T. C.
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DE BAZI MADEN MAKİNALARINDA GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüsnü YÜKSEL
(201292111051)

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bülent ERDEM

SİVAS
EYLÜL 2017

Hüsnü YÜKSEL'in hazırladığı ve "**Türkiye'de Bazı Maden Makinalarında Gürültü Ölçümü ve Değerlendirilmesi**" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Bülent ERDEM** Cumhuriyet Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Atilla CEYLANOĞLU** Cumhuriyet Üniversitesi	.....
	Prof. Dr. İhsan ÖZKAN Selçuk Üniversitesi	.....

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. İdris ZORLUTUNA
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu'nda (Yönerge) belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) Komisyonu tarafından M-574 Nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Bütün hakları saklıdır.
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Hüsnü YÜKSEL, 2017

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu'nda (Yönerge) belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

21.08.2017

Hüsnü YÜKSEL

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Tezin tüm aşamalarında birlikte çalıştığım danışman hocam Sayın Prof. Dr. Bülent ERDEM'e çok teşekkür ederim.

Tezin saha çalışması bölümünü oluşturan gürültü ölçümlerinde yöntem ve veri alımı süreçlerinde destek olan Cumhuriyet Üniversitesi Sivas Meslek Yüksek Okulu Öğretim Görevlisi Sayın Zekeriya DURAN ile Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü araştırma görevlisi Sayın Tuğba DOĞAN'a müteşekkirim.

Jüri üyelerim Sayın Prof. Dr. Atilla CEYLANOĞLU ve Sayın Prof. Dr. İhsan ÖZKAN'a yaptıkları olumlu eleştiriler ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Manevi destekleriyle her zaman yanımda olan eşime ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı'na da tez çalışması için gerekli maddi desteği sağladığından dolayı teşekkür ederim.

ÖZET

TÜRKİYE'DE BAZI MADEN MAKİNALARINDA GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Hüsnü YÜKSEL

Yüksek Lisans Tezi
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Bülent ERDEM
2017, 153+xvii sayfa

Gürültü, istenmeyen seslerden oluşan önemli bir çevre kirliliği kaynağıdır. Endüstrinin çeşitli dallarında maruz kalınan gürültü seviyeleri incelendiğinde madencilikte karşılaşılan gürültü, havaalanı gürültüsünden sonra ikinci sırada gelmektedir. Günümüz madencilik sektöründe mekanizasyon uygulanmakta olup çalışanlar yüksek düzeyli gürültü ile karşı karşıya kalabilmekte ve buna bağlı olarak ta işitme kayıpları gelişebilmektedir. Bir meslek hastalığı olarak ortaya çıkan işitme kayıplarının maden işyerlerinde çalışan personel üzerinde fizyolojik ve psikolojik etkileri bulunmakta, insanlar üzerinde geçici ve kalıcı duyma kayıplarına neden olmaktadır. İşitme kaybı ilk bakışta gürültüye bağlı ortaya çıkan bir meslek hastalığı gibi görünse de insan bedeni üzerindeki etkileri düşünüldüğünde iş kazalarının nedenleri içerisinde önemli yer oluşturmaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında maden işletmelerinde kullanılan farklı tip ve modelde 67 adet iş makinesinden gürültü ölçümleri alınmıştır. İş makineleri arasında hafriyat kamyonu, terskepçe hidrolik ekskavatör, paletli dozer, greyder, lastik tekerlekli yükleyici, lastik tekerlekli titreşimli silindir, hidrolik kırıcı, delici, döner kepçeli ekskavatör, aktarma aracı, dökücü, kömür yükleyici, kömür serici ve terskepçe yükleyici bulunmaktadır. Gürültü ölçümleri Sivas ve komşu illerde yer alan bir yol inşaat çalışması, bir kum ocağı, bir açık kireçtaşı işletmesi, bir açık demir işletmesi, bir açık altın işletmesi ve bir açık kömür işletmesi olmak üzere toplam altı işyerinden alınmıştır.

Paletli dozer en yüksek gürültü maruziyetine neden olurken DKE kömür yükleyici/sericileri en düşük gürültü maruziyetine yol açmaktadır. En düşük gürültü maruziyeti genellikle bekleme evresinde oluşmuştur. İşletmeler bazında da en düşük gürültü maruziyetinin çoğunlukla bekleme evresinde, en yüksek gürültü maruziyetinin ise genellikle araçların temel işlevlerini yaparken oluştuğu söylenebilir. Paletli dozer, lastik tekerlekli yükleyici ve greyder operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi düşük frekanslı ses aralığına, diğerleri ise orta frekanslı ses aralığına denk gelmektedir.

Anahtar kelimeler: Gürültü ölçümü, maden makinası, frekans analizi, TS 2607 ISO 1999

ABSTRACT

NOISE MEASUREMENT AND EVALUATION in SOME MINING MACHINES in TURKEY

Hüsnü YÜKSEL

Master of Science Thesis, Department of Mining Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Bülent ERDEM
2017, 153 pages

Noise, which is composed of unwanted sound, is a significant source of environmental pollution. When levels of noise exposed in the various branches of industry are analyzed, mining ranks second after the airport noise. In today's mining industry mechanization is being implemented and workers may be faced with a high level of noise and accordingly, hearing loss can be observed. The hearing loss as an occupational disease has the physiological and psychological effects on personnel working in the mining workplaces. Besides it leads to temporary and permanent hearing loss in workers. Though hearing loss may appear to emerge as an occupational disease related to noise at first, when its effects on human body is considered it can be realized that it constitutes an important place in the causes of occupational accidents.

Within the scope of this research thesis noise measurements were taken from 67 units of mining machinery of different types and models used in the mining operations. Among them dumpers, hydraulic backhoes, crawled dozers, graders, wheeled front-end loaders, wheeled vibrating rollers, hydraulic breakers, drills, bucket wheel excavators, their integrated tripper cars, spreaders, BWE coal loaders, coal spreaders and backhoe loaders can be mentioned. Noise measurements were taken from a total of six mining workplaces, namely, road construction work, a sand quarry, an open limestone quarry, an open iron mine, an open gold mine and an open coal mine.

Crawler dozer ranks the highest in noise exposure while coal loader/spreader ranks the lowest. In most cases the lowest noise exposure was recorded in the waiting phase. On the basis of mines, the lowest noise exposure was recorded mostly in the waiting while the highest occurred when the machines performed their basic functions. The maximum noise level of crawled dozer, wheeled loader and grader operators corresponds to low frequency sound range while others are exposed to mid-range frequency sound range.

Key words: Noise measurement, mining machinery, frequency analysis, TS 2607 ISO 1999

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **Vii**
ABSTRACT ..... **Viii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **Xi**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **Xiii**
SİMGELER DİZİNİ ..... **XV**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **XVii**

1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **2**
2.1 Ses ve Gürültü 2
2.2 Sesin Fiziksel Özellikleri 3
2.2.1 Genlik 3
2.2.2 Frekans, Dalga Boyu ve Periyot 4
2.2.3 Ses Hızı 5
2.2.4 Ses Basıncı 6
2.2.5 Ses Şiddeti 6
2.2.6 Ses Gücü 8
2.3 İlgili standartlar 8
2.4 Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri 10
2.5 Gürültüden Korunma Yöntemleri 15
2.6 Öncel Çalışmalar 17
3. GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ VE MARUZİYETİN DEĞERLENDİRİLMESİ **29**
3.1 Gürültü Terminolojisi 29
3.2 Gürültü Ölçümü 32
3.2.1 Görev tabanlı ölçüm yöntemi 32
3.2.2 İş tabanlı ölçüm yöntemi 35
3.2.3 Tam gün ölçüm yöntemi 37
3.2.4 Ölçüm belirsizliği 38
4. SAHA ÇALIŞMALARI **50**
4.1 Giriş 50
4.2 Çalışma Uzayı 50
4.3 Hafriyat Kamyonları 53
4.4 Hidrolik Terskepçe Ekskavatörler 65
4.5 Paletli Dozerler 73
4.6 Lastik Tekerlekli Yükleyiciler 79
4.7 Greyderler 85
4.8 Titreşimli Silindirler 90
4.9 Deliciler 95
4.10 Hidrolik Kırıcılar 100
4.11 Döner Kepçeli Ekskavatörler 104
4.12 DKE Aktarma Araçları 108
4.13 Dökücüler 112
4.14 Kömür Yükleyici ve Sericiler 116
4.15 Tüm İş Makineleri 120
5. FREKANS-GÜRÜLTÜ İLİŞKİSİ **121**
5.1 Giriş 121
5.2 Frekansın Gürültü Üzerindeki Etkisi 121
5.3 Hafriyat Kamyonları Frekans-Gürültü İlişkisi 124
5.4 Hidrolik Terskepçe Ekskavatör Frekans-Gürültü İlişkisi 125
5.5 Paletli Dozer Frekans-Gürültü İlişkisi 128
5.6 Lastik Tekerlekli Yükleyici Frekans-Gürültü İlişkisi 130

