 2023 yılında benzer şekilde, A Galerisi'nde bir adet el-kol titreşim ölçümü, B Galerisi'nde bir adet el-kol titreşim ölçümü ve bir adet tüm vücut titreşim ölçümü, C Galerisi'nde iki adet tüm vücut titreşim ölçümü, D Galerisi'nde bir adet el-kol titreşim ölçümü, E Galerisi'nde bir tane adet el-kol titreşim ölçümü yapılmıştır.

4.2.1. A Galerisi Titreşim Ölçüm Verileri ve Analizi

A Galerisi TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre el kol titreşim ölçüm sonuçlarına ait Tablo 40'da 2021 ve 2023 yıllarına ait ölçüm sonuçları yer almaktadır. Bu ölçümler, Svantek-Dytran üretimi 820 model El Kol Titreşim Aparatı ve 821 model Kalibratör kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihazlar, düzenli kalibrasyonlardan geçirilmiş olup, el kol titreşim ölçümleri TS EN ISO 5349-12 standardına göre yapılmış ve bilgileri Tablo 38 ve 39'da verilmiştir.

Tablo 38

A Galerisi 2021 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
El kol Titreşim	El kol Titreşim Aparatı – 820	Svantek-Dytran	06.08.2019	2 Yıl
Titreşim Kalibratör	Kalibratör – 821	Svantek-SV111	19.09.2020	1 Yıl

Tablo 39

A Galerisi 2023 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar

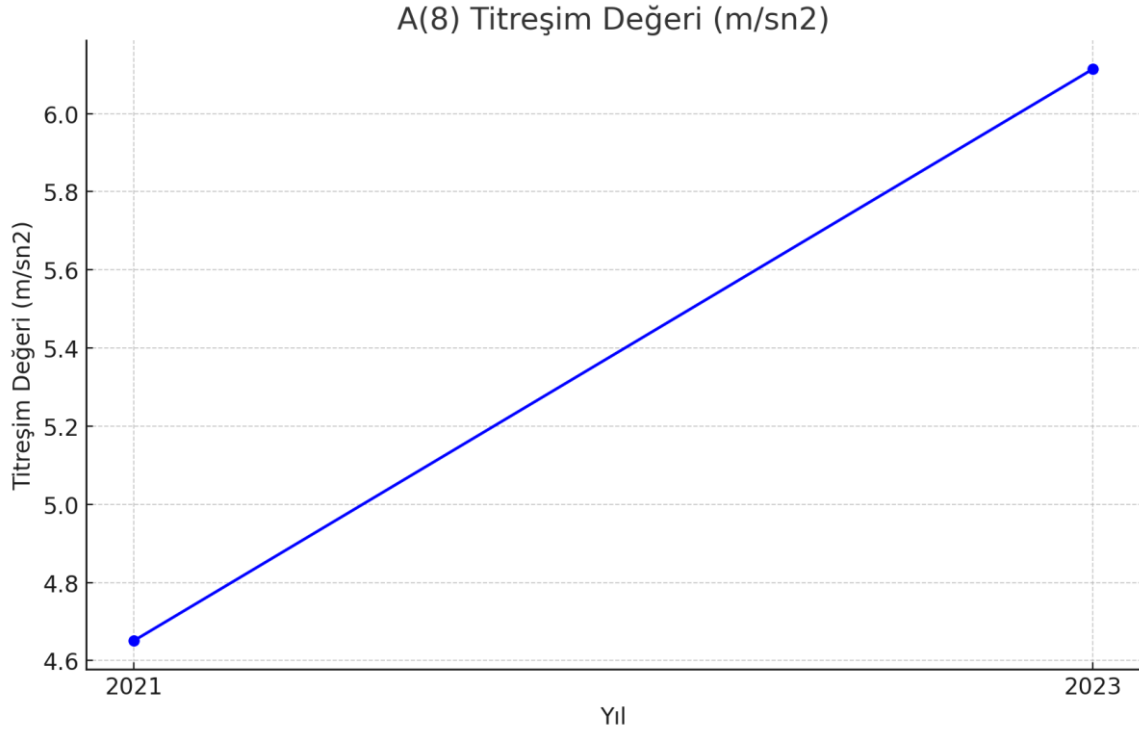
Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
El kol Titreşim	El kol Titreşim Aparatı – 820	Svantek-Dytran	18.03.2022	2 Yıl
Titreşim Kalibratörü	Kalibratör – 821	Svantek-SV111	25.10.2022	1 Yıl
Titreşim	Titreşim Ölçüm Cihazı – 600	Svantek-958	20.11.2021	2 Yıl

Tablo 40

TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre A Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı/Unvanı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Ölçüm Alınan Konum	Maruziyet Süresi (dk)	Ölçüm Süresi (saniye)	RMS Değerleri m/sn ²	A(8) Titreşim Değeri m/sn ²	<MED m/sn ²	<MSD m/sn ²
2021	H... Ç...	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	M... S...	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			

2021 yılı ölçüm sonuçlarında, H. Ç. Adlı personelin A Galerisi'nde havalı tabanca kullanarak sağ elinde yapılan ölçümlerde, 20 saniyelik ölçüm süreleri boyunca X, Y ve Z eksenlerinde titreşim değerleri ölçülmüş ve Tablo 40'da verilmiştir. Aynı şekilde 2023 yılı ölçüm sonuçlarında ise, M. S. isimli yine havalı tabanca kullanan personelin aynı bölümde aynı yöntemle yapılan ölçümlerde 60 saniyelik ölçüm sürelerinde X, Y, Z titreşim değerleri tespit edilmiştir.



Şekil 17. A Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçlarına göre A(8) titreşim değerleri

2021 yılında A Galerisi'nde çalışan H.Ç. adlı hava tabanca kullanan personelin sağ eline yapılan el kol titreşim ölçümleri, TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Ölçüm süresi 20 saniye ve maruziyet süresi 120 dakika olarak kaydedilmiştir. Ölçümler üç ayrı periyotta yapılmış olup, ilk periyotta X, Y ve Z eksenlerinde yapılan hesaplamalarda ortalama RMS değeri X: 6,695 m/s², Y: 4,809 m/s² ve son olarak Z: 4,608 m/s² olarak kaydedilmiştir. Elde edilen bu RMS değerlerine göre; A(8) titreşim değeri 4,651 m/s² olarak hesaplanmış, <MED (Maruziyet Eylem Değeri) ve <MSD (Maruziyet Sınır Değeri) değerleri ise her üç periyot için sırasıyla 2,5 m/s² ve 5 m/s² olarak belirlenmiştir.

2023 yılında ise A Galerisi'nde çalışan M.S. adlı havalı tabanca kullanan personel üzerinde benzer bir ölçüm yapılmıştır. Bu kez ölçüm süresi 60 saniye, maruziyet süresi yine 120 dakika olarak belirlenmiştir. Ölçümler üç ayrı periyotta yapılmış olup, ilk periyotta X, Y ve Z eksenlerinde ortalama RMS hesaplanmıştır. Buna göre sırasıyla X, Y ve Z, 9,18 m/s², 7,122 m/s², 4,879 m/s² olarak hesaplanmıştır. Elde edilen A(8) titreşim değeri bu ölçümler sonucunda 6,114 m/s² olarak tespit edilmiş, <MED ve <MSD değerleri her üç periyot için sırasıyla 2,5 m/s² ve 5 m/s² olarak belirlenmiştir. 2023 yılı ölçümlerinde <MSD değeri 5 m/s²'nin üstünde hesaplanmıştır. Şekil 17'de yıllara göre A Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçlarına göre titreşim değerlerinin çizgi grafiği çizilmiştir.

4.2.2. B Galerisi Titreşim Ölçüm Verileri ve Analizi

B Galerisi TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre el kol titreşim ölçüm sonuçlarına ait 2021 ve 2023 yıllarına ait ölçüm sonuçları yer almaktadır. Cihazlar, düzenli kalibrasyonlardan geçirilmiş olup, el kol titreşim ölçümleri TS EN ISO 5349-12 standardına göre yapılmış ve bilgileri Tablo 41 ve 42'de verilmiştir.

Tablo 41

B Galerisi 2021 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
El kol Titreşim	El kol Titreşim Aparatı – 820	Svantek-Dytran	06.08.2019	2 Yıl
Titreşim Kalibratörü	Kalibratör – 821	Svantek-SV111	19.09.2020	1 Yıl
Tüm Vücut Titreşimi	Tüm Vücut Titreşim Aparatı – 819	Svantek-SV38	21.11.2020	2 Yıl

Tablo 42

B Galerisi 2023 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Tüm Vücut Titreşim	Tüm Vücut Titreşim Aparatı – 819	Svantek-SV38	14.11.2022	2 Yıl
El kol Titreşim	El kol Titreşim Aparatı – 820	Svantek-Dytran	18.03.2022	2 Yıl

Tablo 42'nin devamı

Titreşim Kalibratörü	Kalibratör - 821	Svante SV111	25.10.2022	1 Yıl
Titreşim	Titreşim Ölçüm Cihazı - 600	Svante SV958	20.11.2021	2 Yıl

Tablo 43

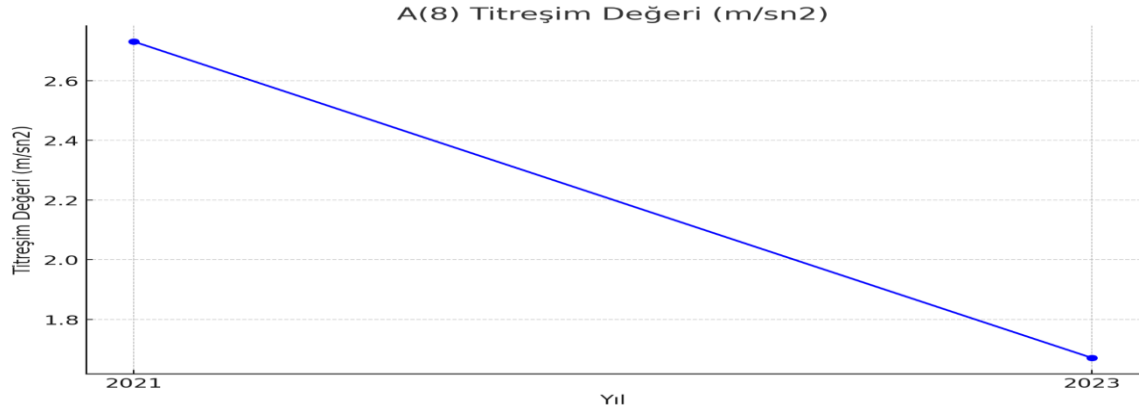
TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre B Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı/ Unvanı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Ölçüm Alınan Konum	Maruziyet Süresi (dk)	Ölçüm Süresi (saniye)	RMS Değerleri m/s ²		A(8) Titreşim Değeri m/s ²	<MED m/s ²	<MSD m/s ²
2021	M... S...	B Galerisi / Ocak Alanı	Sağ El	60	20	X	4,325	2,731	2,5	5
						Y	3,105			
						Z	3,660			
					20	X	7,551			
						Y	2,897			
						Z	5,553			
					20	X	5,395			
						Y	2,773			
						Z	4,198			
2023	R... K...	B Galerisi / Havalı Tabanca	Sağ El	60	30	X	1,190	1,671	2,5	5
						Y	1,505			
						Z	5,035			
					30	X	1,107			
						Y	1,551			
						Z	4,183			
					30	X	1,824			
						Y	2,393			
						Z	5,439			

Tablo 43'teki 2021 yılında, B Galerisi /Ocak Alanı'nda M.S. adlı personelin sağ eline yapılan el kol titreşim ölçümleri şu şekilde gerçekleştirilmiştir: Maruziyet süresi 60 dakika, ölçüm süresi ise 20 saniyedir. X, Y ve Z eksenlerinde yapılan ölçümlerin ortalama RMS değerleri sırasıyla 5,911 m/s², 2,928 m/s² ve 4,541 m/s² olarak hesaplanmıştır. Bu ölçümlere göre elde edilen A(8) titreşim değeri 60 dakika için 2,731 m/s²'dir.

2023 yılında, B Galerisi'nde havalı tabanca kullanarak çalışan R.K. adlı personelin sağ eline yapılan el kol titreşim ölçümleri aşağıdaki şekildedir: Ölçüm süresi 30 saniye ve maruziyet süresi 60 dakikadır. Ölçümler X, Y ve Z eksenlerinde yapılmış olup, ilk ölçüm periyodunda X ekseninde 1,190 m/s², Y ekseninde 1,505 m/s², ve Z ekseninde 5,035 m/s² RMS değerleri kaydedilmiştir. İkinci periyotta X ekseninde 1,107 m/s², Y ekseninde 1,551

m/s², ve Z ekseninde 4183 m/s²; üçüncü periyotta ise X ekseninde 1,824 m/s², Y ekseninde 2,393 m/s², ve Z ekseninde 5,439 m/s² değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre ortalama RMS değeri X için 1,410 m/s² Y ve Z için sırasıyla 1,862 m/s², 4,914 m/s²'dir. Bu ölçümlere dayanarak elde edilen A(8) titreşim değeri 1,671 m/s² olarak hesaplanmıştır. Şekil 18'de B Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçlarına göre A(8) titreşim değerinin yıllara göre değişim grafiği verilmiştir.

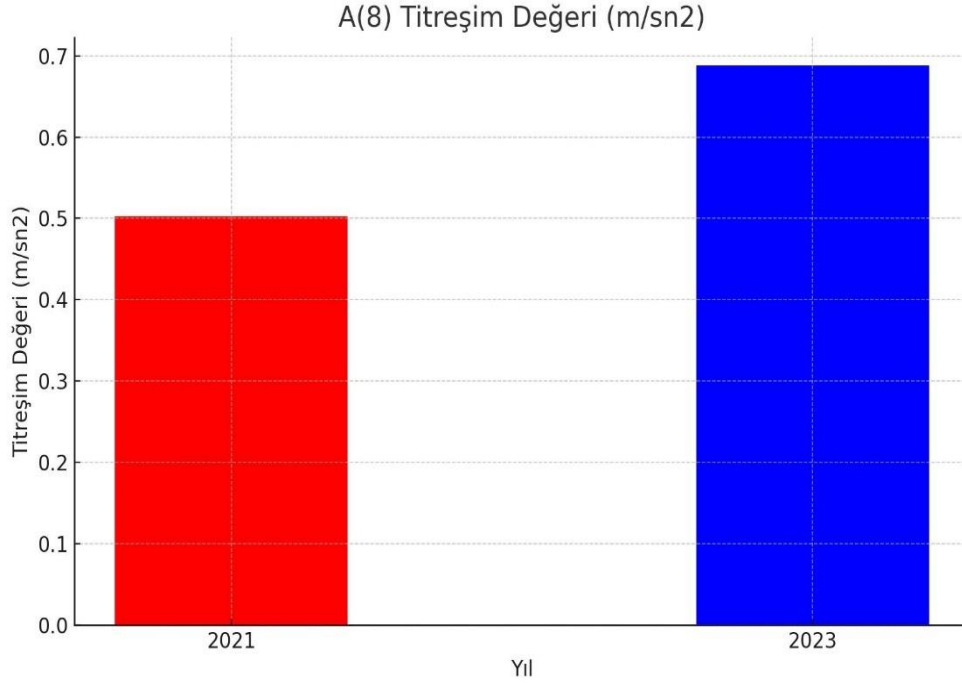


Şekil 18. B Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçlarına göre A(8) titreşim değerleri

Tablo 44

TS EN 1032 + TS ISO 2631 A1 standardına göre B Galerisi tüm vücut titreşim ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı/Unvanı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Ölçüm Alınan Konum	Maruziyet Süresi(dk)	Ölçüm Süresi (dk)	RMS Değerleri m/sn ²	A(8) Titreşim Değeri m/sn ²	<MED m/sn ²	<MSD m/sn ²
2021	İ... İ...	B Galerisi / Nakliye	Oturarak	60	3	X 0,472	0,503	0,5	1,15
						Y 0,328			
						Z 0,438			
					3	X 0,614			
						Y 0,393			
						Z 0,464			
					3	X 0,658			
						Y 0,386			
						Z 0,490			
2023	A... Ş...	B Galerisi / Traktör	Operatör Koltuğu	60	3	X 0,694	0,688	0,5	1,15
						Y 0,577			
						Z 0,820			
					3	X 0,868			
						Y 0,647			
						Z 0,942			
					3	X 0,836			
						Y 0,665			
						Z 0,923			



Şekil 19. TS EN 1032 + TS ISO 2631 A1 standardına göre B Galerisi tüm vücut titreşim ölçüm sonuçlarına göre A(8) titreşim değerleri

2021 yılında B Galerisi'nde, nakliye işi için yapılan tüm vücut titreşim ölçümleri, İ.İ. adlı personel üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler oturur pozisyonda 60 dakika süreyle yapılmış olup, her ölçüm periyodu 3 dakika olarak kaydedilmiştir. Üç periyotta X, Y ve Z eksenlerindeki RMS değerleri sırasıyla şunlardır: İlk periyotta X ekseninde 0,472 m/s², Y ekseninde 0,328 m/s² ve Z ekseninde 0,438 m/s²; ikinci periyotta X ekseninde 0,614 m/s², Y ekseninde 0,393 m/s² ve Z ekseninde 0,464 m/s²; üçüncü periyotta ise X ekseninde 0,658 m/s², Y ekseninde 0,386 m/s² ve Z ekseninde 0,490 m/s² olarak ölçülmüştür. Elde edilen A(8) titreşim değeri 0,503 m/s² olarak hesaplanmış, <MED ve <MSD değerleri ise sırasıyla 0,05 m/s² ve 1,15 m/s² olarak belirlenmiştir.

2023 yılında B Galerisi bölümünde A.Ş. adlı personel üzerinde yapılan benzer ölçümler, Traktör kullanırken operatör koltuğunda 60 dakika süreyle ve her ölçüm periyodu 3 dakika olarak gerçekleştirilmiştir. Üç periyotta X, Y ve Z eksenlerindeki RMS değerleri sırasıyla şunlardır: İlk periyotta X ekseninde 0,694 m/s², Y ekseninde 0,577 m/s² ve Z ekseninde 0,820 m/s²; ikinci periyotta X ekseninde 0,868 m/s², Y ekseninde 0,647 m/s² ve Z ekseninde 0,942 m/s²; üçüncü periyotta ise X ekseninde 0,836 m/s², Y ekseninde 0,665 m/s²

ve Z ekseninde 0,923 m/s² olarak ölçülmüştür. Elde edilen A(8) titreşim değeri 0,688 m/s² olarak hesaplanmış ve kaydedilmiştir. Tablo 44’te bu bilgiler tablo halinde verilmiştir. Ayrıca Şekil 19’da TS EN 1032 + TS ISO 2631 A1 standardına göre B Galerisi tüm vücut titreşim ölçüm sonuçlarına göre A(8) titreşim değerlerindeki değişim sütun grafik şeklinde yıllara göre değişimi gösterilmiştir.

4.2.3. C Galerisi Titreşim Ölçüm Verileri ve Analizi

C Galerisi’nde TS EN 1032 + TS ISO 2631 A1 standardına göre 2021 ve 2023 yılları tüm vücut titreşim ölçüm sonuçları Tablo 47’de yer almaktadır. Cihazlar, düzenli kalibrasyonlardan geçirilmiş olup, bilgileri Tablo 45 ve 46’da verilmiştir.

Tablo 45

C Galerisi 2021 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Tüm Vücut Titreşim	Tüm Vücut Titreşim Aparatı - 819	Svante SV38	21.11.2020	2 Yıl
Titreşim Kalibratör	Kalibratör - 821	Svante SV111	19.09.2020	1 Yıl

Tablo 46

C Galerisi 2023 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
Tüm Vücut Titreşim	Tüm Vücut Titreşim Aparatı - 819	Svante SV38	14.11.2022	2 Yıl
Titreşim Kalibratörü	Kalibratör - 821	Svante SV111	25.10.2022	1 Yıl
Titreşim	Titreşim Ölçüm Cihazı - 600	Svante 958	20.11.2021	2 Yıl

Tablo 47

TS EN 1032 + TS ISO 2631 A1 standardına göre C Galerisi tüm vücut titreşim ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı/Unvanı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Ölçüm Alınan Konum	Maruziyet Süresi (dk)	Ölçüm Süresi (dk)	RMS Değerleri m/sn ²		A(8) Titreşim Değeri m/sn ²	<MED m/sn ²	<MSD m/sn ²
2021	A... U...	C Galerisi / Jumbo	Operatör Koltuğu	120	3	X	0,168	0,221	0,5	1,15
						Y	0,129			
						Z	0,379			
					3	X	0,034			
						Y	0,054			
						Z	0,163			
					3	X	0,050			
						Y	0,058			
						Z	0,156			
2021	A... E...	C Galerisi / Kepçe	Operatör Koltuğu	120	3	X	0,377	0,491	0,5	1,15
						Y	0,273			
						Z	0,350			
					3	X	0,330			
						Y	0,221			
						Z	0,372			
					3	X	0,490			
						Y	0,330			
						Z	0,334			
2023	M... E...	C Galerisi / Jumbo	Operatör Koltuğu	120	3	X	0,041	0,142	0,5	1,15
						Y	0,039			
						Z	0,184			
					3	X	0,057			
						Y	0,038			
						Z	0,165			
					3	X	0,057			
						Y	0,034			
						Z	0,141			
2023	R... A...	C Galerisi / Kepçe	Operatör Koltuğu	120	3	X	0,673	0,741	0,5	1,15
						Y	0,598			
						Z	0,856			
					3	X	0,497			
						Y	0,643			
						Z	0,864			
					3	X	0,582			
						Y	0,592			
						Z	0,816			

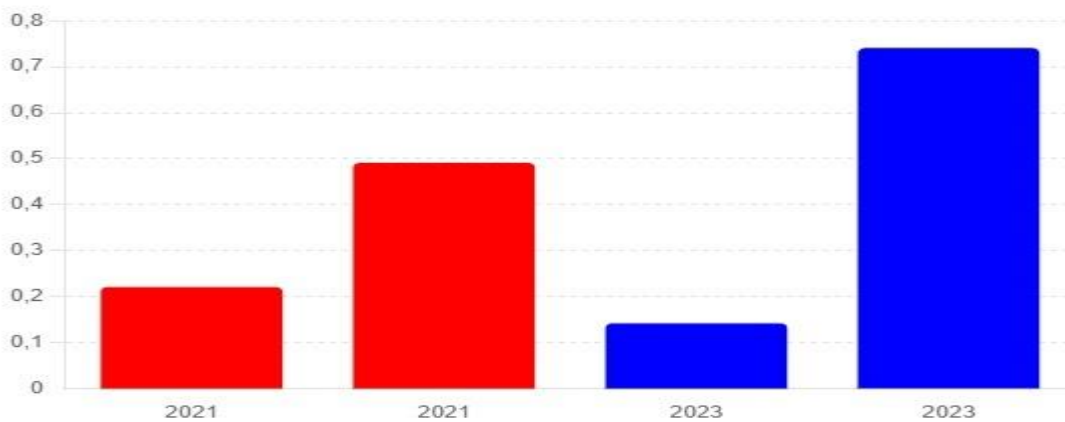
2021 yılında C Galerisi'nde, Jumbo ve Kepçe operatör koltuklarında yapılan tüm vücut titreşim ölçümleri sonuçları Tablo 47'e göre aşağıda detaylandırılmıştır:

Jumbo operatörü A.U. için yapılan ölçümler, üç periyot boyunca gerçekleştirilmiştir. Her periyot 3 dakika süreyle ve toplam maruziyet süresi 120 dakika olarak kaydedilmiştir.

X ekseninde sırasıyla 0,168, 0,034 ve 0,050 m/s²; Y ekseninde 0,129, 0,054 ve 0,058 m/s²; Z ekseninde ise 0,379, 0,163 ve 0,156 m/s² RMS değerleri ölçülmüştür. A(8) titreşim değeri 0,221 m/s² olarak hesaplanmış, <MED ve <MSD değerleri ise 0.05 m/s² ve 1.15 m/s² olarak belirlenmiştir. Yine 2021 yılında kepçe operatörü A.E. için yapılan ölçümlerde, X ekseninde sırasıyla 0,377, 0,330 ve 0,490 m/s²; Y ekseninde 0,273, 0,221 ve 0,330 m/s²; Z ekseninde ise 0,350, 0,372 ve 0,334 m/s² RMS değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümlere dayanarak elde edilen A(8) titreşim değeri 0,491 m/s² olarak kaydedilmiştir.

2023 yılında C Galerisi'nde benzer ölçümler tekrarlanmıştır: C Galerisi'nde Jumbo operatörü olarak çalışan M.E. için üç periyotta yapılan ölçümler sonucunda, X ekseninde 0,041, 0,057 ve 0,057 m/s²; Y ekseninde 0,039, 0,038 ve 0,034 m/s²; Z ekseninde ise 0,184, 0,165 ve 0,141 m/s² RMS değerleri elde edilmiştir. A(8) titreşim değeri 0.142 m/s² olarak hesaplanmış, <MED ve <MSD değerleri 0,05 m/s² ve 1,15 m/s² olarak belirlenmiştir. Kepçe operatörü olarak görev yapan R.A. için yapılan ölçümlerde ise, X ekseninde sırasıyla 0,673, 0,497 ve 0,582 m/s²; Y ekseninde 0,598, 0,643 ve 0,592 m/s²; Z ekseninde 0,856, 0,864 ve 0,816 m/s² RMS değerleri ölçülmüştür. Elde edilen A(8) titreşim değeri 0,741 m/s² olarak hesaplanmıştır. Şekil 20'de TS EN 1032 + TS ISO 2631 A1 standardına göre C Galerisi tüm vücut titreşim ölçüm sonuçlarına göre A(8) titreşim değerlerinde 2023 yılında bir artış söz konusudur. Ancak bu yükseliş 1,15 m/s² olan MSD değerinin altında bir değer olarak kaydedilmiştir.

A(8) Titreşim Değeri (M/Sn2)



Şekil 20. TS EN 1032 + TS ISO 2631 A1 standardına göre C Galerisi tüm vücut titreşim ölçüm sonuçlarına göre A(8) titreşim değerleri

4.2.4. D Galerisi Titreşim Ölçüm Verileri ve Analizi

D Galerisi TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre el kol titreşim ölçüm sonuçlarına ait 2021 ve 2023 yıllarına ait bilgiler yer almaktadır. Cihazlar, düzenli kalibrasyonlardan geçirilmiş olup, el kol titreşim ölçümleri TS EN ISO 5349-12 standardına göre yapılmış ve cihaz bilgileri Tablo 48 ve 49’da verilmiştir.

Tablo 48

D Galerisi 2021 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
El kol Titreşim	El kol Titreşim Aparatı – 820	Svantek-Dytran	06.08.2019	2 Yıl
Titreşim Kalibratör	Kalibratör - 821	Svantek-SV111	19.09.2020	1 Yıl

Tablo 49

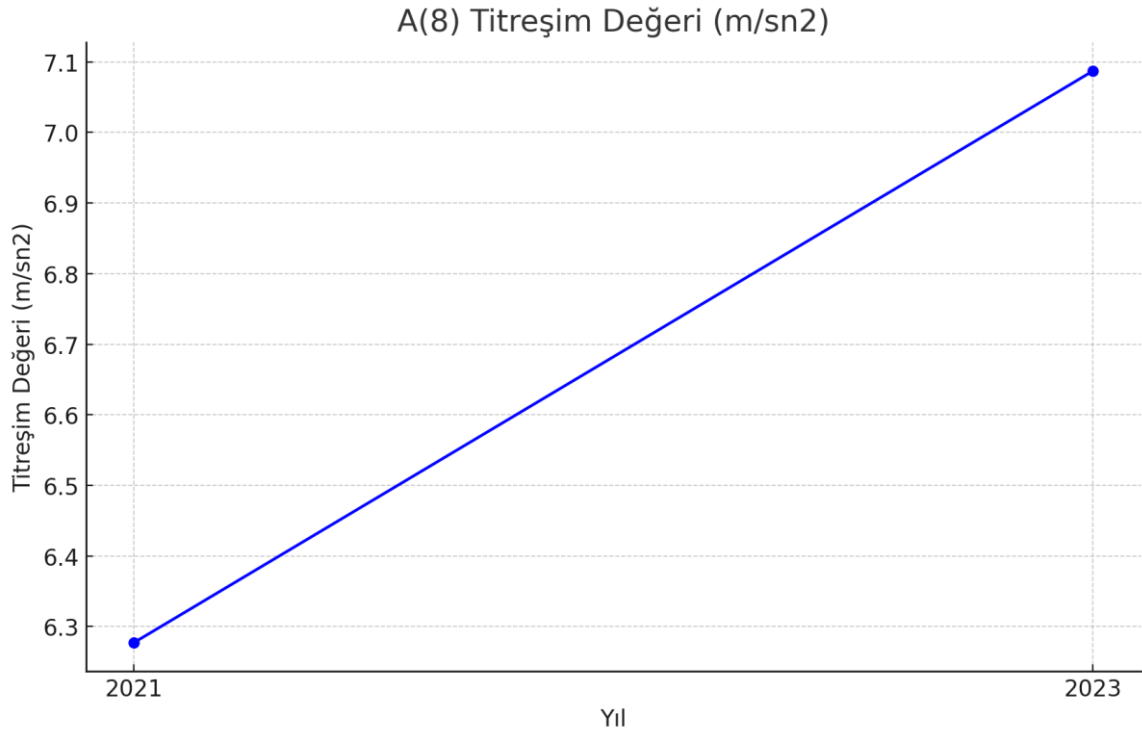
D Galerisi 2023 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
El kol Titreşim	El kol Titreşim Aparatı – 820	Svantek-Dytran	18.03.2022	2 Yıl
Titreşim Kalibratörü	Kalibratör - 821	Svantek-SV111	25.10.2022	1 Yıl
	Titreşim Ölçüm Cihazı - 600	Svantek-958	20.11.2021	2 Yıl

Tablo 50

TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre D Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı/Unvanı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Ölçüm Alınan Konum	Maruziyet Süresi (dk)	Ölçüm Süresi (saniye)	RMS Değerleri m/sn ²	A(8) Titreşim Değeri m/sn ²	<MED m/sn ²	<MSD m/sn ²
2021	S... K...	D Galerisi/ Havalı Tabanca	Sağ El	120	20	X 8,482	6,277	2,5	5
						Y 8,760			
						Z 4,915			
					20	X 9,005			
						Y 8,882			
						Z 5,514			
					20	X 8,902			
						Y 6,630			
						Z 3,767			
2023	N... B...	D Galerisi/ Havalı Tabanca	Sağ El	120	60	X 12,868	7,087	2,5	5
						Y 8,091			
						Z 8,680			
					60	X 7,286			
						Y 6,839			
						Z 5,669			
					60	X 9,131			
						Y 8,760			
						Z 4,737			

Şekil 21. TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre D Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçları
A (8) titreşim değerleri

Tablo 50’de belirtilen TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre D Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçlarına göre ;2021 yılında D Galerisi'nde, havalı tabanca kullanımı ile yapılan el kol titreşim ölçümleri personel S. K. adına gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, 120 dakika süresince ve her periyot için 20 saniye olarak yapılmıştır. X, Y ve Z eksenlerinde yapılan ölçümler üç ayrı periyotta kaydedilmiştir. İlk periyotta X ekseninde 8,482 m/s², Y ekseninde 8,760 m/s², ve Z ekseninde 4,915 m/s² RMS değerleri ölçülmüştür. İkinci periyotta bu değerler X ekseninde 9,005 m/s², Y ekseninde 8,882 m/s², ve Z ekseninde 5,514 m/s² olarak kaydedilmiş, üçüncü periyotta ise X ekseninde 8,902 m/s², Y ekseninde 6,630 m/s², ve Z ekseninde 3,767 m/s² olarak ölçülmüştür. Elde edilen A(8) titreşim değeri 6,277 m/s² olarak hesaplanmış, MED ve MSD değerleri ise sırasıyla 2,5 m/s² ve 5 m/s² olarak belirlenmiştir.