5.7 Greyder Frekans-Gürültü İlişkisi 132
5.8 Titreşimli Silindir Frekans-Gürültü İlişkisi 134
5.9 Delici Frekans-Gürültü İlişkisi 136
5.10 Hidrolik Kırıcıların Frekans-Gürültü İlişkisi 138
5.11 Döner Kepçeli Ekskavatörlerin Frekans-Gürültü İlişkisi 140
5.12 DKE Aktarma Araçlarının Frekans-Gürültü İlişkisi 141
5.13 Dökücülerin Frekans-Gürültü İlişkisi 142
5.14 Kömür Yükleyici/Sericilerin Frekans-Gürültü İlişkisi 143
5.15 Tüm İş Makinesi Gruplarının Frekans-Gürültü İlişkisi 144
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 145
6.1 Sonuçlar 145
6.2 Öneriler 147

KAYNAKLAR 148

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Bir ses dalgası (Url-4). **2**
Şekil 2.2 Sesin genliği (Url-5) **3**
Şekil 2.3 Çeşitli ses kaynaklarının frekans aralığı (Url-6). **4**
Şekil 2.4 İşitilebilir frekans aralığı (Brüel & Kjær, 1998). **5**
Şekil 2.5 Ağırlıklandırılmamış ses seviyeleri ve tipik kaynakları (Url-7). **7**
Şekil 2.6 Yankı ya da yansıma olmayan ortamda noktasal bir kaynaktan yayılan sesin şiddeti (Url-8). **8**
Şekil 3.1 Leq, SEL ve zaman içinde değişen RMS karşılaştırması (Url-12). **32**
Şekil 3.2 İş ve görevlerin hiyerarşisini gösterir örnek uygulama (Özmen, 2014) **33**
Şekil 4.1 Çalışmalarda kullanılan gürültü seviyesi ölçüm cihazı (Svantek, 2012) **53**
Şekil 4.2 Hafriyat kamyonu sürücüleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı **56**
Şekil 4.3 Hafriyat kamyonlarının tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_14) **57**
Şekil 4.4 Hidrolik terskepçe ekskavatör operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı **67**
Şekil 4.5 Hidrolik terskepçe ekskavatörlerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_8) **68**
Şekil 4.6 Paletli dozer operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı **75**
Şekil 4.7 Paletli dozerlerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_5) **76**
Şekil 4.8 Lastik tekerlekli yükleyici operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı **81**
Şekil 4.9 Lastik tekerlekli yükleyicilerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_3) **82**
Şekil 4.10 Greyder operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı **87**
Şekil 4.11 Greyderlerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_3) **88**
Şekil 4.12 Titreşimli silindir operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı **92**
Şekil 4.13 Titreşimli silindirlerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_3) **93**
Şekil 4.14 Delici operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı **97**
Şekil 4.15 Delicilerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_1) **98**
Şekil 4.16 Hidrolik kırıcı operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı **101**
Şekil 4.17 Hidrolik kırıcıların tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_2) **102**
Şekil 4.18 DKE operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı **105**
Şekil 4.19 Döner kepçeli ekskavatörlerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_2) **106**
Şekil 4.20 DKE aktarma aracı operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı **109**
Şekil 4.21 DKE aktarma araçlarının tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_2) **110**
Şekil 4.22 Dökücü operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı **113**
Şekil 4.23 Dökücülerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_3) **114**
Şekil 4.24 Yükleyici/serici operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı **117**
Şekil 4.25 Kömür yükleyici/serici birimlerinin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_3) **118**
Şekil 4.26 Tüm iş makinelerinin gürültü değerleri **120**
Şekil 5.1 Tüm hafriyat kamyonlarının frekans-gürültü ilişkisi **125**
Şekil 5.2 Hafriyat kamyonlarının işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi **125**
Şekil 5.3 Tüm hidrolik terskepçe ekskavatörlerin frekans-gürültü ilişkisi **127**
Şekil 5.4 Hidrolik terskepçe ekskavatörlerin işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi **127**
Şekil 5.5 Tüm paletli dozerlerin frekans-gürültü ilişkisi **129**
Şekil 5.6 Paletli dozerlerin işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi **129**
Şekil 5.7 Tüm lastik tekerlekli yükleyicilerin frekans-gürültü ilişkisi **131**
Şekil 5.8 Lastik tekerlekli yükleyicilerin işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi **131**
Şekil 5.9 Tüm greyderlerin frekans-gürültü ilişkisi **133**
Şekil 5.10 Greyderlerin işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi **133**
Şekil 5.11 Tüm titreşimli silindirlerin frekans-gürültü ilişkisi **135**
Şekil 5.12 Titreşimli silindirlerin işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi **135**

Şekil 5.13 Tüm delicilerin frekans-gürültü ilişkisi **137**
Şekil 5.14 Delicilerin işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi **137**
Şekil 5.15 Tüm hidrolik kırıcıların frekans-gürültü ilişkisi **139**
Şekil 5.16 Hidrolik kırıcıların işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi **139**
Şekil 5.17 Döner kepçeli ekskavatörlerin bireysel ve grup halinde frekans-gürültü ilişkisi **140**
Şekil 5.18 DKE aktarma araçlarının bireysel ve grup halinde frekans-gürültü ilişkisi **141**
Şekil 5.19 Dökücülerin bireysel ve grup halinde frekans-gürültü ilişkisi **142**
Şekil 5.20 Kömür yükleyici/sericilerin bireysel ve grup halinde frekans-gürültü ilişkisi **143**
Şekil 5.21 Tüm iş makinesi gruplarının frekans-gürültü ilişkisi **144**

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Çeşitli endüstri dallarındaki gürültü düzeyleri (Suter, 1994) **3**
Çizelge 2.2 Gürültü seviyesi örnekleri (Çakar, 1988) **9**
Çizelge 2.3 NIOSH tarafından önerilen en yüksek gürültü maruziyet süreleri (Url-10) **10**
Çizelge 2.4 Gürültünün insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri (Erdem vd., 2016) **11**
Çizelge 2.5 Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri (Fişne, 2008) **12**
Çizelge 2.6 Hindistan'daki kömür ocağında gürültü düzeyleri (Sharma vd., 1998) **18**
Çizelge 2.7 Sarı (2001) tarafından maden işyerlerinde ölçülen gürültü düzeyleri **20**
Çizelge 2.7 Sarı (2001) tarafından maden işyerlerinde ölçülen gürültü düzeyleri (devam ediyor) .. **21**
Çizelge 2.8 Yeraltı kömür ocağında gürültü düzeyleri (McBride, 2004) **21**
Çizelge 2.9 Yerüstü kömür ocağında ekskavatör ve delici gürültü düzeyleri (Çınar, 2005) **22**
Çizelge 2.10 Tunçbilek açık ocağında gürültü düzeyleri (Şensöğüt ve Çınar, 2007) **23**
Çizelge 2.11 Taş ocaklarında gürültü düzeyleri (Engel ve Kosala, 2007) **23**
Çizelge 2.12 Yeraltı, yerüstü kömür ocakları ile kömür hazırlama tesisi ve atölyelerde gürültü düzeyleri (Şensöğüt, 2007) **24**
Çizelge 2.13 Yeraltı kömür ocaklarında gürültü düzeyleri (Fişne, 2008) **25**
Çizelge 2.14 Üç maden işletmesinde gürültü düzeyleri (Çınar ve Şensöğüt, 2013) **26**
Çizelge 2.15 Açık kömür işletmelerinde gürültü düzeyleri (Parnell, 2015) **28**
Çizelge 2.16 Andezit ocağında gürültü düzeyleri (Kosala ve Bartłomiej, 2016) **28**
Çizelge 3.1 Homojen gürültü maruziyet gruplarının toplam ölçüm süresi belirleme tablosu (Özmen, 2014) **36**
Çizelge 3.2 Temel ölçüm stratejisinin seçimi (Özmen, 2014) **37**
Çizelge 3.3 Kaynakçının yaptığı görevlerdeki gürültü sonuçları **41**
Çizelge 3.4 Ölçülen $L_{p,A,eqT,n}$ değerlerinin belirsizliğe katkısı (c1u1) **45**
Çizelge 3.5 İş tabanlı ölçüm sonuçları **46**
Çizelge 3.6 Tam gün ölçüm sonuçları **48**
Çizelge 4.1 Çalışmada ölçüm alınan iş makineleri **51**
Çizelge 4.1 Çalışmada ölçüm alınan iş makineleri (devam ediyor) **52**
Çizelge 4.2 Çalışmada ölçüm alınan iş makinelerinin işletmelere dağılımı **53**
Çizelge 4.3 Çalışmada ölçüm alınan hafriyat kamyonlarının teknik özellikleri **54**
Çizelge 4.4 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA) **56**
Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri **58**
Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor) **59**
Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor) **60**
Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor) **61**
Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor) **62**
Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor) **63**
Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor) **64**
Çizelge 4.6 Çalışmada ölçüm alınan hidrolik terskepçe ekskavatörlerin teknik özellikleri **66**
Çizelge 4.7 Çalışmada örneklenen hidrolik terskepçe ekskavatörlerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA) **67**
Çizelge 4.8 Çalışmada örneklenen hidrolik terskepçe ekskavatörlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri **69**
Çizelge 4.8 Çalışmada örneklenen hidrolik terskepçe ekskavatörlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor) **70**