2023 yılında aynı lokasyonda N. B. çalışanı için yapılan ölçümler, maruziyet süresinin 120 dakika ve her periyotun süresinin 60 saniye olduğu bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Üç periyotta elde edilen RMS değerleri X ekseninde sırasıyla 12,868, 7,286, ve 9,131 m/s²; Y ekseninde 8,091, 6,839, ve 8,760 m/s²; Z ekseninde ise 8,680, 5,669, ve 4,737 m/s² olarak ölçülmüştür. Bu ölçümlere dayanarak elde edilen A(8) titreşim değeri 7,087 m/s² olarak hesaplanmış, MED ve MSD değerleri ise her iki yıl için de sabit kalarak 2,5 m/s² ve 5 m/s² olarak kaydedilmiştir. Bu ölçümlerde Şekil 21’deki grafikte görüldüğü gibi, 2021 ve 2023 yılı için MSD değerleri için belirlenen 5 m/s²’nin elde edilen ölçümler üzerinde seyretmektedir.

4.2.5. E Galerisi Titreşim Ölçüm Verileri ve Analizi

E Galerisi TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre el kol titreşim ölçüm sonuçlarına ait 2021 ve 2023 yıllarına ait bilgiler yer almaktadır. Cihazlar, düzenli kalibrasyonlardan geçirilmiş olup, el kol titreşim ölçümleri TS EN ISO 5349-12 standardına göre yapılmış ve cihaz bilgileri Tablo 51 ve 52’de verilmiştir.

Tablo 51

E Galerisi 2021 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
El kol Titreşim	El kol Titreşim Aparatı – 820	SvanteK-Dytran	06.08.2019	2 Yıl
Titreşim Kalibratö	Kalibratör - 821	SvanteK-SV111	19.09.2020	1 Yıl

Tablo 52

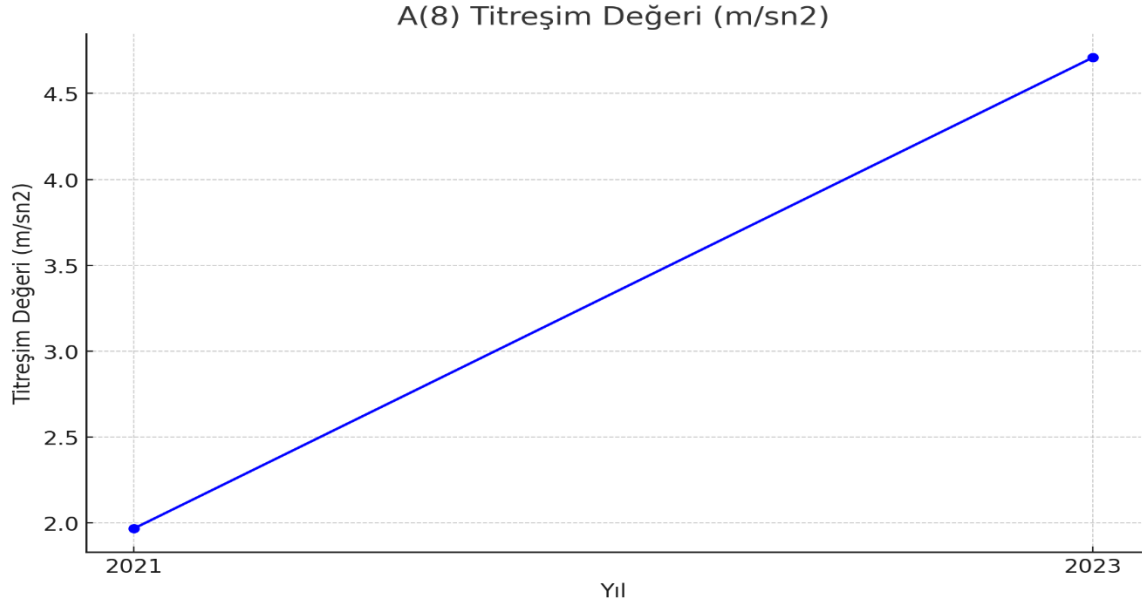
E Galerisi 2023 yılı titreşim ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon Periyodu
El kol Titreşim	El kol Titreşim Aparatı – 820	SvanteK-Dytran	18.03.2022	2 Yıl
Titreşim Kalibratörü	Kalibratör - 821	SvanteK-SV111	25.10.2022	1 Yıl
Titreşim	Titreşim Ölçüm Cihazı - 600	SvanteK-958	20.11.2021	2 Yıl

Tablo 53

TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre E Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı/Unvanı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Ölçüm Alınan Konum	Maruziyet Süresi (dk)	Ölçüm Süresi (saniye)	RMS Değerleri m/sn ²		A(8) Titreşim Değeri m/sn ²	<MED m/sn ²	<MSD m/sn ²
2021	M... Ö...	E Galerisi/ Delik Delme	Sağ El	45	20	X	12,700	4,710	2,5	5
						Y	8,138			
						Z	13,614			
					20	X	9,605			
						Y	4,121			
						Z	8,600			
					20	X	9,141			
						Y	3,762			
						Z	7,870			
2023	K... D...	E Galerisi/ Havalı Tabanca	Sağ El	60	30	X	2,110	1,967	2,5	5
						Y	2,790			
						Z	2,780			
					30	X	1,940			
						Y	2,990			
						Z	3,850			
					30	X	2,030			
						Y	4,790			
						Z	4,980			



Şekil 22. TS EN ISO 5349-1,2 standardına göre E Galerisi el kol titreşim ölçüm sonuçları A(8) titreşim değerleri

2021 yılında, E Galerisi'nde delik delme işlemi sırasında M.Ö. adlı personelin sağ eline yapılan el kol titreşim ölçümleri şu şekilde açıklanabilir. Tablo 53'de görüldüğü gibi ölçüm süresi her periyot için 20 saniye, toplam maruziyet süresi ise 45 dakika olarak belirlenmiştir. Ölçümler üç periyotta gerçekleştirilmiş ve X, Y, Z eksenlerindeki RMS değerleri sırasıyla belirtilmiştir: İlk periyotta X ekseninde 12,700 m/s², Y ekseninde 8,138 m/s² ve Z ekseninde 13,614 m/s²; ikinci periyotta X ekseninde 9,605 m/s², Y ekseninde 4,121 m/s² ve Z ekseninde 8,600 m/s²; üçüncü periyotta ise X ekseninde 9,141 m/s², Y ekseninde 3,762 m/s² ve Z ekseninde 7,870 m/s² olarak kaydedilmiştir. Bu ölçümlerden elde edilen A(8) titreşim değeri 4,710 m/s² olarak hesaplanmış, Şekil 22'de grafik halinde verilmiştir. MED ve MSD değerleri ise sırasıyla 2,5 m/s² ve 5 m/s² olarak belirlenmiştir.

2023 yılında, E Galerisi'nde Havalı Tabanca kullanımı sırasında K.D. adlı personel üzerinde yapılan benzer ölçümlerle ilgili veriler şunlardır: Ölçüm süresi her periyot için 30 saniye, toplam maruziyet süresi 60 dakika olarak gerçekleştirilmiştir. Üç periyotta elde edilen RMS değerleri X, Y, Z eksenlerinde sırasıyla ilk periyotta X ekseninde 2,110 m/s², Y ekseninde 2,790 m/s² ve Z ekseninde 2,780 m/s²; ikinci periyotta X ekseninde 1,940 m/s², Y

ekseninde 2,990 m/s² ve Z ekseninde 3,850 m/s²; üçüncü periyotta ise X ekseninde 2,030 m/s², Y ekseninde 4,790 m/s² ve Z ekseninde 4,980 m/s² olarak ölçülmüştür. Elde edilen A(8) titreşim değeri 1,967 m/s² olarak hesaplanmış, MED ve MSD değerleri her iki ölçüm yılı için sabit kalarak sırasıyla 2,5 m/s² ve 5 m/s² olarak kaydedilmiştir.

4.3. Kurşun Madeninin Toz Ölçüm Analizi

Marmara bölgesinde yer alan kurşun madenin de galerilerde yapılan toz maruziyet ölçümleri 2021 yılı ve 2023 yılında benzer şekilde, A Galerisi'nde bir adet kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçümü ve bir adet ortam solunabilir toz maruziyeti ölçümü, B Galerisi'nde bir adet kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçümü ve bir adet ortam solunabilir toz maruziyeti ölçümü, C Galerisi'nde iki adet kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçümü ve üç adet ortam solunabilir toz maruziyeti ölçümü, D Galerisi'nde bir adet kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçümü ve bir adet ortam solunabilir toz maruziyeti ölçümü, E Galerisi'nde bir adet kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçümü ve iki adet ortam solunabilir toz maruziyeti ölçümü yapılmıştır.

4.3.1. A Galerisi Toz Ölçüm Verileri ve Analizi

Yapılan ölçümlerde 2021 ve 2023 yılı için kullanılan cihazların modelleri ve kalibrasyon tarihleri aşağıdaki Tablo 54 ve 55'de verilmiştir.

Tablo 54

A Galerisi 2021 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon/ Doğrulama Tarihi	Kalibrasyon/ Doğrulama Periyodu
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-807	Gilian BDX	04.03.2021	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-833	Gilian Air5	04.03.2021	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-834	Gilian BDXII	04.03.2021	1 Yıl
Doğrulama	İkincil Kalibratör-809	Dwayer	04.03.2021	1 Yıl
Doğrulama	Birincil Kalibratör-808	Zefon DG5	28.01.2021	1 Yıl

Tablo 55

A Galerisi 2023 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon/ Doğrulama Tarihi	Kalibrasyon/ Doğrulama Periyodu
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-804	Buck Libra LP05	01.03.2023	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-805	Buck Libra LP05	01.03.2023	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-834	Gilian BD XII	01.03.2023	1 Yıl
Doğrulama	İkincil Kalibratör-809	Dwayer	01.03.2023	1 Yıl
Doğrulama	Birincil Kalibratör-808	Zefon DG5	01.08.2023	1 Yıl

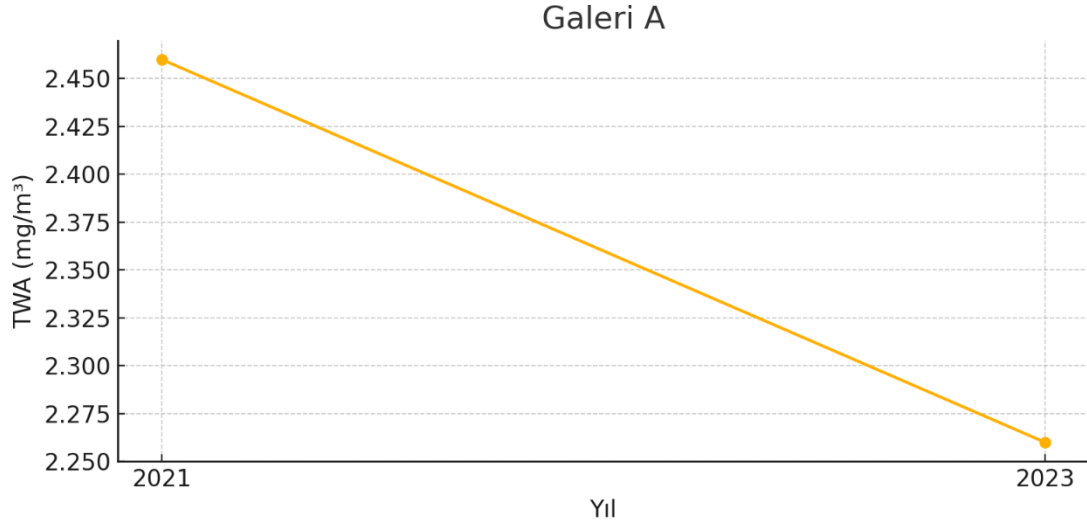
Tablo 56

A Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Gerçekleştirilen İşler	KKD	Havalandırma	Tozun Cinsi	Ölçüm Süresi (dk)	Maruziyet Süresi (dk)	TWA (mg/m ³)	Sınır Değer (mg/m ³)
2021	H... Ç...	A Galerisi	Delik Delme İşlemi	+	+	İnert veya İstenmeyen	120	375	2,46	5,00
2023	M... S...	A Galerisi	Maden çıkarma	+	+	İnert veya İstenmeyen	120	390	2,26	5,00

Tablo 56’da MDHS 14/3 standardına göre A Galerisi’nde yapılan kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre, 2021 yılında H.Ç. isimli personelin delik delme işlemi sırasında ölçüm süresi 120 dakika, maruziyet süresi 375 dakika olarak belirlenmiş

olup, TWA (A-ağırlıklama) değeri $2,46 \text{ mg/m}^3$ ve sınır değeri $5,00 \text{ mg/m}^3$ olarak kaydedilmiştir. 2023 yılında ise M.S. isimli personelin maden çıkarma işlemi sırasında ölçüm süresi 120 dakika, maruziyet süresi 390 dakika olarak belirlenmiş olup, TWA değeri $2,26 \text{ mg/m}^3$ ve sınır değeri $5,00 \text{ mg/m}^3$ olarak kaydedilmiştir. Her iki yılda da KKD ve havalandırma kullanılmış olup, tozun cinsi inert veya istenmeyen olarak sınıflandırılmıştır.



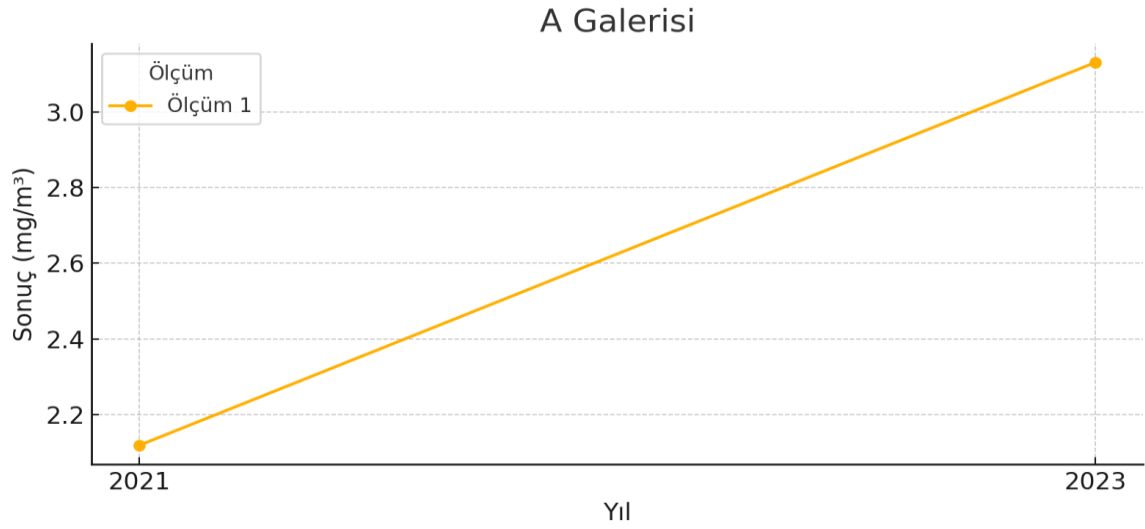
Şekil 23. A Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları toz ölçümü değişim grafiği

Şekil 23'teki grafikte zaman ağırlıklı ortalama değer ölçümünde, H.Ç. adlı çalışan, delik delme işlemi sırasında $2,46 \text{ mg/m}^3$ toz konsantrasyonuna maruz kaldığı anlaşılmaktadır. Bu değer, belirlenen sınır değeri $5,00 \text{ mg/m}^3$ 'nin altında olduğu ölçülmüştür. Ancak, toz maruziyeti süresinin uzunluğu, tozun solunum yoluyla alınma riskini artırabilir. Bu nedenle, kişisel koruyucu ekipman kullanımının yanı sıra iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliklerine uygun şekilde havalandırma sistemlerinin etkin kullanımı önem taşımaktadır. 2023 yılında M.S. adlı çalışan, maden çıkarma işlemi sırasında $2,26 \text{ mg/m}^3$ toz konsantrasyonuna maruz kalmıştır. Bu değer de 2021 yılında olduğu gibi sınır değerinin altındadır. Maruziyet süresi 15 dk kadar daha uzun olmakla birlikte, tozun solunum yoluyla alınma riskini artırabilir. Bu tür durumlarda, maruziyet süresinin yanı sıra maruz kalınan tozun cinsi ve havalandırma gibi kontrol mekanizmalarının düzenli olarak gözden geçirilmesi gerekmektedir. Her iki durumda da, ölçülen değerlerin sınır değerinin altında olması olumlu bir durum olarak değerlendirilebilir; ancak madencilik gibi yüksek risk taşıyan sektörlerde sürekli monitorizasyon ve iyileştirme çalışmaları büyük önem taşır.

Tablo 57

A Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Gerçekleştirilen İşler	KKD	Havalandırma	Ölçüm Süresi (dk)	Sonuç (mg/m ³)
2021	A Galerisi	Yükleme - Delik Delme	+	+	15	2,12
2023	A Galerisi	Maden Çıkarma	+	+	15	3,13



Şekil 24. A Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre toz ölçümü değişim grafiği

2021 yılında, A Galerisi'nde yükleme ve delik delme işlemleri sırasında yapılan 15 dakikalık bir ölçümde 2,12 mg/m³ toz konsantrasyonu tespit edilmiştir. Bu yüksek toz üretimi, işin doğası gereği beklenen bir durumdur. KKD kullanımı ve havalandırma sistemlerinin kullanımı çalışan sağlığını korumada kritik bir rol oynar. Ancak, bu tür kısa süreli ölçümler genel maruziyet profilini tam olarak yansıtmayabilir. 2023 yılında, maden çıkarma işlemi sırasında yapılan benzer bir 15 dakikalık ölçümde ise 3,13 mg/m³ toz konsantrasyonu tespit edilmiştir, bu da 2021 yılına kıyasla daha yüksek bir toz maruziyetini göstermektedir. Madencilik sektöründe toz seviyelerinin yüksek olması beklendiğinden, alınan önlemlerin etkinliği ve yeterliliği iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük önem taşır.

Bu ölçüm sonuçları, ortamın tozlu olabileceğini ve uygun havalandırma ile KKD kullanımının gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, madencilik sektöründe sürekli maruziyet takibi ve risk yönetimi, çalışan sağlığı açısından kritik öneme sahiptir.

4.3.2. B Galerisi Toz Ölçüm Verileri ve Analizi

Yapılan ölçümlerde 2021 ve 2023 yılı için kullanılan cihazların modelleri ve kalibrasyon tarihleri aşağıdaki Tablo 58 ve 59’da verilmiştir.

Tablo 58

B Galerisi 2021 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon/Doğrulama Tarihi	Kalibrasyon/Doğrulama Periyodu
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-802	Buck Libra LP05	04.03.2021	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-832	Gilian Air5	04.03.2021	1 Yıl
Doğrulama	İkincil Kalibratör-809	Dwayer	04.03.2021	1 Yıl
Doğrulama	Birincil Kalibratör-808	Zefon DG5	28.01.2021	1 Yıl

Tablo 59

B Galerisi 2023 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon/Doğrulama Tarihi	Kalibrasyon/Doğrulama Periyodu
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-802	Buck Libra LP05	01.03.2023	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-833	Gilian Air5	01.03.2023	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-834	Gilian BD XII	01.03.2023	1 Yıl

Tablo 59'un devamı

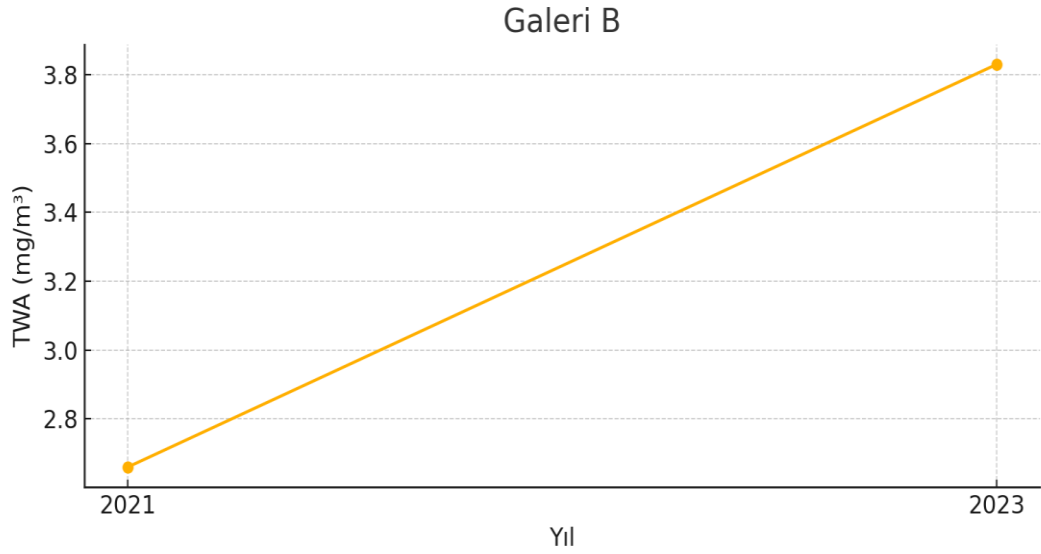
Doğrulama	İkincil Kalibratör-809	Dwayer	01.03.2023	1 Yıl
Doğrulama	Birincil Kalibratör-808	Zefon DG5	01.08.2023	1 Yıl

Tablo 60

B Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Gerçekleştirilen İşler	KKD	Havalandırma	Tozun Cinsi	Ölçüm Süresi (dk)	Maruziyet Süresi (dk)	TWA (mg/m ³)	*Sınır Değer (mg/m ³)
2021	M... S...	B Galerisi	Delik Delme İşlemi	+	+	İnert veya İstenmeyen	120	375	2,66	5,00
2023	R... K...	B Galerisi	Maden çıkarma	+	+	İnert veya İstenmeyen	120	390	3,83	5,00

Tablo 60' da belirtilen MDHS 14/3 standardına göre B Galerisi'nde yapılan kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre, 2021 yılında M.S. isimli personelin delik delme işlemi sırasında ölçüm süresi 120 dakika, maruziyet süresi 375 dakika olarak belirlenmiş olup, TWA (Zaman Ağırlıklı Ortalama) değeri 2,66 mg/m³ ve sınır değeri 5,00 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. 2023 yılında ise R. K. isimli personelin maden çıkarma işlemi sırasında ölçüm süresi 120 dakika, maruziyet süresi 390 dakika olarak belirlenmiş olup, TWA değeri 3,83 mg/m³ ve sınır değeri 5,00 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. Her iki yılda da KKD ve havalandırma kullanılmış olup, tozun cinsi inert veya istenmeyen olarak sınıflandırılmıştır.



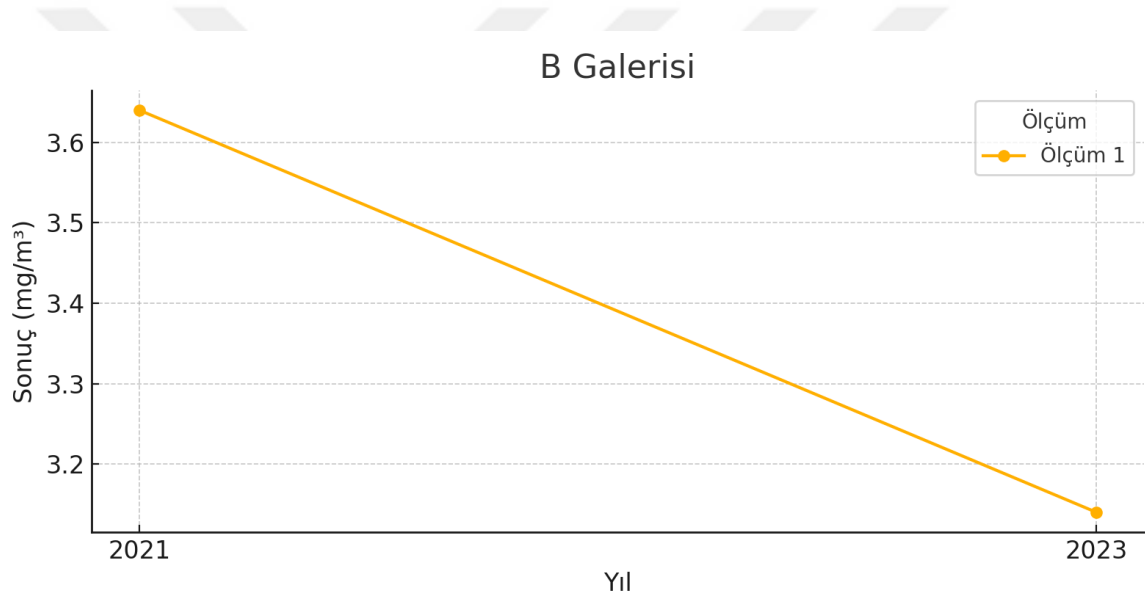
Şekil 25. B Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları toz ölçümü değişim grafiği

2021 yılında yapılan ölçümler, B Galerisi'nde delik delme işlemi sırasında M. S. adlı personelin uzun süreli maruziyetini göstermektedir. Şekil 25'teki B Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları toz ölçümü değişim grafiğine göre, işlem süresince maruz kaldığı toz konsantrasyonu $2,66 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüş ve bu değer $5,00 \text{ mg/m}^3$ olan sınır değerinin altındadır. Ancak, solunabilir tozun sürekli maruziyeti, özellikle uzun vadede solunum yolu rahatsızlıklarına yol açabilir. Bu nedenle, kullanılan KKD ve havalandırma sistemi, çalışan sağlığını koruma açısından önemlidir. 2023 yılında, R.K. adlı personelin maden çıkarma işlemi sırasında yapılan ölçümler, $3,83 \text{ mg/m}^3$ toz konsantrasyonu ile maruziyetini ortaya koymaktadır. Bu ölçüm de sınır değerinin altında kalsa da, maruz kalınan toz miktarının yüksekliği ve süresi, potansiyel sağlık risklerini artırmaktadır. Özellikle uzun süreli maruziyetler, kronik solunum problemleri gibi sağlık sorunlarına yol açabilir. Her iki ölçüm sonucu, madencilik sektöründe toz kontrolünün ve çalışan sağlığının korunmasının ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, sürekli ve etkin bir havalandırma sistemi, düzenli sağlık kontrolleri ve etkin bir risk yönetimi programının uygulanması gerekmektedir. Çalışanların maruz kaldığı toz seviyeleri sürekli olarak izlenmeli ve mümkün olan en düşük seviyede tutulmalıdır.

Tablo 61

B Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Gerçekleştirilen İşler	KKD	Havalandırma	Ölçüm Süresi (dk)	Sonuç (mg/m ³)
2021	B Galerisi	Delik Delme	+	+	15	3,64
2023	B Galerisi	Maden Çıkarma	+	+	15	3,14



Şekil 26. B Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre toz ölçümü değişim grafiği

Şekil 26’da B Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre toz ölçümü değişim grafiğinde 2021 ve 2023 yıllarında ki değişim gözlenmektedir. Buna göre, B Galerisi’nde gerçekleştirilen ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları incelendiğinde, belirli iş süreçleri sırasında toz konsantrasyonlarının değiştiği gözlemlenmiştir. Ölçümler, KKD ve havalandırma sistemlerinin kullanımı ile gerçekleştirilmiştir, bu da çalışanların maruz kaldığı toz seviyelerini minimize etme amacı taşımaktadır. 2021 yılında delik delme işlemi sırasında yapılan ölçümde, 15 dakikalık süre boyunca toz konsantrasyonu 3,64 mg/m³ olarak tespit edilmiştir. Bu değer, delik delme

işlemi sırasında ortamda yüksek miktarda toz üretildiğini göstermektedir. Delik delme işlemi, madencilik faaliyetlerinde yoğun toz üretimine neden olan bir süreçtir ve bu nedenle uygun KKD ve havalandırma sistemlerinin kullanımı, işçi sağlığı ve güvenliğini koruma açısından kritik öneme sahiptir. 2023 yılında ise maden çıkarma işlemi sırasında yapılan ölçümde, 15 dakikalık süre boyunca toz konsantrasyonu 3,14 mg/m³ olarak belirlenmiştir. Bu değer, delik delme işlemine kıyasla biraz daha düşük bir toz maruziyetini göstermektedir. Maden çıkarma işlemleri de yüksek toz üretimine yol açan faaliyetlerdendir, ancak delik delme işlemine göre daha düşük toz seviyeleri üretmesi, iş süreçlerinin farklı doğasından kaynaklanabilir.