Çizelge 4.8 Çalışmada örneklenen hidrolik terskepçe ekskavatörlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor) **71**
Çizelge 4.8 Çalışmada örneklenen hidrolik terskepçe ekskavatörlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor) **72**
Çizelge 4.9 Çalışmada ölçüm alınan paletli dozerlerin teknik özellikleri **73**
Çizelge 4.10 Çalışmada örneklenen paletli dozerlerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA) **74**
Çizelge 4.11 Çalışmada örneklenen paletli dozerlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri **77**
Çizelge 4.11 Çalışmada örneklenen paletli dozerlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor)..... **78**
Çizelge 4.12 Çalışmada ölçüm alınan lastik tekerlekli yükleyicilerin teknik özellikleri..... **80**
Çizelge 4.13 Çalışmada örneklenen tekerlekli yükleyicilerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)..... **81**
Çizelge 4.14 Çalışmada örneklenen lastik tekerlekli yükleyicilerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri **83**
Çizelge 4.14 Çalışmada örneklenen lastik tekerlekli yükleyicilerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor) **84**
Çizelge 4.15 Çalışmada ölçüm alınan greyderlerin teknik özellikleri..... **85**
Çizelge 4.16 Çalışmada örneklenen greyderlerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)..... **86**
Çizelge 4.17 Çalışmada örneklenen greyderlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri **89**
Çizelge 4.18 Çalışmada ölçüm alınan titreşimli silindirlerin teknik özellikleri **90**
Çizelge 4.19 Çalışmada örneklenen titreşimli silindirlerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA) **91**
Çizelge 4.20 Çalışmada örneklenen titreşimli silindirlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri **94**
Çizelge 4.21 Çalışmada ölçüm alınan delicilerin teknik özellikleri..... **95**
Çizelge 4.22 Çalışmada örneklenen delicilerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)..... **96**
Çizelge 4.23 Çalışmada örneklenen delicilerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri **99**
Çizelge 4.24 Çalışmada ölçüm alınan hidrolik kırıcıların teknik özellikleri **100**
Çizelge 4.25 Çalışmada örneklenen hidrolik kırıcıların eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA) **101**
Çizelge 4.26 Çalışmada örneklenen hidrolik kırıcıların ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri **103**
Çizelge 4.27 Çalışmada ölçüm alınan DKE'lerin teknik özellikleri..... **104**
Çizelge 4.28 Çalışmada örneklenen DKE'lerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)..... **105**
Çizelge 4.29 Çalışmada örneklenen döner kepçeli ekskavatörlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri **107**
Çizelge 4.30 Çalışmada ölçüm alınan aktarma araçlarının teknik özellikleri **108**
Çizelge 4.31 Çalışmada örneklenen DKE aktarma araçlarının eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA) . **109**
Çizelge 4.32 Çalışmada örneklenen DKE aktarma araçlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri **111**
Çizelge 4.33 Çalışmada ölçüm alınan dökücülerin teknik özellikleri **112**
Çizelge 4.34 Çalışmada örneklenen dökücülerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA) **113**
Çizelge 4.35 Çalışmada örneklenen dökücülerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri... **115**
Çizelge 4.36 Çalışmada ölçüm alınan yükleyici/sericilerin teknik özellikleri..... **116**
Çizelge 4.37 Çalışmada örneklenen yükleyici/serici birimlerinin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA) **117**
Çizelge 4.38 Çalışmada örneklenen kömür yükleyici ve kömür sericilerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri **119**

SİMGELER DİZİNİ

c	:	Ses hızı (344 m/s)
$c_{1a,m}$	:	*m* görevi için numunelendirmeden gelen hassasiyet katsayısı
$c_{1b,m}$	:	*m* görevinin süresinden gelen hassasiyet katsayısı
c_1u_1	:	Gürültü seviyesi numunelendirmesine bağlı standart belirsizlik
c_2	:	Hassasiyet katsayıları
dB	:	Şiddet birimi
dBA	:	İnsan kulağının hassas olduğu orta/yüksek frekansların vurgulandığı ses değerlendirmesi birimi
f	:	Frekans (Hz)
I	:	Ses şiddeti (watt/m²)
I	:	Görev numunelerinin *m,* toplam sayısı
i	:	*m* görevi numune sayısı
j	:	*m* görevi için gözlemlenen görev süresi numarası
$L_{EX,\ 8h}$	:	8 saatlik eş değer ses düzeyi ($L_{EP,d}$)
$L_{EX,\ 8h,m}$	:	*m* görevinin A-ağırlıklı gürültü maruziyeti seviyesinin günlük maruziyet seviyesine katkısı
L_{eq}	:	Eşdeğer gürültü düzeyi
$L_{Aeq,T}$	:	Toplam maruz kalınan A-ağırlıklı ses basınç seviyesi
L_{max}	:	Maksimum ses seviyesi
L_{min}	:	Minimum ses seviyesi
L_p	:	Ses basınç seviyesi
L_{p,Aeq,T,m_i}	:	T_m süresinin bir görev süresince A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi
$\bar{L}_{p,A,eq,T,m}$	:	*m* görevi numunelerinin ses basıncı seviyelerinin aritmetik ortalaması
$L^*_{p,A,eq,T,m}$	:	*m* görevinin A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi
m	:	Görev numarası
M	:	Görevlerin toplam sayısı
M	:	Moleküler ağırlık (hava için 0,029 kg/mol)
n	:	Ölçüm numarası
N	:	Toplam ölçüm sayısı
n_G	:	Maruz kalınan homojen gruptaki çalışan sayısı
p_0	:	Referans ses basıncı
P	:	Ses basıncı (Pa)
P_{tepe}	:	En yüksek ses basıncı
r	:	Kaynaktan uzaklık (m)
R	:	Spesifik gaz sabiti (gazlar için 287 J/kg.K)
T	:	Periyot (s^{-1})
T	:	Sıcaklık (°)
T_i	:	Gürültü maruziyet hesaplamasında maruziyet süresini
T_e	:	Gürültü maruziyeti hesaplamasında toplam maruziyet süresi
$\bar{T}m$	:	Görev süresinin aritmetik ortalaması
T_e	:	Çalışma günü için maruziyet süresi
T_m	:	Maruziyet süresi
$T_{m,j}$	:	*m* görevi için gözlemlenen görev süresi
u	:	Birleşik standart belirsizlik
U	:	Genişletilmiş belirsizlik
u_1	:	Gürültü seviyesi numunelendirmesine bağlı standart sapma
$u_{1a,m}$	:	*m* görevinin gürültü seviyesi örneklemesine bağlı standart belirsizlik
$u_{1b,m}$	:	*m* görevinin süresinin tahminine bağlı standart belirsizlik
u_2	:	Kullanılan cihaza bağlı standart belirsizlik
$u_{2,m}$	:	*m* görevi için kullanılan cihaza bağlı standart belirsizlik
u_3	:	Mikrofon pozisyonuna bağlı standart belirsizlik

V_p	:	Tepe genlik
V_{pp}	:	Tepeden tepeye genlik
V_{RMS}	:	KOK genlik
W	:	Kaynağın ses gücü (watt)
ρ	:	Ortamın yoğunluğu (kg/m³)
λ	:	Dalga Boyu (m)
γ	:	Spesifik ısı oranı (hava için 1,402)

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ÇSGB	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
DKE	Döner Kepçeli Ekskavatör
ELİ	Ege Linyitleri İşletmesi
GLİ	Garp Linyitleri İşletmesi
ILO	International Labour Organization
ISO	International Organization for Standardization
İSGÜM	İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü
MSHA	Mine Safety and Health Administration
NIHL	Noise Induced Hearing Loss
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OAL	Orta Anadolu Linyitleri İşletmesi
OSHA	Occupational Safety and Health Agency
RMS	Karelerin ortalamasının karekökü, KOK
SEL	Ses maruziyet düzeyi
SGK	Sosyal Güvenlik Kurumu
SLİ	Seyitömer Linyitleri İşletmesi
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TTK	Türkiye Taşkömürü Kurumu
WHO	World Health Organization

1. GİRİŞ

Tüm dünya üzerinde sağlık hakkı, insanların en temel haklarından birisi olarak kabul edilip, doğrudan ülkelerin anayasalarında yer alan ve hükme bağlanan bir haktır. İş sağlığı ise, gerek ülkenin üreten insan kaynağını çok yakından ilgilendirmesi, gerekse bozulması halinde hem kendisi, hem ailesini hem de ülke ekonomisini çok ağır maddi ve manevi kayıplara uğratması açısından önem kazanmaktadır. İşyerinde verimliliğin arttırılabilmesi için öncelikle iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması gerekmektedir. Çalışanın sağlığı sadece işyeri ile sınırlı olmayıp iş ortamından çalışanın evine kadar uzanan geniş bir etkilenim söz konusudur. Çalışanın sağlıklı bir birey olması, ailesi ve dolayısıyla toplumun sağlık düzeyini olumlu etkilemektedir.

En temel yaşama hakkına rağmen ILO kaynaklarına göre dünyada her 15 saniyede bir işçi, her gün 6300 kişi yılda ise 2,3 milyondan daha fazla insan iş kazaları ve meslek hastalıklarından dolayı hayatını kaybetmektedir. Yine aynı kaynaklara göre; her 15 saniyede bir 153 işçi, her yıl 317 milyon kişi iş kazalarına maruz kalmaktadır. Bu kazaların küresel ölçekçe toplam ekonomik yükü gayri safi yurt içi hasılaya oranı %4 olarak tahmin edilmektedir (Url-1).