Sonuç olarak, her iki ölçüm de B Galerisi'nde gerçekleştirilen işlemler sırasında çalışanların solunabilir toz maruziyetine karşı korunması gerektiğini vurgulamaktadır. KKD ve havalandırma sistemlerinin etkin kullanımı, bu tür ortamlarda çalışan sağlığını koruma açısından büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, 2021 ve 2023 yıllarındaki ölçüm sonuçları, farklı iş süreçlerinin farklı toz maruziyet seviyeleri yarattığını ve her iki durumda da sürekli izleme ve koruyucu önlemlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

4.3.3. C Galerisi Toz Ölçüm Verileri ve Analizi

Yapılan ölçümlerde 2021 ve 2023 yılı için kullanılan cihazların modelleri ve kalibrasyon tarihleri aşağıdaki Tablo 62 ve 63'de verilmiştir.

Tablo 62

C Galerisi 2021 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon/ Doğrulama Tarihi	Kalibrasyon/ Doğrulama Periyodu
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-834	Gilian BDXII	2021	1 Yıl
Doğrulama	İkincil Kalibratör-809	Dwyer	2021	1 Yıl
Doğrulama	Birincil Kalibratör-808	Zefon DG5	2021	1 Yıl

Tablo 63

C Galerisi 2023 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon/Doğrulama Tarihi	Kalibrasyon/Doğrulama Periyodu
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-802	Buck Libra LP05	01.03.2023	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-803	Buck Libra LP05	01.03.2023	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-806	Gillian Air Plus	01.03.2023	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-833	Gilian Air5	01.03.2023	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-834	Gilian BDXII	01.03.2023	1 Yıl
Doğrulama	İkincil Kalibratör-809	Dwayer	01.03.2023	1 Yıl
Doğrulama	Birincil Kalibratör-808	Zefon DG5	01.08.2023	1 Yıl

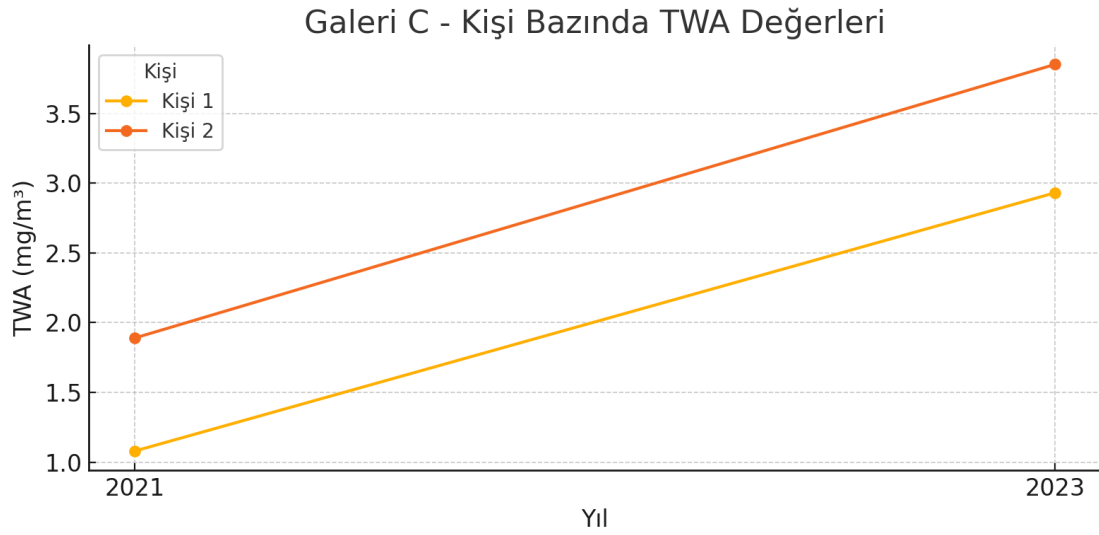
Tablo 64

C Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Gerçekleştirilen İşler	KKD	Havalandırma	Tozun Cinsi	Ölçüm Süresi (dk)	Maruziyet Süresi (dk)	TWA (mg/m ³)	*Sınır Değer (mg/m ³)
2021	A... E...	C Galerisi	Kepçe Op.	+	+	İnert veya İstenmeyen	120	375	1,08	5,00
2021	A... U...	C Galerisi	Delik Delme	+	+	İnert veya İstenmeyen	120	375	1,89	5,00
2023	R... A...	C Galerisi	Maden Çıkarma	+	+	İnert veya İstenmeyen	120	390	2,93	5,00
2023	O... A...	C Galerisi	Maden Çıkarma	+	+	İnert veya İstenmeyen	120	390	3,85	5,00

C Galerisi'nde yapılan yukarıdaki Tablo 62 ve 63'de verilen cihazlarla yapılan kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre, 2021 yılında A.E. isimli personelin kepçe operatörlüğü sırasında ölçüm süresi 120 dakika, maruziyet süresi 375 dakika olarak belirlenmiş olup, TWA değeri 1,08 mg/m³ ve sınır değeri 5,00 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. Aynı yıl A. U. isimli personelin delik delme işlemi sırasında ölçüm süresi 120 dakika,

maruziyet süresi 375 dakika olarak belirlenmiş olup, TWA değeri 1,89 mg/m³ ve sınır değeri 5,00 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. 2023 yılında ise R.A. isimli personelin maden çıkarma işlemi sırasında ölçüm süresi 120 dakika, maruziyet süresi 390 dakika olarak belirlenmiş olup, TWA değeri 2,93 mg/m³ ve sınır değeri 5,00 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. Aynı yıl O.A. isimli personelin maden çıkarma işlemi sırasında ölçüm süresi 120 dakika, maruziyet süresi 390 dakika olarak belirlenmiş olup, TWA değeri 3,85 mg/m³ ve sınır değeri 5,00 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. Her iki yılda da KKD ve havalandırma kullanılmış olup, tozun cinsi inert veya istenmeyen olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 27. C Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre kişi bazında TWA değerleri

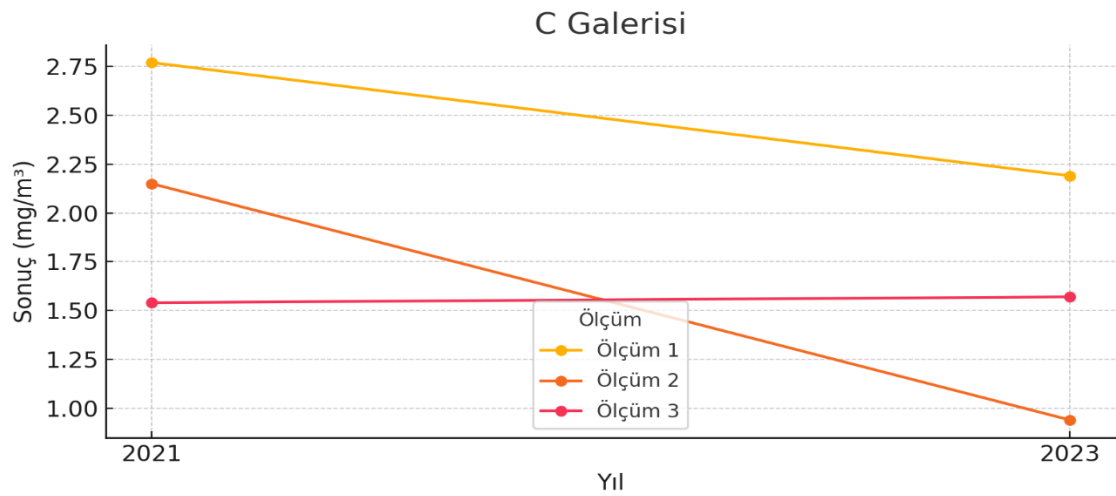
Tablo 64'te C Galerisi'nde çeşitli işlerde çalışan personelin kişisel solunabilir toz maruziyet ölçümleri yer almaktadır. 2021 yılında A.E. adlı kepçe operatörünün toz maruziyeti 1,08 mg/m³ olarak ölçülmüş, bu değer belirlenen sınır değer olan 5,00 mg/m³'ün altında kalmıştır. Aynı yıl içinde A.U. adlı bir başka çalışan delik delme işi sırasında 1.89 mg/m³ toz maruziyetine uğramış, bu da sınır değerinin altında olup, kepçe operatörüne göre biraz daha yüksek bir değerdir. 2023 yılında, R.A. ve O.A. isimli iki personel maden çıkarma işinde çalışmış ve sırasıyla 2.93 mg/m³ ve 3.85 mg/m³ toz maruziyetine uğramışlardır. Her iki ölçüm de sınır değerinin altında kalmış olmasına rağmen, maden çıkarma işinde maruziyetin diğer iş pozisyonlarına göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Tüm bu

veriler, farklı iş pozisyonlarında maruz kalınan toz miktarlarının değişkenlik gösterdiğini ve kullanılan koruyucu önlemlerin etkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 65

C Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Gerçekleştirilen İşler	KKD	Havalandırma	Ölçüm Süresi (dk)	Sonuç (mg/m ³)
2021	C Galerisi	Delik delme, maden yükleme işlemleri	+	+	15	2,77
2021	C Galerisi	Delik delme, maden yükleme işlemleri	+	+	15	2,15
2021	C Galerisi	Delik delme, maden yükleme işlemleri	+	+	15	1,54
2023	C Galerisi	Maden Çıkarma	+	+	15	2,19
2023	C Galerisi	Maden Çıkarma	+	+	15	0,94
2023	C Galerisi	Maden Çıkarma	+	+	15	1,57



Şekil 28. C Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre toz ölçümü değişim grafiği

2021 yılında Tablo 65'te belirtildiği gibi delik delme ve maden yükleme işlemleri sırasında yapılan ölçümlerde toz konsantrasyonları sırasıyla 2,77 mg/m³, 2,15 mg/m³ ve 1,54 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. Bu değerler, özellikle madencilik gibi toz yoğunluğunun yüksek olabileceği bir ortamda, oldukça düşük seviyelerde kalmıştır. Havalandırma ve kişisel koruyucu donanım kullanımının etkili bir şekilde gerçekleştirildiği görülmektedir.

2023 yılında maden çıkarma işlemi sırasında yapılan ölçümlerde ise toz konsantrasyonları 2,19 mg/m³, 0,94 mg/m³ ve 1,57 mg/m³ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Şekil 28'de de görüldüğü gibi, önceki ölçümlerle karşılaştırıldığında benzer düşük seviyelerde olduğunu gösterir. İş güvenliği önlemlerinin sürdürüldüğü ve havalandırma ile kişisel koruyucu donanımın etkin kullanımının devam ettiği anlaşılmaktadır. Bu ölçüm sonuçları, madencilik sektöründe çalışma koşullarının sürekli olarak izlenmesi ve geliştirilmesi gerektiğini gösterir. Çalışan sağlığı ve güvenliği için alınan önlemlerin etkinliği, bu tür düşük toz maruziyet değerleri ile doğrulanmış olup, risklerin minimize edilmesi için gerekli iyileştirmelerin yapıldığı sonucuna varılabilir.

4.3.4. D Galerisi Toz Ölçüm Verileri ve Analizi

D Galerisi için yapılan kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçümlerinde, 2021 ve 2023 yılı için kullanılan cihazların modelleri ve kalibrasyon tarihleri aşağıdaki Tablo 66 ve 67'de verilmiştir.

Tablo 66

D Galerisi 2021 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon/ Doğrulama Tarihi	Kalibrasyon/ Doğrulama Periyodu
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-807	Gilian BDX	2021	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-834	Gilian BDXII	2021	1 Yıl
Doğrulama	İkincil Kalibratör-809	Dwayer	2021	1 Yıl
Doğrulama	Birincil Kalibratör-808	Zefon DG5	2021	1 Yıl

Tablo 67

D galerisi 2023 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar

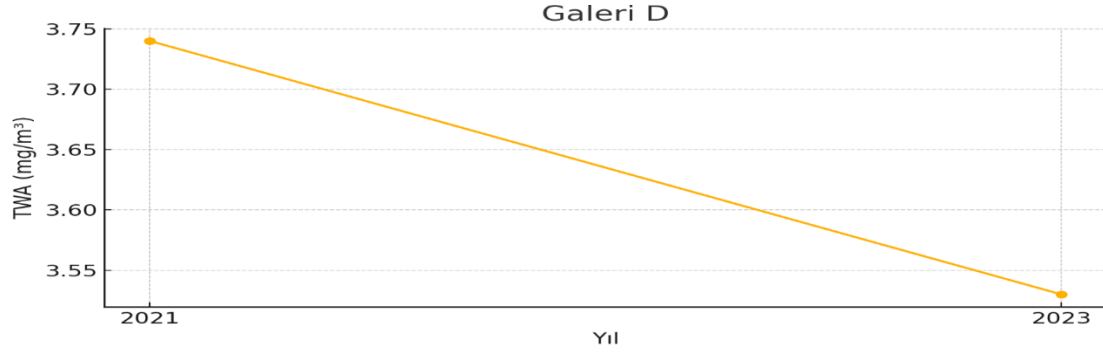
Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon/Doğrulama Tarihi	Kalibrasyon/Doğrulama Periyodu
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-802	Buck Libra LP05	01.03.2023	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-803	Buck Libra LP05	01.03.2023	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-804	Buck Libra LP05	01.03.2023	1 Yıl
Doğrulama	İkincil Kalibratör-809	Dwayer	01.03.2023	1 Yıl
Doğrulama	Birincil Kalibratör-808	Zefon DG5	01.08.2023	1 Yıl

Tablo 68

D Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Gerçekleştirilen İşler	KKD	Havalandırma	Tozun Cinsi	Ölçüm Süresi (dk)	Maruziyet Süresi (dk)	TWA (mg/m ³)	*Sınır Değer (mg/m ³)
2021	R... C...	D Galerisi	Vinç Kontrolü	+	+	İnert veya İstenmeyen	120	375	3,74	5,00
2023	C... G...	D Galerisi	Maden çıkarma	+	+	İnert veya İstenmeyen	120	390	3,53	5,00

Tablo 68’de MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre, D Galerisi’nde yapılan kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre, 2021 yılında R.C. isimli personelin vinç kontrolü sırasında ölçüm süresi 120 dakika, maruziyet süresi 375 dakika olarak belirlenmiş olup, TWA değeri 3,74 mg/m³ ve sınır değeri 5,00 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. 2023 yılında ise C.G. isimli personelin maden çıkarma işlemi sırasında ölçüm süresi 120 dakika, maruziyet süresi 390 dakika olarak belirlenmiş olup, TWA değeri 3,53 mg/m³ ve sınır değeri 5,00 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. Her iki yılda da KKD ve havalandırma kullanılmış olup, tozun cinsi inert veya istenmeyen olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 29. D Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre kişi bazında TWA değerleri

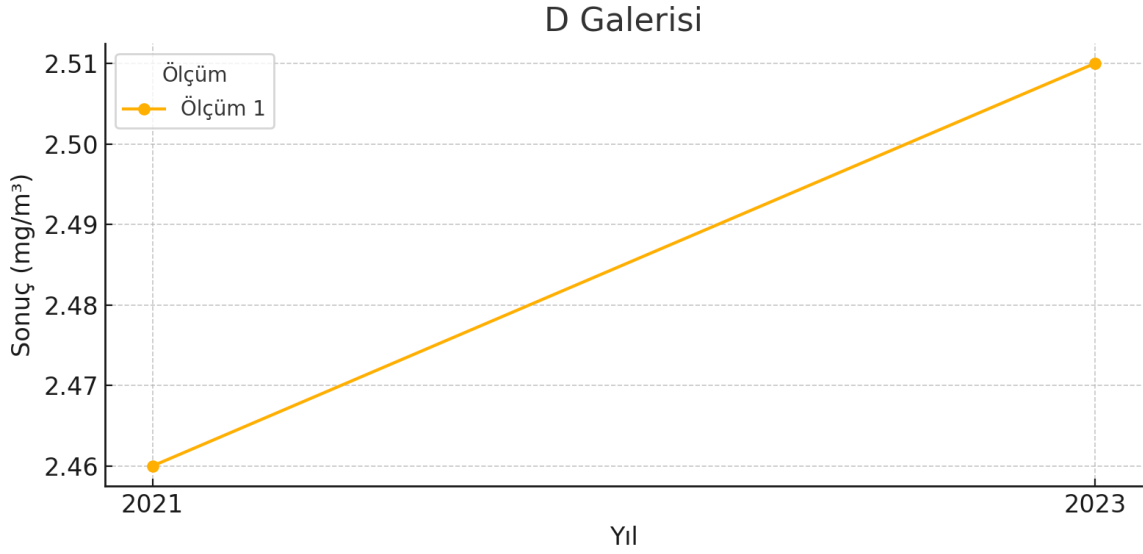
D Galerisi'nde gerçekleştirilen kişisel solunabilir toz maruziyet ölçümlerini içerir grafik Şekil 29'da verilmiştir. Bu ölçümler MDHS 14/3 standardına uygun olarak yapılmıştır. Ölçümler, 2021 ve 2023 yıllarında yapılmış ve iki farklı iş pozisyonu için toz maruziyet değerleri kaydedilmiştir. Her iki ölçümde de havalandırma ve kişisel koruyucu donanım kullanıldığı belirtilmiştir, bu da toz maruziyetinin minimize edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. 2021 yılında R.C. adlı çalışanın vinç kontrolü işi sırasında maruz kaldığı toz miktarı 3,74 mg/m³ olarak belirtilmiştir. Bu değer, belirlenen sınır değer olan 5,00 mg/m³ altında olup, çalışma ortamının oldukça güvenli olduğunu gösterir.

2023 yılında ise C.G. adlı çalışan maden çıkarma işinde çalışmış ve bu süreçte 3,53 mg/m³ toz maruziyetine uğramıştır. Bu ölçüm de sınır değerinin çok altında kalmış ve maden çıkarma işinde alınan önlemlerin toz maruziyetini etkili bir şekilde kontrol altında tuttuğunu göstermiştir.

Tablo 69

D Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Gerçekleştirilen İşler	KKD	Havalandırma	Ölçüm Süresi (dk)	Sonuç (mg/m ³)
2021	D Galerisi	Maden yükleme nakliye işlemleri	+	+	15	2,46
2023	D Galerisi	Maden çıkarma	+	+	15	2,51



Şekil 30. D Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre toz ölçümü değişim grafiği

2021 yılında maden yükleme ve nakliye işlemleri sırasında yapılan ölçümde toz konsantrasyonu $2,46 \text{ mg/m}^3$ olarak belirlenmiştir. 2023 yılında ise maden çıkarma işlemi sırasında toz konsantrasyonu $2,51 \text{ mg/m}^3$ olarak kaydedilmiştir. Her iki ölçüm de madencilik işlemleri sırasında havalandırma ve kişisel koruyucu donanım kullanımıyla desteklenmiş, bu da çalışanların sağlıklı ve güvenli bir ortamda çalışmalarını sağlamıştır. Bu düşük toz maruziyet değerleri, Şekil 30'da D Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre toz ölçümü değişim grafiğinde gösterilmiştir. Alınan önlemlerin etkinliğini ve çalışma ortamının sürekli izlenmesi ve geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Çalışanların sağlık ve güvenliği için yapılan bu ölçümler, risklerin minimize edilmesi ve uygun çalışma koşullarının sağlanması açısından kritik öneme sahiptir.

4.3.5. E Galerisi Toz Ölçüm Verileri ve Analizi

E Galerisi için yapılan kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçümlerinde, 2021 ve 2023 yılı için kullanılan cihazların modelleri ve kalibrasyon tarihleri aşağıdaki Tablo 70 ve 71'de verilmiştir.

Tablo 70

E Galerisi 2021 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar

Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon/Doğrulama Tarihi	Kalibrasyon/Doğrulama Periyodu
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-803	Buck Libra LP05	04.03.2021	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-833	Gilian Air5	04.03.2021	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-834	Gilian BDXII	04.03.2021	1 Yıl
Doğrulama	İkincil Kalibratör-809	Dwayer	04.03.2021	1 Yıl
Doğrulama	Birincil Kalibratör-808	Zefon DG5	28.01.2021	1 Yıl

Tablo 71

E Galerisi 2023 yılı toz ölçümlerinde kullanılan cihazlar

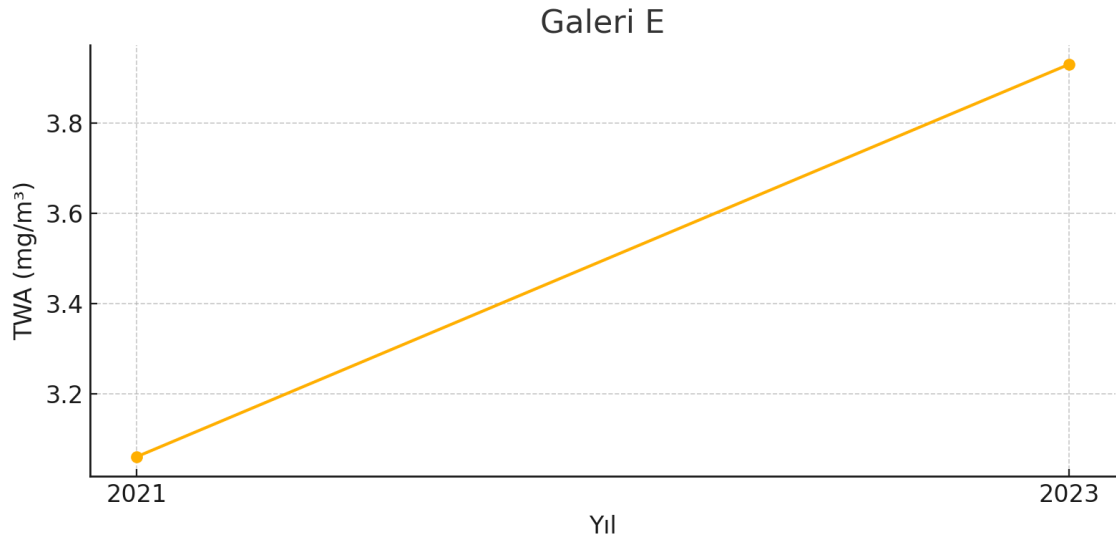
Ölçüm Parametresi	Cihaz Adı	Üretici/Model	Kalibrasyon/Doğrulama Tarihi	Kalibrasyon/Doğrulama Periyodu
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-803	Buck Libra LP05	01.03.2023	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-804	Buck Libra LP05	01.03.2023	1 Yıl
Solunabilir Toz	Örnekleme Pompası-833	Gilian Air5	01.03.2023	1 Yıl
Doğrulama	İkincil Kalibratör-809	Dwayer	01.03.2023	1 Yıl
Doğrulama	Birincil Kalibratör-808	Zefon DG5	01.08.2023	1 Yıl

Tablo 72

E Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Personel Adı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Gerçekleştirilen İşler	KKD	Havalandırma	Tozun Cinsi	Ölçüm Süresi (dk)	Maruziyet Süresi (dk)	TWA (mg/m ³)	*Sınır Değer (mg/m ³)
2021	K... K...	E Galerisi	Delik Delme İşlemi	+	+	İnert veya İstenmeyen	120,00	375	3,06	5,00
2023	K... D...	E Galerisi	Maden çıkarma	+	+	İnert veya İstenmeyen	120,00	390	3,93	5,00

Tablo 72’de E Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre, 2021 yılında K. K. isimli personelin delik delme işlemi sırasında ölçüm süresi 120 dakika, maruziyet süresi 375 dakika olarak belirlenmiş olup, TWA (Zaman Ağırlıklı Ortalama) değeri 3,06 mg/m³ ve sınır değeri 5,00 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. 2023 yılında ise K. D. isimli personelin maden çıkarma işlemi sırasında ölçüm süresi 120 dakika, maruziyet süresi 390 dakika olarak belirlenmiş olup, TWA değeri 3,93 mg/m³ ve sınır değeri 5,00 mg/m³ olarak kaydedilmiştir.



Şekil 31. E Galerisi MDHS 14/3 standardına göre kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre kişi bazında TWA değerleri

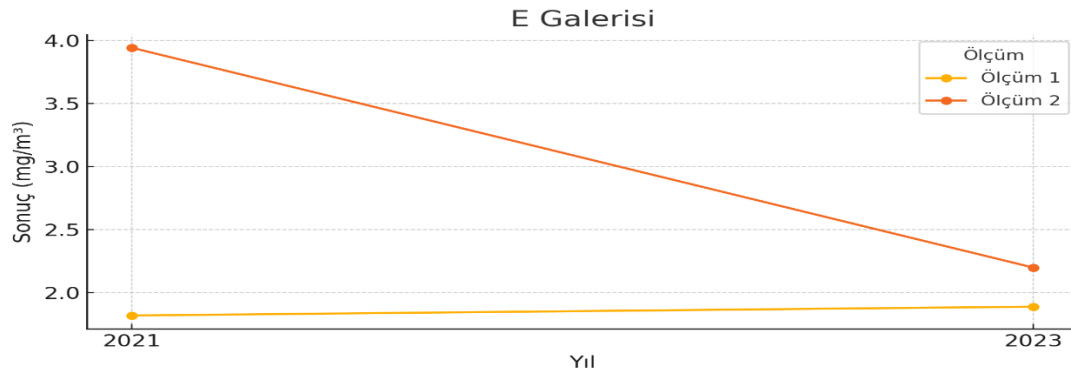
2021 yılında K.K. adlı çalışanın delik delme işlemi sırasında maruz kaldığı toz miktarı 3,06 mg/m³ olarak ölçülmüş, bu değer belirlenen sınır değer olan 5,00 mg/m³ diğer galerilerde olduğu gibi altında kalmıştır. Havalandırma ve kişisel koruyucu donanımın kullanıldığı belirtilmiş, bu da maruziyetin diğer ölçüm yapılan galerilerde benzer şekilde kontrol altında tutulduğunu gösterir. Delik delme işleminin doğası gereği potansiyel olarak yüksek toz üretebileceği düşünülse de alınan önlemlerle bu risk azaltılmıştır.

2023 yılında K.D. adlı çalışan maden çıkarma işlemi sırasında 3,93 mg/m³ toz maruziyetine uğramıştır. Bu değer de sınır değerinin altındadır. Diğer galerilerde olduğu gibi bu galeride de sınır değerinin altında veriler elde etmek için, etkili önlemlerle çalışanların sağlığı korunmuştur.

Tablo 73

E Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları

Ölçüm Yılı	Ölçüm Yapılan Bölüm	Gerçekleştirilen İşler	KKD	Havalandırma	Ölçüm Süresi (dk)	Sonuç (mg/m ³)
2021	E Galerisi	Vinç Kontrol	+	+	15	1,82
2021	E Galerisi	Delik Delme	+	+	15	3,94
2023	E Galerisi	Vinç Kontrol	+	+	15	1,89
2023	E Galerisi	Maden Çıkarma	+	+	15	2,20



Şekil 32. E Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre toz ölçümü değişim grafiği

Şekil 32’de E Galerisi MDHS 14/3 standardına göre ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre toz ölçümü değişim grafiği verilmiş, 2021 yılında yapılan ölçümlerde, vinç kontrolü işlemi sırasında toz maruziyeti 1,82 mg/m³ olarak kaydedilmişken, delik delme işlemi sırasında bu değer 3,94 mg/m³e yükselmiştir. Bu fark, delik delme işleminin daha yüksek toz üretme potansiyeline sahip olduğunu ve bu tür işlemlerde maruziyetin artabileceğini gösterir. Her iki durumda da havalandırma ve kişisel koruyucu donanımın kullanıldığı belirtilmiş, bu da maruziyetin kontrol altına alınmaya çalışıldığını işaret eder. 2023 yılında yapılan ölçümler benzer sonuçlar göstermiştir. Vinç kontrolü sırasında maruziyet 1,89 mg/m³ olarak ölçülürken, maden çıkarma işlemi sırasında 2,20 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. Çalışanların sağlığı ve güvenliği için alınan önlemlerin etkinliği, düşük toz maruziyet değerleri ile teyit edilmiş olup, risklerin minimize edilmesi ve uygun çalışma koşullarının sağlanması için gerekli önlemlerin alındığı anlaşılmaktadır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Kurşun Madeninin Gürültü Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Öneriler

2021 ve 2023 yıllarında beş farklı galeride gerçekleştirilen görev tabanlı gürültü maruziyet ölçümleri, iş türlerine ve yıllara göre önemli farklılıklar göstermektedir. A Galerisi'nde, 2021 yılında delik delme işlemi sırasında A-ağırlıklama (L_{EX8}) değeri 120,3 dBA iken, 2023 yılında maden çıkarma işlemi sırasında bu değer 96,7 dBA'ya düşmüştür. Benzer şekilde, C-ağırlıklama (P_{TEPE}) değeri 139,9 dBC'den 125,1 dBC'ye düşmüştür. Bu, delik delme işleminin maden çıkarma işlemlerine kıyasla daha yüksek gürültü seviyelerine neden olduğunu göstermektedir. B Galerisi'nde ise, 2021 yılında delik delme işlemi sırasında A-ağırlıklama değeri 89,4 dBA iken, 2023 yılında yine delik delme işlemi sırasında bu değer 108,1 dBA'ya yükselmiştir. C-ağırlıklama değeri de 129,6 dBC'den 148,8 dBC'ye çıkmıştır. Bu artış, galeri koşullarındaki değişiklikler veya kullanılan ekipmanların gürültü düzeylerindeki farklılıklar ile açıklanabilir.

C Galerisi'nde, 2021 yılında delik delme işlemi sırasında A-ağırlıklama değeri 100,8 dBA iken, kepçe kullanımı sırasında bu değer 81,7 dBA'ya düşmüştür. 2023 yılında ise maden çıkarma işlemleri sırasında A-ağırlıklama değerleri 83,6 dBA ve 92,6 dBA olarak ölçülmüştür. Bu veriler, farklı iş türlerinin farklı gürültü seviyelerine yol açtığını göstermektedir. D Galerisi'nde, 2021 yılında delik delme işlemi sırasında A-ağırlıklama değeri 99,1 dBA iken, 2023 yılında maden çıkarma işlemi sırasında bu değer 94,4 dBA'ya düşmüştür. C-ağırlıklama değeri de 129 dBC'den 125,2 dBC'ye düşmüştür. E Galerisi'nde ise, 2021 yılında delik delme işlemi sırasında A-ağırlıklama değeri 90,4 dBA iken, 2023 yılında maden çıkarma işlemi sırasında bu değer 73,5 dBA'ya düşmüştür. C-ağırlıklama değeri de 135,9 dBC'den 112,5 dBC'ye düşmüştür.