OSHA yayınlarında; Avrupa ülkelerinde iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu yılda 5500 kişinin hayatını kaybettiği, 75000 kişinin sürekli çalışamaz duruma düştüğü, 149 milyon iş günü ve 20 milyar Euro maddi kaybın meydana geldiği rapor edilmektedir (Url-2).

SGK istatistiklerine göre 2015 yılında Türkiye'de 241547 iş kazası, 510 meslek hastalığı vakası (işitme kaynaklı kişi sayısı 14) meydana gelmiş, bunların 1252'si ölümle sonuçlanmıştır. 2015 yılında iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu kaybedilen iş günü sayısı ise 2992070'dir. Geçmiş yıllarda iş kazası ve meslek hastalığı geçiren sigortalılardan 2015 yılı içinde gelir bağlananların sayısı 3580 ve sürekli iş göremezlik geliri alanların toplam sayısı ise 65361'dir. Bu rakamların yanı sıra SGK istatistiklerine yansımayan iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu kayıplar da ayrıca dikkate alındığında, iş sağlığı ve güvenliğinin sosyal ve ekonomik açıdan önemi açıkça görülmektedir (Url-3).

Bu çalışmada Sivas ve komşu illerde bulunan beş maden işletmesi ile Cumhuriyet Üniversitesi sınırları içerisinde yapılan bir yol inşaatında çalışan iş makinelerinin gürültü maruziyeti ölçümleri yapılmış ve operatörlerin frekans-gürültü maruziyet dökümü çıkarılmıştır. İkinci bölümde gürültü ile ilgili genel bilgiler, ilgili standartlar ve literatür bilgisi verilmiştir. Üçüncü bölümde gürültü ölçümü ve maruziyetinin değerlendirilmesine değinilmiştir. Operatörlerin gürültü maruziyeti üzerine yapılan saha ve ofis çalışmaları ile değerlendirilmeleri Bölüm 4'te, frekans-gürültü analizleri ise Bölüm 5'te sunulmuştur. Sonuçlar ve öneriler 6. bölümde yer almaktadır.

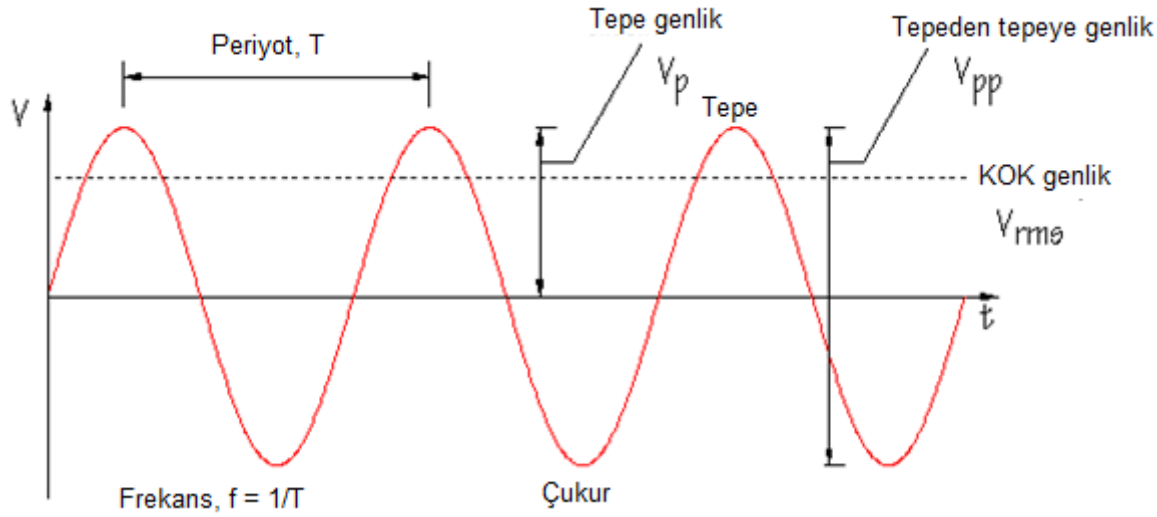
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Ses ve Gürültü

Ses nesnel (fiziksel) ve öznel (fizyolojik) olmak üzere iki açıdan tanımlanabilmektedir. Fiziksel olarak ses, elastik ortam (katı, sıvı, gaz) içinde bir titreşim kaynağı tarafından meydana getirilen basınç salınımları veya değişimleri sonucu ortam parçacıklarının yer değiştirmesi, fizyolojik bakımdan ise bir titreşim kaynağı tarafından elastik ortam içinde meydana getirilen basınç değişimlerinin duyu organı tarafından algılanmasıdır (Fişne, 2008).

Ses, elastik ortam içinde bir dizi basınç sıkışması ve genleşmesini içeren boyuna dalgalar şeklinde yayılmaktadır. Ses dalgası, bir ortamda yayılırken; ortamın parçacıkları, dalganın hareket doğrultusu boyunca yoğunluk ve hacim değişiklikleri üreterek titreşmektedir. Ses dalgaları şeklinde ortaya çıkan yer değiştirmeler, denge konumundan itibaren her bir molekülün boyuna yer değiştirmesini gerektirmektedir (Fişne, 2008). Bu sıkışma ve genleşme, yüksek ve alçak basınç bölgelerinin oluşumuna yol açmaktadır. Ses dalgasının elastik bir ortam içinde ilerlermesi şematik olarak Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

Sesin kulak tarafından duyulan yüksekliği sesin fizik şiddetine bağlı olup şiddet birimi desibeldir (dB) ve insan kulağı tarafından işitilebilen en küçük ses şiddeti olarak tanımlanmaktadır. dBA, insan kulağının en hassas olduğu orta ve yüksek frekansların özellikle vurgulandığı bir ses değerlendirmesi birimidir (Çınar, 2005; Mutlu, 2010).



Şekil 2.1 Bir ses dalgası (Url-4).

Gürültü; istenmeyen, hoşa gitmeyen ses olarak tanımlanmaktadır. Gürültü de tüm sesler gibi normal hava basıncının altında ve üstünde basınç değişiklikleri oluşturan bir titreşim aracılığıyla oluşmaktadır. Hava basıncında oluşan değişiklikler, işitme organlarına dalgalar halinde ulaşmakta ve bunun sonucu ses olarak duyulmaktadır (Çınar, 2005).

Çeşitli endüstri dallarında karşılaşılan gürültü düzeyleri Çizelge 2.1'de verilmiştir. Gürültünün şiddeti, ses dalgasının oluşturduğu basıncın boyutuna veya dalganın genliğine bağlıdır. Bu genlik basınç dalgalanması olarak ölçülmekte olup sağlıklı bir insan kulağının duyabileceği en düşük ses 20 μPa (0 dB) olarak verilmiştir. İnsan kulağı bundan on milyon kat daha yüksek olan 200 Pa (140 dB) ses basıncına dayanabilmektedir (Sezek, 2009).

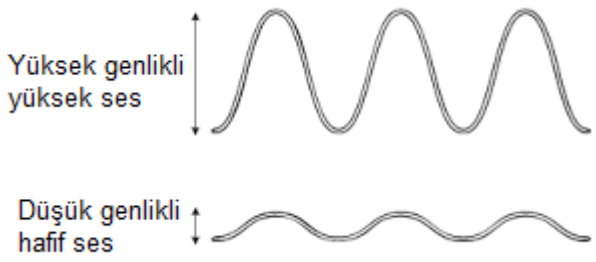
Çizelge 2.1 Çeşitli endüstri dallarındaki gürültü düzeyleri (Suter, 1994)

Gürültü türü	Gürültü düzeyi (dBA)	Gürültü türü	Gürültü düzeyi (dBA)
Havaalanı, jet motorları	120-150	Perçin atölyeleri	100-110
Madencilik	115-130	Gemi makine daireleri	100-110
Pnömatik deliciler	110-120	Matbaacılık	85-100
Ormancılık makinaları	105-115	Ağır traktörler	85-105
Yükleyiciler	105-115	Metal levha atölyeleri	90-100
Beton endüstrisi	100-115	Genel atölye gürültüsü	95-100
Dökümhaneler	100-115	Enerji teçhizatı	85-100
Tekstil Sanayi	100-115	Hafif traktörler	85-85
Dizel lokomotifler	100-110	Bilgisayar odaları	75-80
Anayollar	100-110		

2.2 Sesin Fiziksel Özellikleri

2.2.1 Genlik

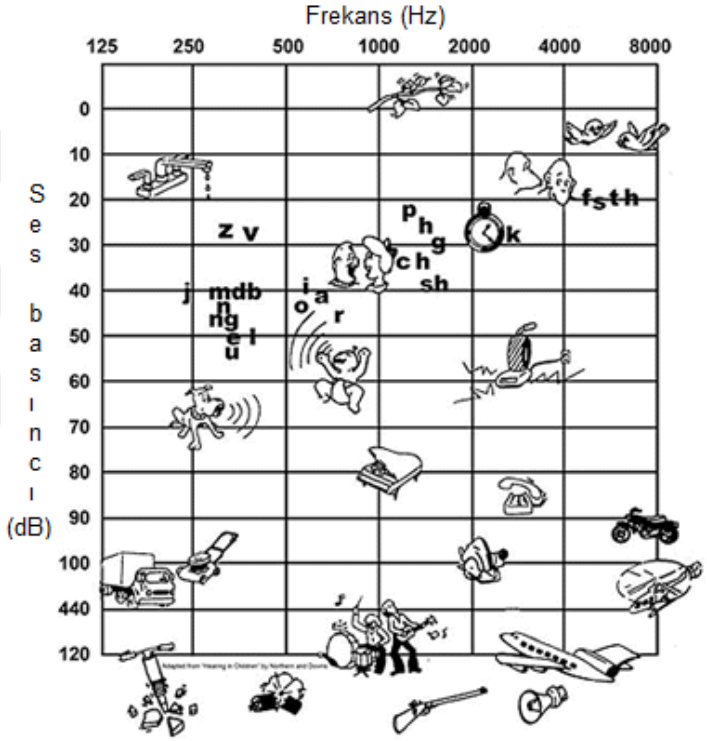
Genlik, ses dalgalarının dikey büyüklüğünün bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Ses dalgalarını oluşturan sıkışma ve genleşmeler arasındaki fark, dalgaların genliğini belirlemektedir (Şekil 2.2). Bir dalga hareketinde elastik ortamın parçacıklarının değil ancak dalganın enerjisinin ilerlediği ifade edilmiştir (Fişne, 2008).



Şekil 2.2 Sesin genliği (Url-5)

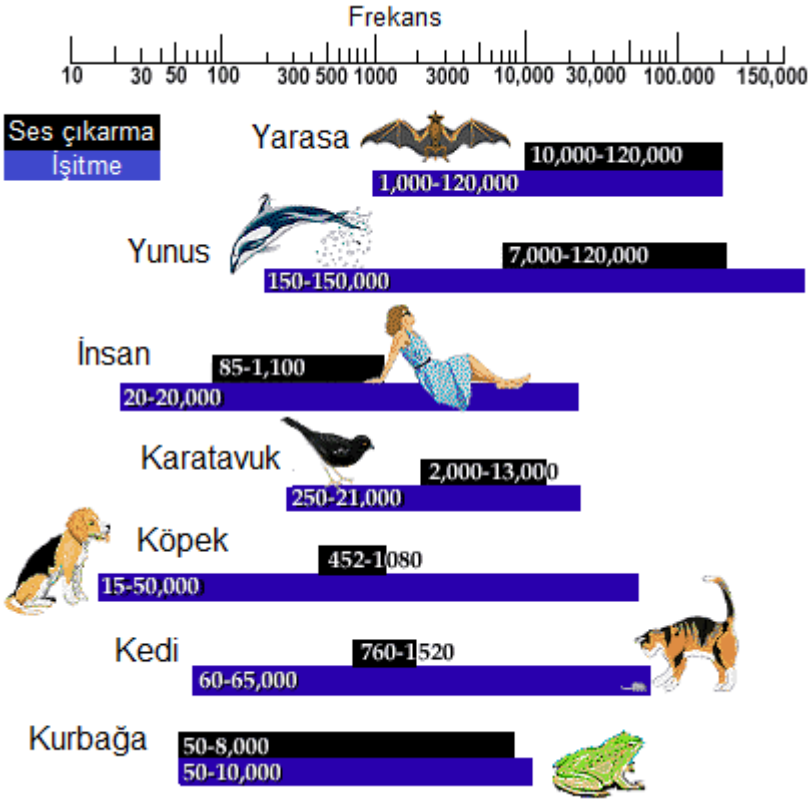
2.2.2 Frekans, Dalga Boyu ve Periyot

Frekans, periyodik bir olayın tekrar etme hızıdır. Ses frekansı birim zamanda bir titreşim kaynağı tarafından havada meydana getirilen titreşimlerin sayısı olarak tanımlanmaktadır Titreşim sayısı arttıkça frekans da artmaktadır. Frekans birimi Hertz olup 'Hz' simgesi ile gösterilmektedir. Yüksek frekans değerleri için Hertz'in bin katı olan 'kilohertz' (kHz) birimi kullanılmaktadır (Fişne, 2008). Şekil 2.3'de çeşitli ses kaynaklarının frekans aralığı verilmiştir.



Şekil 2.3 Çeşitli ses kaynaklarının frekans aralığı (Url-6).

Duyma yeteneği kişiden kişiye göre büyük değişimler göstermekle birlikte, sağlıklı ve genç bir insan kulağı 20 Hz ile 20 kHz (20000 Hz) arasındaki frekanslara sahip sesleri duyabilmektedir. Bu bölgeye "İşitilebilir Frekans Aralığı" denmektedir. 0 Hz ile 20 Hz frekans aralığı "İnfrasonik frekanslar (duyma eşiği altı ses)" olarak adlandırılmaktadır. Bu sesler insanlar tarafından duyulamamakta ancak titreşimler şeklinde hissedilebilmektedirler. Diğer yandan 20.000 Hz – 40.000 Hz frekans aralığı da "Ultrasonik frekanslar (duyma eşiği üstü ses)" olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.4'de farklı canlılar için işitilebilir frekans aralığı verilmiştir. Yaşlanma ile birlikte insanın duyma yeteneği yüksek frekanslarda göreceli olarak azalmaktadır. Yüksek seviyede seslere maruz kalındığı zaman duyma yeteneği bundan olumsuz etkilenmekte ve düşük ses seviyelerini algılama duyarlılığı azalmaktadır (Fişne, 2008).



Şekil 2.4 İşitilebilir frekans aralığı (Brüel & Kjær, 1998).

İki sıkışma veya iki gevşeme bölgesi arasındaki uzaklık dalga boyu olup 'λ' ile gösterilmektedir ve birimi metredir. Frekans, dalga boyu ile ters orantılıdır. Sesin dalga boyu 20 Hz – 10.000 Hz frekans aralığında 25 mm - 17 m arasında değişmektedir. İki sıkışma (en büyük basınç) veya iki gevşeme (en düşük basınç) bölgesi arasındaki zaman süresine ya da bir titreşim için geçen süreye ise periyot denmekte olup, birimi saniyedir (Fişne, 2008).

2.2.3 Ses Hızı

Ses dalgasının hızı, bir titreşim kaynağı tarafından oluşturulan alçak ve yüksek basınç bölgelerinin kaynaktan uzaklaşması olarak tanımlanmaktadır (Fişne, 2008). Ses hızı ile frekans ve dalga boyu arasındaki ilişki Eşitlikte 2.1'de verilmiştir.

$$c = f \cdot \lambda \qquad [2.1]$$

Burada;
c : Ses hızı (m/s)
f : Frekans (Hz)
λ : Dalga boyu (m)

Sesin havadaki hızı sıcaklık, basınç ve nem içeriğine bağlı olarak az da olsa değişebilmektedir. 20 °C sıcaklık ve 1 atmosfer basınç altındaki ses hızı yaklaşık 344 m/s'dir (Fişne, 2008). Diğer sıcaklıklar için ses hızı Eşitlik 2.2 kullanılarak hesaplanabilmektedir.

$$c = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}} \text{ (m/s)} \qquad [2.2]$$

Burada;
γ : Spesifik ısı oranı (hava için 1,402)
R : Spesifik gaz sabiti (gazlar için 287 J/kg.K)
T : Sıcaklık (^{o}K)
M : Moleküler ağırlık (hava için 0.029 kg/mol)

2.2.4 Ses Basıncı

Ses titreşimlerinin atmosfer basıncında meydana getirdiği değişimlere akustik basınç ya da ses basıncı denmektedir. Simgesi "P", birimi Paskal'dır (Pa). Statik atmosfer basıncı ile karşılaştırıldığında işitilebilir ses basıncı çok küçüktür ve 20 µPa (20×10^{-6} Pa) ile 100 Pa arasındadır. Genç ve sağlıklı bir insan kulağı 20 µPa civarındaki ses basıncını algılayabilmekte olup bu değere duyma eşiği denmektedir (Şekil 2.5). 100 Pascal'lık ses basıncı ise acı duyma eşiğidir (Fişne, 2008).