Genel olarak, delik delme işlemleri daha yüksek gürültü maruziyetine neden olurken, maden çıkarma işlemleri genellikle daha düşük gürültü seviyelerine sahip olmuştur. Ancak, B Galerisi'nde 2023 yılında delik delme işlemleri sırasında maruziyet seviyelerinde gözlenen artış, maruziyetin sürekli izlenmesi ve gerekli koruyucu önlemlerin alınmasının önemini

vurgulamaktadır. Farklı görevlerin ve yılların gürültü maruziyetinde belirgin farklılıklara yol açtığını ve iş sağlığı ve güvenliği açısından bu farklılıkların dikkatle izlenmesi gerektiğini göstermektedir.

2021 ve 2023 yıllarında beş farklı galeride gerçekleştirilen görev tabanlı gürültü maruziyet ölçümlerine göre A-ağırlıklama (L_{EX8}) değerlerinin en yüksek ve en düşük olduğu değerler incelendiğinde, en yüksek A-ağırlıklama (L_{EX8}) değeri 2021 yılında A Galerisi'nde delik delme işlemi sırasında 120,3 dBA olarak ölçülmüştür. Buna karşılık, en düşük A-ağırlıklama (L_{EX8}) değeri ise 2023 yılında E Galerisi'nde maden çıkarma işlemi sırasında 73,5 dBA olarak tespit edilmiştir.

Beş farklı galeride gerçekleştirilen görev tabanlı gürültü maruziyet ölçümlerine göre, C-ağırlıklama (P_{TEPE}) değerlerinin en yüksek ve en düşük olduğu değerler belirlenmiştir. En yüksek C-ağırlıklama (P_{TEPE}) değeri, 2023 yılında B Galerisi'nde delik delme işlemi sırasında 148,8 dBC olarak ölçülmüştür. Buna karşılık, en düşük C-ağırlıklama (P_{TEPE}) değeri, 2023 yılında E Galerisi'nde maden çıkarma işlemi sırasında 112,5 dBC olarak tespit edilmiştir. Bu veriler, farklı galerilerde ve görev tanımlarında gürültü maruziyet seviyelerinin önemli ölçüde değişkenlik gösterebileceğini kanıtlamaktadır. Özellikle delik delme işlemleri sırasında yüksek C-ağırlıklama değerleri gözlemlenmiş, maden çıkarma işlemleri ise daha düşük seviyelerde maruziyet ile ilişkilendirilmiştir. Bu durum delik delme işlemlerinde işçilerin daha fazla gürültüye maruz kaldığının göstergesidir. Özellikle delik delme işlemi sırasında KKD ların çok dikkatli bir şekilde kullanılması erzem bir durumdur.

2021 ve 2023 yıllarında beş farklı galeride gerçekleştirilen iç ortam gürültü ölçüm sonuçları, galerilerdeki gürültü seviyelerinin zemin bilgileri, ölçüm süreleri, $LeqA$ (dBA) ve P_{TEPE} (dBC) değerleri bazında önemli farklılıklar vardır. A Galerisi'nde 2021 yılında yapılan ölçümlerde, toprak zemin üzerinde 5 dakikalık süre boyunca $LeqA$ değeri 74,40 dBA ve P_{TEPE} değeri 133,6 dBC olarak kaydedilmiştir. 2023 yılında ise, aynı koşullarda $LeqA$ değeri 100,2 dBA ve P_{TEPE} değeri 121,1 dBC'ye düşmüştür. Bu düşüş, A Galerisi'nde gürültü seviyelerinde önemli bir azalma olduğunu göstermektedir. B Galerisi'nde 2021 yılında yapılan ölçümlerde, toprak zemin üzerinde 5 dakikalık süre boyunca $LeqA$ değeri 89,7 dBA ve P_{TEPE} değeri 127,3 dBC olarak tespit edilmiştir. 2023 yılında ise, $LeqA$ değeri 89,10 dBA ve P_{TEPE} değeri 111,8 dBC olarak ölçülmüştür. Bu veriler, B Galerisi'nde $LeqA$ değerinde çok az bir düşüş ve P_{TEPE} değerinde bir azalma olduğunu gösterir.

C Galerisi'nde 2021 ve 2023 yıllarında 3 farklı yerde gerçekleştirilen ölçümlerde toprak zemin üzerinde farklı LeqA ve P_{TEPE} değerleri kaydedilmiştir. 2021 yılında LeqA değerleri 104,9 dBA, 80,2 dBA ve 84,2 dBA olarak tespit edilirken, P_{TEPE} değerleri sırasıyla 123,5 dBC, 115,9 dBC ve 128,6 dBC olarak belirlenmiştir. 2023 yılında ise, LeqA değerleri 92,20 dBA, 85,10 dBA ve 89,80 dBA; P_{TEPE} değerleri ise 110,9 dBC, 124,1 dBC ve 118,6 dBC olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, C Galerisi'nde gürültü seviyelerinde belirgin bir değişim olduğunu göstermektedir.

D Galerisi'nde 2021 yılında yapılan ölçümlerde, toprak zemin üzerinde 5 dakikalık süre boyunca LeqA değeri 107,3 dBA ve P_{TEPE} değeri 127,5 dBC olarak tespit edilmiştir. 2023 yılında ise, LeqA değeri 102,0 dBA ve P_{TEPE} değeri 122,8 dBC olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, D Galerisi'nde gürültü seviyelerinde bir miktarda olsa azalma olduğunu ortaya koyar.

E Galerisi'nde 2021 ve 2023 yıllarında iki farklı yerde yapılan ölçümlerde, toprak zemin üzerinde farklı LeqA ve P_{TEPE} değerleri kaydedilmiştir. 2021 yılında LeqA değerleri 73,40 dBA ve 87,80 dBA olarak tespit edilirken, P_{TEPE} değerleri sırasıyla 115,2 dBC ve 117,4 dBC olarak belirlenmiştir. 2023 yılında ise, LeqA değerleri 72,7 dBA ve 81,1 dBA; P_{TEPE} değerleri ise 106,9 dBC ve 104,3 dBC olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, E Galerisi'nde gürültü seviyelerinde önemli bir düşüş olduğunu göstermektedir. Bu analiz, beş farklı galerideki iç ortam gürültü seviyelerinin yıllar içinde önemli değişiklikler gösterdiğini ortaya koymaktadır. Genel olarak, 2021 yılından 2023 yılına geçişte birçok galeride gürültü seviyelerinde azalma gözlenmiş olup, bu durum iş sağlığı ve güvenliği açısından olumlu bir gelişme olarak değerlendirilebilir.

Yapılan tüm iç ortam gürültü ölçümlerinde E Galerisi'nde 2023 yılında 72,7 dBA ile en düşük LeqA değeri ölçülmüştür. En yüksek LeqA değeri 107,3 dBA ile 2021 yılında D Galerisi'nde ölçülmüştür. Buna karşın en düşük P_{TEPE} değeri 104,3 dBC ile yine E galerisinde 2023 yılında ölçülmüştür. En yüksek P_{TEPE} değeri ise 2021 yılında 133,6 dBC ile A Galerisi'nde tespit edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda E Galerisi'nin diğer galerilere göre iç ortam gürültü ölçüm sonuçlarında en gürültüsüz galeri olduğunu söyleyebiliriz.

5.2. Kurşun Madeninin Titreşim Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Öneriler

A, B, D ve E galerilerinde yapılan el kol titreşim ölçüm sonuçlarına bakıldığında, işçilerin maruz kaldığı titreşim seviyelerinin ve bu seviyelerin yıllar içinde nasıl değiştiğinin karşılaştırmalı bir analizi yapılabilir. Bu analiz, işçilerin farklı çalışma koşulları altında ne tür titreşim seviyelerine maruz kaldığını ve bu durumun iş sağlığı ve güvenliği açısından ne gibi sonuçlar doğurabileceğini ortaya koymaktadır.

A Galerisi'nde 2021 ve 2023 yıllarında yapılan ölçümlere göre; RMS değerlerinin X ekseninde belirgin bir artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. 2021 yılında X ekseninde ölçülen 6,808 m/sn² RMS değeri, 2023 yılında 8,502 m/sn²'ye yükselmiştir. Bu artış, havalı tabanca kullanımı sırasında işçilerin maruz kaldığı titreşim seviyelerinin yıllar içinde arttığını göstermektedir. Bu durum, uzun vadede işçilerin sağlıkları üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. A galerisinde 2023 yılı A(8) titreşim değeri MSD değeri olan 5,00 m/sn² nin üstünde ölçülmüş 6,114 m/sn² olarak belirlenmiştir. B Galerisi'nde yapılan ölçümlerde, 2021 yılında X ekseninde 4,325 m/sn² RMS değeri ölçülmüşken, 2023 yılında bu değer 1,190 m/sn²'ye düşmüştür. Bu düşüş, işçilerin titreşim maruziyetini azaltmak için alınan önlemlerin etkili olduğunu göstermektedir. Ancak, Z ekseninde 2023 yılında ölçülen 5,035 m/sn² RMS değeri, hala yüksek bir titreşim maruziyetine işaret etmektedir. D Galerisi'nde 2021 ve 2023 yıllarında yapılan ölçümlerde, X eksenindeki RMS değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. 2021 yılında 8,482 m/sn² olan RMS değeri, 2023 yılında 12,868 m/sn²'ye yükselmiştir. Bu durum, D Galerisi'nde havalı tabanca kullanımı sırasında işçilerin çok yüksek titreşim seviyelerine maruz kaldığını ve bu maruziyetin yıllar içinde arttığını göstermektedir. Bu değerler sonucunda 2021 ve 2023 yılı A(8) titreşim değerleri sırasıyla 6,277 m/sn² 7,087 m/sn² dir. Bu artış, işçilerin uzun vadede ciddi sağlık sorunları yaşama riskini artırabilir. Bu nedenle maruziyet süresinin özellikle A Galerisi ve D Galerisi'nde 120 dakika olması A(8) titreşim değerlerinin yüksek seyretmesinde en önemli neden olarak görülmektedir. Özellikle A ve D galerinde mutlaka 120 dakika olan maruziyet süresi azaltılarak diğer galerilerdeki maruziyet süreleri gibi makul süreler olan 45-60 dakika civarına çekilmelidir.

E Galerisi'nde ise 2021 yılında yapılan ölçümlerde X ekseninde 12,700 m/sn² RMS değeri ölçülmüşken, 2023 yılında bu değer 2,110 m/sn²'ye düşmüştür. Bu düşüş, işçilerin titreşim maruziyetini azaltmak için etkili önlemler alındığını göstermektedir. Ancak, yine de

ölçülen RMS değerleri, işçilerin maruz kaldığı titreşim seviyelerinin oldukça değişken olduğunu ve sürekli izlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu karşılaştırmalı analiz, A ve D galerilerinde işçilerin daha yüksek titreşim maruziyetine sahip olduğunu, B ve E galerilerinde ise maruziyet seviyelerinin daha kontrollü olduğunu göstermektedir. Titreşim maruziyetinin yüksek olduğu galerilerde işçilerin sağlıklarını korumak için daha sıkı önlemler alınması gerekmektedir. Bu sonuçlar, iş güvenliği ve sağlığını artırmak amacıyla işyerinde titreşim maruziyetinin düzenli olarak izlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Çalışanların sağlığını korumak adına titreşim sönümleyici ekipmanların kullanımı, yeterli mola verilmesi ve düzenli sağlık kontrolleri yapılması gibi önlemler önerilebilir. 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. 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. 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.

Kurşun madeninde yapılan TS EN 1032 ve TS ISO 2631 standardına göre tüm vücut titreşim ölçüm sonuçları, B ve C galerilerinde farklı yıllarda çeşitli personel üzerinde gerçekleştirilmiştir. B Galerisi'nde 2021 yılında yapılan ve nakliye sırasında oturarak gerçekleştirilen ölçümlerde RMS değerleri X, Y ve Z eksenlerinde sırasıyla 0,472, 0,328 ve 0,438 m/sn² olarak kaydedilmiştir. 2023 yılında yapılan ölçümlerde ise traktör operatör koltuğunda RMS değerleri X ekseninde 0,694 m/sn², Y ekseninde 0,577 m/sn² ve Z ekseninde 0,820 m/sn² olarak belirlenmiştir. Bu değerler, nakliye ve traktör operasyonları sırasında işçilerin maruz kaldığı titreşim seviyelerinin yıllar içinde artış gösterir. Fakat genel olarak baktığımızda A(8) titreşim değeri, 2021 yılı jumbo ve kepçe operatör koltuğunda

yapılan ölçümlerinde 0,503 m/sn², 0,491 m/sn², 0,608 m/sn² ve içlerinde en yüksek değer olan 0,741 m/sn² olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar MSD değeri olan 1,15 m/sn² nin altında seyrettiği gözlemlenmiştir.

B Galerisi'ne benzer şekilde C Galerisi'nde 2021 yılında yapılan ölçümlerde, jumbo ve kepçe operatör koltuklarında RMS değerleri X ekseninde sırasıyla 0,168 ve 0,377 m/sn², Y ekseninde 0,129 ve 0,273 m/sn² ve Z ekseninde 0,379 ve 0,350 m/sn² olarak kaydedilmiştir. 2023 yılında yapılan ölçümlerde ise jumbo ve kepçe operatör koltuklarında RMS değerleri X ekseninde sırasıyla 0,041 ve 0,673 m/sn², Y ekseninde 0,039 ve 0,598 m/sn² ve Z ekseninde 0,184 ve 0,856 m/sn² olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, C Galerisi'nde jumbo ve kepçe operasyonları sırasında maruz kalınan titreşim seviyelerinin 2021 yılına kıyasla 2023 yılında önemli ölçüde arttığını göstermektedir. Ancak sonuçlar irdelendiğinde B galerisinde olduğu gibi tüm vücut titreşim ölçüm sonuçlarının MSD değeri olan 1,15 m/sn² nin altında seyrettiğini söyleyebiliriz. Yine de değerlerin daha düşük seviyelere indirilmesi için gerekli KKD lerin düzenli olarak denetlenmesi ve kullanılması çalışanların sağlığı açısından uygun olacaktır.

5.3. Kurşun Madeninin Toz Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Öneriler

2021 ve 2023 yıllarında beş farklı galeride gerçekleştirilen kişisel solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçlarının analizi, farklı iş türleri ve yıllar arasındaki önemli farklılıkları ortaya koymaktadır. A Galerisi'nde, 2021 yılında delik delme işlemi sırasında TWA (Zaman Ağırlıklı Ortalama) değeri 2,46 mg/m³ iken, 2023 yılında maden çıkarma işlemi sırasında bu değer 2,26 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, delik delme işleminin maden çıkarma işlemine göre biraz daha yüksek toz maruziyetine neden olduğunu göstermektedir. B Galerisi'nde ise, 2021 yılında delik delme işlemi sırasında TWA değeri 2,66 mg/m³ iken, 2023 yılında maden çıkarma işlemi sırasında bu değer 3,83 mg/m³'e yükselmiştir. Bu artış, maden çıkarma işlemi sırasında toz maruziyetinin belirgin bir şekilde daha yüksek olduğunu göstermektedir.