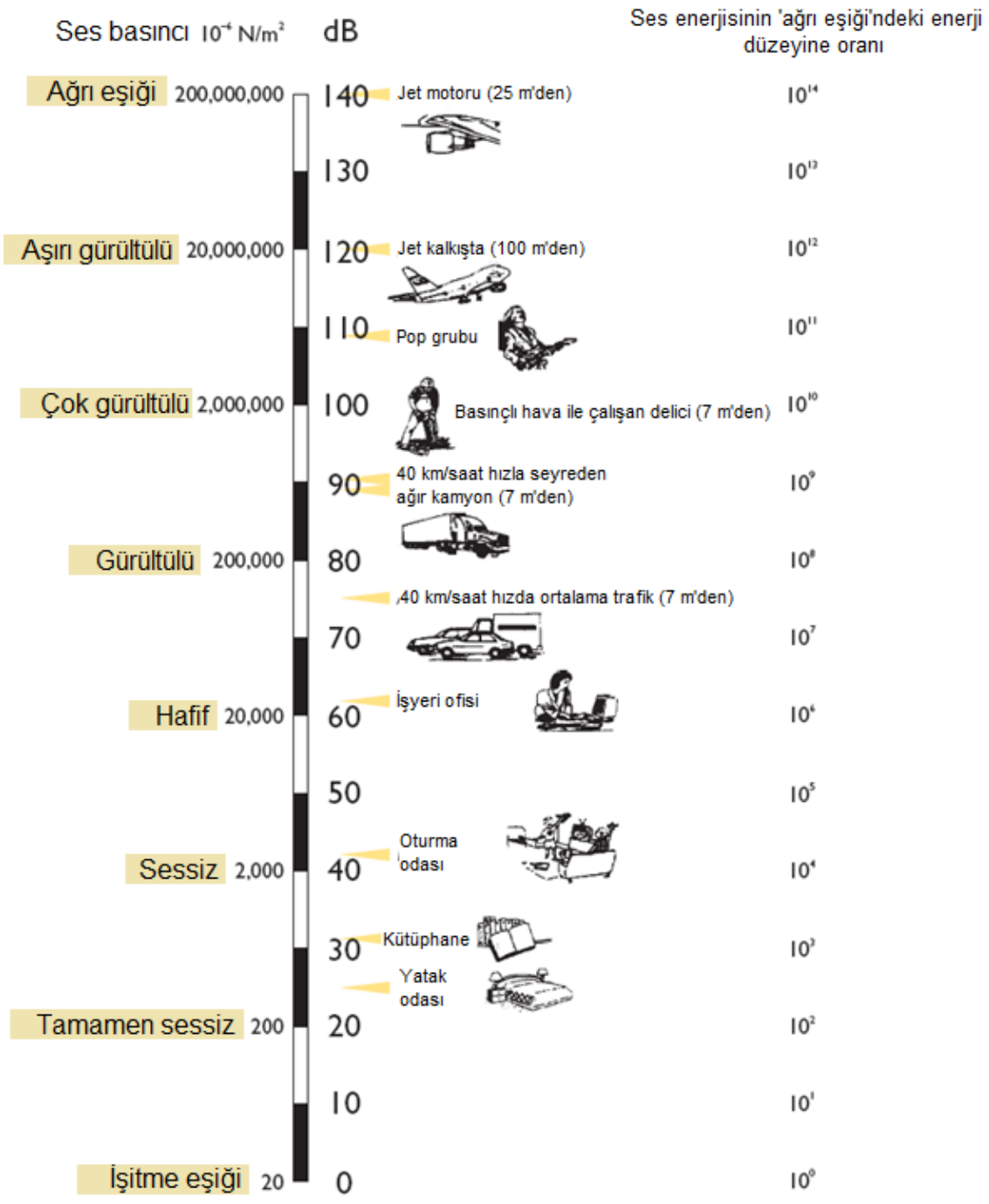
2.2.5 Ses Şiddeti

Bir noktasal kaynaktan saçılan ses dalgası, serbest alanda küresel olarak yayılmaktadır (Şekil 2.6). Ses alanı içinde bir noktada, belirli bir doğrultudaki birim alandan geçen ortalama ses enerjisi miktarına "Ses Şiddeti" denmektedir (Fişne, 2008). Birimi watt/m²'dir.

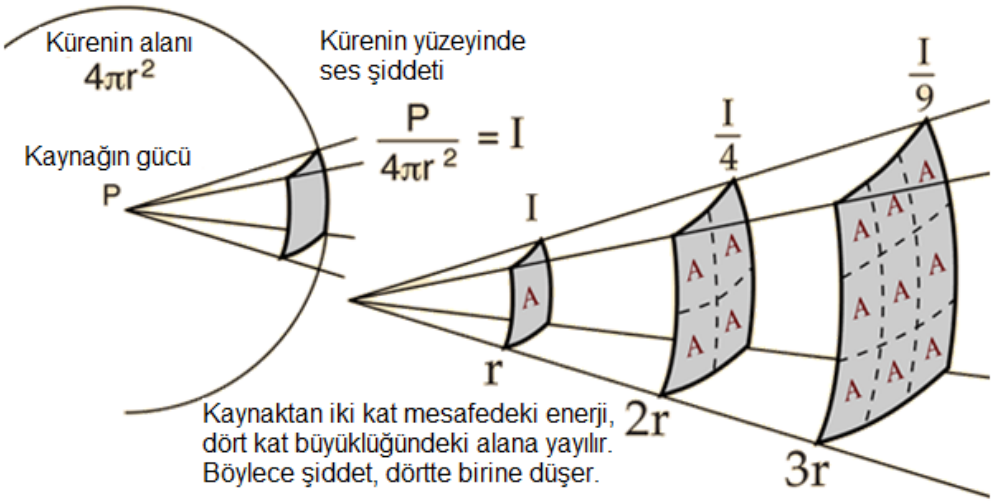
Serbest alanda bir noktadaki ses şiddeti, kaynağın ses gücü ile noktanın kaynağa uzaklığına bağlı olup Eşitlik 2.3 ile ifade edilmektedir.

$$\mathrm{I} = \frac{\mathrm{W}}{4 \cdot \pi \cdot \mathrm{r}^2} = \frac{\mathrm{P}^2}{\rho \cdot \mathrm{c}} \qquad [2.3]$$

Burada;
I : Ses şiddeti (watt/m²)
W : Kaynağın ses gücü (watt)
P : Ses basıncı (Pa)
ρ : Ortamın yoğunluğu (kg/m³)
c : Sesin yayılma hızı (m/s)
r : Kaynaktan uzaklık (m)



Şekil 2.5 Ağırlıklandırılmamış ses seviyeleri ve tipik kaynakları (Url-7).



Şekil 2.6 Yankı ya da yansıma olmayan ortamda noktasal bir kaynaktan yayılan sesin şiddeti (Url-8).

2.2.6 Ses Gücü

Bir ses kaynağının birim zamanda oluşturduğu ses enerjisi miktarına kaynağın "Ses Gücü" denmekte olup ses gücü, akustik enerjinin yayılma hızı olarak da tanımlanabilmektedir. Birimi 'watt' olan ses gücü, bir ses kaynağının ne kadar akustik enerji üreteceğinin temel ölçüsüdür ve kaynağın bulunduğu çevreden bağımsızdır (Fişne, 2008).

Küresel bir ses kaynağının ses gücü Eşitlik 2.4 ile bulunabilir.

$$W = 4\pi \cdot r^2 \cdot l \qquad [2.4]$$

Burada;
W : Kaynağın ses gücü (watt)
I : Kaynağın ses şiddeti (watt/m²)
r : Küresel kaynağın merkezinden yüzeye olan uzaklık (m)

2.3 İlgili standartlar

Gürültü, insanlar üzerinde geçici ve kalıcı işitme kayıplarına neden olmaktadır. İşitme kaybı ilk bakışta gürültüye bağlı ortaya çıkan bir meslek hastalığı gibi görünmesine rağmen insan bedeni üzerindeki etkileri düşünüldüğünde de iş kazalarının nedenleri içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Gürültünün neden olduğu işitme kaybı probleminin AB'de en yaygın görülen 10 meslek hastalığından birisi olduğu ve Ülkemizde SGK'nın meslek hastalıkları istatistiği listelerinde yer aldığı ifade edilmiştir. Ayrıca yine ülkemizde endüstriden, İSGÜM tarafından yapılan ölçüm analiz taleplerinin %97'sini gürültü ölçümlerinin oluşturduğu ve gerçekleştirilen ölçümlerin yaklaşık %80'inin sonucunun ciddi oranda gürültü maruziyetinin varlığını ortaya koyduğu da eklenmiştir (Özmen, 2014).

Madencilik faaliyetleri sırasında aşırı gürültü seviyelerine ulaşıldığı düşünülürse, çalışanların sağlığının korunabilmesi açısından gürültünün kesinlikle limit değerlerin altında tutulması gerekmektedir. 1980'li yıllarda yıllık gürültü kirliliğinin ortalama 1 dBA arttığı (Massassi vd., 1997) ifade edilmesine rağmen mekanizasyona bağlı olarak günümüzde bu artışın daha fazla olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle gürültüye neden olan kaynaklar belirlendikten sonra, gürültünün oluşması önlenmeli ve gürültü limit değerlerin altına çekilmelidir.

Günlük hayatta karşılaşılan gürültü seviyeleri 60 dBA - 140 dBA arasında değişmektedir. Ancak 90 dBA'in üstündeki gürültü değerleri insan sağlığı açısından zararlı kabul edilmektedir (Ünver, 1995). Çizelge 2.2'de değişik gürültü seviyelerine örnekler verilmiştir.

NIHL; dünyada ve ülkemizde sık görülen en önemli meslek hastalıklarından birisidir. İsveç'te toplam çalışanların %9'luk bölümünün zararlı düzeydeki gürültüye sürekli olarak maruz kaldığı belirtilmektedir. NIHL, Kanada ve ABD'de en sık görülen on meslek hastalığı arasında yer almaktadır (Çakır, 2010). ABD'de yetişkinler arasında en yaygın görülen üç fiziksel rahatsızlıktan birisi NIHL'dir ve çalışan nüfusun %11'inde işitme güçlüğü (bunun yaklaşık %24'ü meslek hastalığı kaynaklı), yaklaşık %8'inde kulak çınlaması ve %4'ünde ise kulak çınlaması ve işitme güçlüğü yaşanmaktadır (Url-9). ABD'de uluslararası tanınırlığa sahip MSHA'nın 1999 yılında belirlediği gürültüye maruziyet limitleri aşağıda sıralanmıştır (Erdem vd., 2016).

a) İzin verilebilir sınır değer: 90 dBA,
b) Çalışma düzeyi: (85 – 90) dBA ve odyometrik testler yapılmalı,
c) Koruma önlemleriyle çalışılabilecek düzey: 105 dBA ve üzeri olması durumlarında kesinlikle kulak tıkaçları ve manşonlar kullanılmalı,
d) İzin verilemeyecek düzey: 115 dBA ve üzeri. Kesinlikle çalışma yapılamaz.

Çizelge 2.2 Gürültü seviyesi örnekleri (Çakar, 1988)

Ses çeşidi	Şiddet (dBA)
Alt duyma sınırı	0
Hafif rüzgârda yaprak hışırtısı	10
Fısıltı, geceleyin sessiz bir park, kayıt stüdyosu	20
Geceleyin sessiz bir sokak	30
Radyoda alçak sesli müzik, sessiz bir büro	40
Büyük bir büro	50
Daktilo, elektrikli süpürge gürültüsü	60
Gürültülü bir büro, kahvehane	70
Büyükşehir trafiği, çok gürültülü bir lokanta	80
Hava ile çalışan beton kırma tabancası, matbaa	90
Motosiklet gürültüsü, tekstil fabrikası	100
Çok gürültülü fabrika	110
Araba sireni, hidrolik pres	120
Kulak duyarlılığı üst sınırı, ağrı düzeyi	130
Jet uçağı gürültüsü	140

Diğer yandan ABD'de uluslararası tanınırlığa sahip diğer bir otorite olan NIOSH, 8 saatlik sürekli çalışma için 85 dBA sınır değer olmak üzere, farklı gürültü düzeyleri için en yüksek maruziyet süreleri önermektedir (Çizelge 2.3).

Ülkemizde, TÜİK tarafından 2014 yılında yayımlanan rapora göre, çalışma hayatında fiziksel ya da ruhsal sağlığı etkileyen elverişsiz faktörlere maruz kalan 15 yaş üzeri çalışanların toplam istihdam içindeki oranı incelendiğinde; 2007 yılında toplam %7,7, 2013 yılında %8,7'lik bölümün gürültü veya şiddetli sarsıntıdan etkilendiği görülmektedir. 2007 ve 2013 yıllarında sırasıyla, erkek çalışanların %9,2 ve %10,6'lık bölümünün, kadın çalışanların ise %3,5 ve %4,4'lük kısmının gürültü veya şiddetli sarsıntıdan etkilendiği tespit edilmiştir. Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de gürültünün olumsuz etkilerini en aza indirgemek için yasa, yönetmelik ve tüzüklere sınırlayıcı maddeler konulmuş ve standartlar getirilmiştir (Erdem vd., 2016).

Çizelge 2.3 NIOSH tarafından önerilen en yüksek gürültü maruziyet süreleri (Url-10)

Ses basıncı (dBA)	Maruziyet süresi (saat/gün)	Ses basıncı (dBA)	Maruziyet süresi (saat/gün)
85	8	97	0,50
88	4	100	0,25
91	2	103	0,125
94	1	106	0,06

ÇSGB tarafından 28.07.2013 tarih ve 28721 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Çalışanların Gürültü ile ilgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik" çalışanların gürültüye maruz kalmaları sonucu oluşabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden, özellikle işitme ile ilgili risklerden korunmaları için asgari gereklilikler belirtilmektedir. Bunlar:

a) En düşük maruziyet eylem değerleri: ($L_{EX,\ 8saat}$) = 80 dB(A) veya (P_{tepe}) = 112 Pa [135 dB(C) re. 20 µPa] (20 µPa referans alındığında 135 dB (C) olarak hesaplanan değer).
b) En yüksek maruziyet eylem değerleri: ($L_{EX,\ 8saat}$) = 85 dB(A) veya (P_{tepe}) = 140 Pa [137 dB(C) re. 20 µPa].
c) Maruziyet sınır değerleri: ($L_{EX,\ 8saat}$) = 87 dB(A) veya (P_{tepe}) = 200 Pa [140 dB(C) re. 20 µPa] olarak Yönetmelikte tespit edilmiştir (ÇSGB, 2013).

2.4 Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Gürültü, içerdiği öğelerle kişiyi bedensel veya psikolojik olarak etkileyebilen ses düzeyi olarak da tanımlanmaktadır. Gürültü, insanların işitme fonksiyonlarını olumsuz etkilemenin yanında diğer vücut işlevlerinin de olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Sözel iletişimi ve tehlike uyarılarının algılanmasını engellemektedir. Bu açıdan gürültünün sağlığı olumsuz etkileyen ses düzeyi olarak tanımlanması da mümkündür (Fişne, 2008).

Meslek gereği yüksek düzeydeki gürültü etkisinde kalma tüm dünyada problem olmaya devam etmektedir. ABD'de yaklaşık 30 milyon işçinin tehlikeli düzeyde gürültüye maruz kaldığı tahmin edilmektedir. Almanya'da 4 - 5 milyon insanın (toplam iş gücünün %12 - %15'i) WHO'nun belirlediği sınır değerin üzerinde gürültü düzeyinde çalıştığı belirtilmektedir (Fişne, 2008). Gürültü hemen hemen bütün meslekleri ilgilendiren bir sorun olmakla birlikte nakliyat, madencilik, inşaat, tarım ve askeri faaliyetler gürültüye bağlı işitme kaybı açısından en yüksek riske sahip işlerdir.

Gürültünün insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri Çizelge 2.4'teki gibi sıralanabilir. Bunlara ek olarak gürültü, kişilerde bitkinliğin kronikleşmesine neden olmakta ve vücudun direncini azaltarak, hastalıklara yakalanma ihtimalini arttırmaktadır. Gürültünün insan üzerine olan olumsuz etkileri gürültünün derecesine bağlı olarak değişebilmektedir. Gürültü düzeylerinin etkilenme aralığı beş dereceden oluşmaktadır. Buna göre en ciddi gürültü derecesi 5'tir.

Çizelge 2.4 Gürültünün insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri (Erdem vd., 2016)

Gürültü düzeyi	Ses basıncı (dBA)	İnsan sağlığı üzerine etkileri
1. derece	30–65	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku düzensizliği ve konsantrasyon bozukluğu, sıkılma duygusu
2. derece	65–90	Fizyolojik reaksiyonlar; kan basıncı artışı, kan dolaşımı rahatsızlığı, kalp atışlarında ve solunumda hızlanma, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler, stres
3. derece	90–120	Fizyolojik reaksiyonlar, baş ağrıları
4. derece	120–140	İç kulakta devamlı hasar, dengenin bozulması
5. derece	>140	Ciddi beyin tahribatı, kulak zarının patlaması

Gürültüden etkilenmenin boyutunun; maruziyet süresi, gürültünün frekansı, şiddeti, kesikli ya da sürekli olması ve kişisel özelliklere bağlı olduğu ifade edilmiştir. Başlangıçtaki etkilenme işitme yorgunluğu olarak tanımlanmaktadır. Sesin şiddeti ve yoğunluğu arttıkça işitme yorgunluğu da artmakta, 140 dB şiddetindeki bir darbe gürültüsü akustik travma olarak tanımlanan ani ve geri dönüşü olmayan işitme kaybına yol açabilmektedir. Gürültü düzeyi arttıkça oluşan işitme kaybı artmakta ve buna bağlı olarak iyileşme süresi de uzamaktadır. İşitme kaybının iyileşebilmesi için etkilenme süresinin en az 10 katı kadar bir iyileşme süresinin gerektiği belirtilmektedir (Erdem vd., 2016).

Gürültü, insan sağlığını fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans yönünden olumsuz olarak tehdit etmektedir. Bu tehditler kısaca Çizelge 2.5'deki gibi dört başlık altında toplanabilir. Görüldüğü gibi gürültü kirliliği insanların işitme algılamasını olumsuz yönde etkilemekte, fizyolojik ve psikolojik dengelerini bozarak iş verimliliğini düşürmektedir.

Çizelge 2.5 Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri (Fişne, 2008)

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

A. Fiziksel Etkiler

Gürültünün insan sağlığı üzerindeki en önemli fiziksel etkisi işitme duyusunda meydana getirdiği olumsuzluklardır. İşitme bozukluğu, duyma eşiğindeki yükselme olarak tanımlanmaktadır. İnsanlardaki işitme bozukluğu, iş performansını ve günlük hayatını olumsuz yönde etkilemektedir. Gürültüden kaynaklanan işitme kaybı, dünya genelinde geri dönüşü olmayan meslek hastalıklarından biri olarak kabul edilmektedir (Fişne, 2008).

Gürültünün işitme duyusunda oluşturduğu olumsuz etkiler ani etkiler şeklinde ya da zamanla görülür tipte olmaktadır. Ani ve yüksek bir sesin kulak zarını parçalaması ya da hassas korti organının fizyolojik yapısını düzelmeyecek şekilde bozması ani oluşan etkilerdir. Bununla birlikte ani zarar oluşturmayacak düzeydeki gürültüye uzun süre maruz kalan kişilerde sürekli işitme kayıpları görülebilmektedir. Yüksek ses; tüy hücrelerini zedeleyerek, korti organında çökme oluşturarak ya da işitme sinir hücrelerini etkileyerek işitme duyusuna zarar vermektedir. İşitme duyusu zedelenen bir kişide "işitme kaybı" ya da "işitme eşiğinin kayması" adı verilen, işitme duyusunda azalma görülmektedir (Fişne, 2008).