C Galerisi'nde 2021 yılında kepçe operatörlüğü sırasında TWA değeri 1,08 mg/m³, delik delme işlemi sırasında ise 1,89 mg/m³ olarak tespit edilmiştir. 2023 yılında ise maden çıkarma işlemi sırasında TWA değerleri 2,93 mg/m³ ve 3,85 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Bu veriler, 2021 yılında delik delme işleminin kepçe operatörlüğüne göre daha yüksek bir toz maruziyeti yarattığını, 2023 yılında ise maden çıkarma işleminin önemli ölçüde daha yüksek toz maruziyetine neden olduğunu göstermektedir. D Galerisi'nde 2021 yılında vinç kontrolü

sırasında TWA değeri 3,74 mg/m³ olarak belirlenmişken, 2023 yılında maden çıkarma işlemi sırasında bu değer 3,53 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. Bu durum, vinç kontrolü ve maden çıkarma işlemleri arasında toz maruziyeti açısından küçük bir fark olduğunu göstermektedir.

E Galerisi'nde 2021 yılında delik delme işlemi sırasında TWA değeri 3,06 mg/m³ olarak tespit edilmişken, 2023 yılında maden çıkarma işlemi sırasında bu değer 3,93 mg/m³'e yükselmiştir. Bu artış, maden çıkarma işlemi sırasında toz maruziyetinin delik delme işlemine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu veriler, farklı iş türlerinin ve yılların solunabilir toz maruziyet seviyelerinde önemli farklılıklara neden olduğunu ortaya koymaktadır. A Galerisi'nde delik delme işlemi maden çıkarma işlemine kıyasla daha yüksek toz maruziyeti yaratırken, B ve E galerilerinde maden çıkarma işlemleri delik delme işlemlerine göre daha yüksek maruziyet seviyeleri göstermektedir. C Galerisi'nde ise kepçe operatörlüğü, delik delme ve maden çıkarma işlemleri arasında belirgin farklılıklar gözlenmiştir. D Galerisi'nde vinç kontrolü ve maden çıkarma işlemleri arasında toz maruziyeti açısından küçük bir fark bulunmaktadır.

2021 ve 2023 yıllarındaki ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, A Galerisi'nde toz maruziyetinde bir düşüş gözlemlenmiştir. Buna karşılık, B, C ve E galerilerinde maden çıkarma işlemleri sırasında toz maruziyeti seviyelerinde belirgin artışlar olmuştur. D Galerisi'nde ise vinç kontrolü ve maden çıkarma işlemleri arasında küçük bir fark bulunmuş, ancak genel olarak toz maruziyetinde bir azalma gözlenmiştir. Bu veriler, yıllar içinde bazı galerilerde toz maruziyeti seviyelerinin arttığını, bazı galerilerde ise azaldığını göstermektedir. Bu bulgular, iş sağlığı ve güvenliği açısından her galeri ve iş türü için toz maruziyetinin düzenli olarak izlenmesi ve gerekli önlemlerin alınmasının önemini vurgulamaktadır. Özellikle maruziyetin arttığı galerilerde, daha etkili kontrol önlemleri ve iyileştirilmiş havalandırma sistemlerinin uygulanması gerekmektedir.

2021 ve 2023 yıllarında beş farklı galeride gerçekleştirilen ortam solunabilir toz maruziyeti ölçüm sonuçları incelendiğinde ise, iş türlerine ve yıllara göre önemli farklılıklar vardır. A Galerisi'nde 2021 yılında yükleme ve delik delme işlemleri sırasında toz maruziyeti 2,12 mg/m³ olarak ölçülmüşken, 2023 yılında maden çıkarma işlemi sırasında bu değer 3,13 mg/m³'e yükselmiştir, bu da maden çıkarma işlemi sırasında daha yüksek bir toz maruziyeti olduğunu göstermektedir. B Galerisi'nde, 2021 yılında delik delme işlemi sırasında toz maruziyeti 3,64 mg/m³ olarak ölçülmüş, 2023 yılında maden çıkarma işlemi sırasında ise bu değer 3,14 mg/m³'e düşmüştür. Bu durum, delik delme işleminin maden çıkarma işlemine

kıyasla daha yüksek toz maruziyeti yarattığını göstermektedir. C Galerisi'nde 2021 yılında delik delme ve maden yükleme işlemleri sırasında toz maruziyeti sırasıyla 2,77 mg/m³, 2,15 mg/m³ ve 1,54 mg/m³ olarak kaydedilmişken, 2023 yılında maden çıkarma işlemi sırasında bu değerler 2,19 mg/m³, 0,94 mg/m³ ve 1,57 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, C Galerisi'nde genel olarak toz maruziyetinde bir düşüş olduğunu göstermektedir. D Galerisi'nde, 2021 yılında maden yükleme ve nakliye işlemleri sırasında toz maruziyeti 2,46 mg/m³ olarak ölçülmüşken, 2023 yılında maden çıkarma işlemi sırasında bu değer 2,51 mg/m³ olarak kaydedilmiştir, bu da iki yıl arasında toz maruziyetinde önemli bir değişiklik olmadığını göstermektedir. E Galerisi'nde 2021 yılında vinç kontrolü sırasında toz maruziyeti 1,82 mg/m³, delik delme işlemi sırasında ise 3,94 mg/m³ olarak ölçülmüşken, 2023 yılında vinç kontrolü sırasında toz maruziyeti 1,89 mg/m³, maden çıkarma işlemi sırasında ise 2,20 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. Bu veriler, delik delme işleminin vinç kontrolüne ve maden çıkarma işlemine kıyasla daha yüksek toz maruziyeti yarattığını göstermektedir.

KAYNAKÇA

- Aktürk, S. (2019). Fiziksel Risk Etmenlerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi ve Uygulamaya İlişkin Bir Örnek. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Altınel, H. (2011). *İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği*. Detay Yayıncılık: Ankara.
- Aritan, A. E., Demir, M. (2015). “Krom Ocaklarında Karşılaşılan Toz Problemi: Denizli Örneği”, *Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, 21-22 Aralık 2015, Adana. 383-392.
- Aritan, A. E., ve Tümer, M. (2015). “Madencilik Çalışmalarında Oluşan Titreşimin Makine ve İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi”, *Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, 21-22 Aralık 2015, Adana. 323-334.
- Ayanoğlu, S. (2019). Bir Yeraltı Kaya Tuzu Madenindeki Toz Maruziyet Risklerinin Değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Balcı, S. (2016). Çimento Üretiminde Toz ve Gürültü Maruziyetinin Değerlendirilmesi. Yayınlanmamış İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bilim, N. (2017). “Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği”. M. Altın, Ş. Taşdemir (ed.), içinde *İSG İş Sağlığı ve Güvenliği* (s. 654-672). Eğitim Yayınevi: Konya.
- Bilir, N. (2016). *İş Sağlığı ve Güvenliği*. Güneş Tıp Kitabevi: Ankara.
- Bovenzi, M., Franzinelli, A., Strambi, F. (1988). “Prevalence of vibration-induced white finger and assessment of vibration exposure among travertine workers in Italy”. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 61(1), 25–34.
- Crocker, M. J. (2007). “General Introduction To Noise And Vibration Effects On People And Hearing Conservation”. M. J. Crocker (eds.), in: *Handbook of Noise and Vibration Control* (pp. 303-307). John Wiley & Sons: New York.

- Çalık, Ö. (2017). Yapı İşlerinde Çalışanların Titreşim Maruziyetinin Tespiti Üzerine Bir İrdeleme. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik. (2013). Resmi Gazete, 28.07.2013 Tarih, Sayı: 28721, Ankara.
- Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik. (2013). Resmi Gazete, 22.08.2013 Tarih, Sayı: 28743, Ankara.
- Delice, H. R. (2017). Sivas Votorantim Çimento Fabrikasının Bölümlerinin Aydınlatma, Termal Konfor Ve Titreşim Maruziyeti Açısından Değerlendirilmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Doğan, O. (2023). "Evaluation of Noise and Vibration Levels in Mining Activities in Terms of Occupational Health and Safety: A Sample Application". *International Social Sciences Studies Journal*, 114, 7731-7738. <https://doi.org/10.29228/sssj.70984>
- Donoghue, A. M. (2004). "Occupational health hazards in mining: An overview". *Occupational Medicine*, 54(5), 283–289.
- Duran, Z., Erdem, B., Doğan, T. (2018). "Maden Makinelerinin Frekans-Gürültü İlişkisi". *Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 6(4), 737-752. <https://doi.org/10.15317/Scitech.2018.164>
- Ediz, İ. G., Beyhan, S., Akçakoca, H., Sarı, E. (2002). "Madencilikte Gürültü Sorunu ve Gürültüye Bağlı İşitme Kayıpları". *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*, 003, 50-64.
- Erdem, B., Duran, Z., Doğan, T., Yüksel, H. (2017). "Açık maden işletmelerindeki iş makinesi operatörlerinin gürültü maruziyetinin incelenmesi". *Scientific Mining Journal*, 56(4), 148-165. <https://doi.org/10.30797/madencilik.391535>.
- Erol, İ. (2022). "Yeraltı Kömür Maden Makinaları Operatörlerinin Gürültü ve Titreşim Maruziyetlerinin Araştırılması". *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 37(1), 55-65.
- Erol, İ., Su, O. (2015). "Darbeli Gürültüye Sebep Olan Makinelerin Gürültü Düzeylerinin Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi". *Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, 21-22 Aralık 2015, Adana. 365-382.

- Erol, İ., Su, O. (2015). “Mekanize Bir Yeraltı Maden İşletmesinde Gürültü Seviyelerinin İncelenmesi”. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2), 191-200.
- Eser, A. (2015). “Maden İşlerinde Solunum Koruyucu Donanımlar”. *Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, 21-22 Aralık 2015, Adana. 301-312.
- Fişne, A. (2008). Türkiye Taşkömürü Kurumu Ocaklarında Gürültü Koşullarının İncelenmesi Etkilenme Düzeylerinin İstatistiksel Analizi ve Risk Değerlendirme. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Frank, T., Bise, C. J., Michael, K. (2003). “A hearing conservation program for coal miners”. *Occupational Health & Safety*, 72(3), 106–110.
- Gülbahar, B. (2019). Farklı sektördeki çalışanların maruz kaldığı gürültü seviyesinin iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliğine göre karşılaştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarsus.
- Gürsoy, S. (2020). Farklı Endüstriyel Sektörlerdeki Kapalı Çalışma Ortamları İçin Gürültü Haritalarının Hazırlanması, Analizi Ve Gürültü Kontrol Önerileri. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Gürültü Yönetmeliği. (2013). ÇSGB (Resmi Gazete), 28.07.2013 Tarih, Sayı: 28701, Ankara.
- Güven, H. N. R. (2002). Titreşimin El Kol Üzerindeki Sağlık Etkileri. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Işikel, K. (2006). “Endüstri Tesislerinde Gürültü Kontrolü ve Uygulamaları”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 91, 69-73.
- Kaya, F. (2021). Haddehanelerde Fiziksel Risk Etmenlerinin İncelenmesi: Karabük Haddehaneleri Örneği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kurter, M. O. (2019). Geoteknik Çalışmalarda İş Güvenliği ve Gürültünün İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

- Küllaç, Ö. (2019). Tekstil İşyerlerinde Gürültü Kaynakları ve Gürültü ile İlgili İş Sağlığı ve Güvenliği Önlemleri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Mert, G. (2020). Madeni Yağ Üretim Tesisinde Fiziksel Risk Etmenlerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Temelleri Bazında İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Medipol Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- NIOSH. (2000). Injuries, illnesses, and hazardous exposures in the mining industry, 1986–1995: A surveillance report. NIOSH: Washington, DC.
- Önder, M. E. (2019). Gürültü ve Titreşim Hakkındaki Mevzuat Hükümlerinin Uygulanmasının Farklı Sektörlerde Çalışanların İş Verimliliği Üzerindeki Etkileri. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Öz, İ. O. (2019). Tekstil Sektöründe Termal Konfor, Aydınlatma, Gürültü Ölçümleri ve Alınacak Önlemlerin Değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uşak.
- Özdoğan, M.G., Sarıcı, D.E. (2015). “Bir Açık Kömür İşletmesinde Risklerin ve Önlemlerin Değerlendirilmesi”. *Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, 21-22 Aralık 2015, Adana. 181-196.
- Özmen, A. (2014). Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik Hükümlerinin Örneklerle Ve Saha Uygulamalarıyla Açıklanması. Yayınlanmamış İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Reeves, E., Randolph, F., Yantek, S., and Peterson, J. (2009). “Noise Control In Underground Metal Mining, Centers for Disease Control and Prevention”. *National Institute for Occupational Safety and health*, Pittsburg.
- Ruffle, P. A. B., Lee, W. R., McCallom, R. I., and Murray, R. (1987). “Chapter 10”. P. Baxter, A. Tar-Ching, A. Cockcroft, P. Durrington, J. M. Harrington (eds.), in *Hunters Diseases of Occupations*, CRC Press: London.
- Sabancı, A., Sümer, S. K. (2015). *Ergonomi*. Nobel Yayıncılık: Ankara.

- Sevgi, A. (2020). Kapalı Alanlarda Yüksek Gürültü ve Titreşime Maruz Kalan Çalışanların Kardiyovasküler Parametrelerinin Ölçülerek İnsan Sağlığı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarsus.
- Sezginer, S. (2015). “Kişisel Koruyucu Donanımların Doğru Seçimi Doğru Kullanılması ve Kişisel Koruyucu Malzemelerin Taşınması Gereken Özellikleri”. *Mühendis ve Makina Dergisi*, 55(655), 57-60.
- SGK (2024). SGK: *İstatistik Yıllıkları*, Erişim: 21.04.2024, <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Index/6863b1e8-c384-4f46-90c6-511dac2376d2/>
- Tekin, A. (2020). “Noise Exposure Estimation of Surface-Mine- Heavy Equipment Operators Using Artificial Neural Networks”. *Celal Bayar University Journal of Science*, 16(4), 429-436.
- Tekin, A., Nalbant, M. O., Orhan, M. F., Tekin, F., Suvaydan, K., Berki, S., Gümüş, A. A. (2023). “Türkiye Soma Havzasında Yeraltı Maden İşçilerinin Maruz Kaldıkları Gürültü Etkilerinin İstatistiksel Analizi”. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 11(2), 449-458.
- Tekin, A., Nalbant, M. O., Orhan, M., Tekin, F., vd. (2022). “Yeraltı Madencilğinde Meydana Gelen Gürültü Şiddetinin İncelenmesi”. *Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, 1(33), 16-23. <https://doi.org/10.47118/somatbd.1110492>.
- Tozla Mücadele Yönetmeliği, ÇSGB, (Resmi Gazete). 05.10.2013 Tarih, Sayı: 28812, Ankara.
- Yağcı, M., Yıldızlar, O., Yıldırım, M. (2022). “Madencilik Sektöründe Görülen Ergonomik Risk Faktörleri”. *Ergonomi*, 5(1), 55-71.
- Yuvka, Ş., Uysal, Ö., Dolgun, S. (2023). “Yeraltı Maden İşletmelerindeki Meslek Gruplarının Gürültü Maruziyetinin Belirlenmesi”. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(2), 663-674. <https://doi.org/10.31796/ogummf.1294497>
- Zeyrek, S. (2009). Titreşim. Yayınlanmamış İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.