Eşik kaymasının sürekli ya da geçici olması ve eşik kaymasının derecesi; etkisi altında kalınan gürültünün düzeyine, gürültünün frekans dağılımına, kişinin bu gürültünün etkisinde kaldığı süreye ve kişisel duyarlılığa bağlıdır. Gürültünün üzerinde durulması gereken en önemli etkisi kişide oluşturduğu işitme kayıplarıdır. Bu kayıp, geçici ya da sürekli olabilmektedir.

Geçici işitme kaybı: İşitsel yorgunluk adı verilen geçici işitme kaybı, etkisinde kalınan gürültülü ortamdan uzaklaştıkça bir süre sonra ortadan kalkmaktadır. Bu süre; etkilenilen sesin düzeyi, içerdiği frekanslar ve etki altında kalınan süreye bağlı olarak birkaç saatten birkaç güne kadar uzayabilmektedir. Ancak, gürültülü bir ortamda aylar ve yıllarca etkilenme sonucunda meydana gelen işitme kaybının tümü ile ortadan kalkması söz konusu değildir. Bu durumda geçici işitme kayıpları, etkilenme koşulları aynı biçimde devam ettiği ya da korunulmadığı sürece kişisel fizyolojik faktörlere bağlı olarak ilerleyerek, tam süreklilik kazanmaktadır (Ediz vd., 2002).

Sürekli işitme kaybı: Sürekli işitme kaybı düzeyleri akustik gürültü koşulları ve etkilenme süresine bağlı olarak kişiden kişiye değişebilmektedir. Ancak genel olarak ortalama 10-12 yıl etkilenme sonunda meydana gelmeye başlamaktadır. Sürekli işitme kaybı, başlangıçta 3000 Hz - 6000 Hz'lik tiz sesler bölgesinde oluşmaktadır. Etkilenmenin devam etmesi, bu frekans bölgesini giderek daha alçak frekanslara doğru genişletmektedir. Başlangıç dönemlerinde kişi kendisinde oluşan işitme kaybının pek farkında olmamakta ancak süregelen etkilenme, yaşlanmanın da katkısı ile insan sesinin konuşma frekansları bölgesine (500 Hz - 1000 Hz) indiğinde, kayıplar artık fark edilir düzeye gelmektedir. Gürültü etkisi ile oluşan işitme kayıpları daima her iki kulakta birden meydana gelmektedir (Ediz vd., 2002).

Akustik travma: Çok yüksek şiddetli gürültülerin ve kısa süreli darbe gürültülerin neden olduğu işitme kaybıdır. Burada işitme kaybının yanı sıra baş dönmesi ve kulak çınlaması da birlikte görülebilmektedir (Ediz vd., 2002).

B. Fizyolojik Etkiler

Gürültünün insan bedeni üzerindeki olumsuz etkilerinin kulakla sınırlı olmayıp, birçok hastalığın da hazırlayıcısı olduğu, fizyolojik etkilerin başlıcalarının; kas gerilmeleri, stres, kan basıncında artış, kalp atışlarının ve kan dolaşımının değişmesi, göz bebeği büyümesi ve uykusuzluk olduğu ifade edilmektedir. Çoğunluğu kısa süreli etkiler olmakla birlikte stres ve uykusuzluğun, gürültünün uzun süreli fizyolojik etkilerinden olduğu belirtilmiştir. Migren, ülser, gastrit gibi hastalıkların ortaya çıkmasında da gürültünün önemli etkisinin olabileceği ileri sürülmektedir (Çınar, 2005; Fişne, 2008).

Gerek insan gerekse hayvanlar üzerinde yapılan deneyler; gürültünün, yüksek kan basıncına (hipertansiyon), hızlı kalp atışına, adrenalin yükselmesine, solunum hızlanmasına, adale gerilmesine ve irkilmelere neden olabildiğini ortaya koymuştur. Bu etkiler uyku sırasında daha belirgin olmaktadır. Hamilelik sırasında gürültünün etkileri de araştırılmış ve düşük kütleli (2500 g) bebek doğumları ile gürültü ilişkisi bulunmuştur. Japonya'da gürültülü işyerlerinde çalışan kadın işçiler arasında yüksek oranda prematüre (<37 hafta) doğuma rastlanmıştır. Sonuç olarak gürültünün insanların enfeksiyonlara karşı direncini azaltan bir risk faktörü olduğu söylenebilmektedir (Çınar, 2005).

C. Psikolojik Etkiler

Gürültüye maruz kalmış kişilerde görülen en belirgin rahatsızlık belirtisi karşılığı "*annoyance*" olarak tanımlanan sıkıntı ve gerilim duygusudur. Gürültü yeteri kadar yüksek ve kaynağı belirsiz ise veya neden olduğu gerilim yeteri kadar fazla ise rahatsızlık daha fazla olacağından, aşırı duygusal tepkiler ve davranış bozuklukları gözlenebilmektedir.

İnsanların hem fiziksel hem de ruhsal sağlıkları bakımından uykunun bozulmaması son derece önemlidir. Çünkü kronik uyku rahatsızlıkları çoğu hastalığın kaynağı olabilmektedir. Gürültünün

uyku üzerindeki etkileri; uykuya dalma süresinin uzunluğu, ani uyanmalar, dinlenmemiş olma duygusu, yorgunluk, baş ağrıları ve genel olarak insan performansının düşmesi şeklinde görülebilmektedir.

Gürültü yeteri kadar yüksekse; rahatsızlık, aşırı tepkilere ve davranışlara dönüşebileceği gibi, kızgınlık ve öfkenin içe yönelmesi, sakinleştirici kullanımı, hoşgörünün azalması, yardım isteğinin azalması gibi etkiler de gösterebilmektedir. Örneğin Almanya'da yapılan bir çalışmada gürültüye maruz kalan iki grup (1280+123 kişi) üzerinde çevre gürültüsünün olumsuz etkileri incelenmiş 8-11 yaş arasındaki ilkokul çocuklarının sınıfa uyum sağlayamamaları ile birlikte çevresine karşı sinirli davranışlar sergiledikleri görülmüştür (Çınar, 2005).

D. Performans Etkileri

Gürültünün, insanın iş performansı ve davranışları üzerinde de olumsuz etkilere sahip olduğu ancak araştırma sonuçları her zaman tahmin edildiği gibi çıkmadığından bu etkileri değerlendirmenin kolay olmadığı ifade edilmektedir. Gürültü bazen performansı artırmakta, bazen de gürültülü ve sessiz ortamlarda ölçülen performans değerleri arasında fark olmamaktadır. İnsan yapısının karmaşıklığından dolayı, araya giren değişkenler artmakta ve bu da kesin sonuçlar elde edilmesini zorlaştırmaktadır (Fişne, 2008).

Bu konuda yapılan birkaç alan araştırması, gürültünün iş ile ilgili hatalara ve kazalara yol açtığını göstermiştir. Gürültünün, tepki zamanı üzerinde, hata sayısında ve üretim miktarı başına düşen hata sayısında artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Gürültü düzeyleri yüksek iken tepki zamanının azaldığı ve hata sayısının artma eğiliminde olduğu görülmüştür. Gürültü nedeniyle azalan tepki zamanı ve artan hata sayısı çalışanların kazaya maruz kalma oranlarında bir artışa neden olmaktadır. Laboratuvar ve iş yerindeki çalışmalar, gürültünün dikkat dağıtan uyarıcı bir unsur olduğunu ortaya koymuştur. Kısa sürede, gürültüden kaynaklanan uyarıcılık basit işlerdeki performansı artırmakta ancak karmaşık işlerdeki kavrama performansı oldukça kötüleşmektedir. Genel olarak gürültü, yapılan işin miktarını etkilememekte ancak işin doğruluğunu etkilemektedir.

Ses düzeyi performans etkilerini saptamakta kullanılan parametrelerin en önemlilerindendir. Gürültü düzeyinin etkileri yapılan işin tipine göre değişmektedir. Basit işler 115 dB gibi yüksek gürültü düzeylerinde bile etkilenmeden yapılabilmekte ancak karmaşık işler çok daha düşük gürültü düzeylerinde bile kesintiye uğramaktadır.

Gürültünün frekansı da performans üzerinde önemli rol oynamaktadır. Yüksek frekanslı sesler, düşük frekanslı seslerden daha fazla işi aksatmaktadır. Aralıklı gürültüler de, aynı düzeye sahip sürekli gürültülerden daha fazla olumsuz etkilenmeye neden olmaktadır. Bunlar kendi içlerinde farklı olup periyodik olmayan aralıklı gürültülerin periyodik olanlardan daha rahatsız edici olduğu belirtilmektedir (Fişne, 2008).

2.5 Gürültüden Korunma Yöntemleri

Gürültüyü yok etmek veya azaltmak mümkün olmuyorsa, gürültüden etkilenen kişilerin gürültüden korunması gerekmektedir. Gürültü kontrolü üç değişik açıdan ele alınarak incelenebilir (Demir, 2012).

A. Gürültüyü kaynağında azaltmak: Gürültünün kaynağında azaltılması kaynağın periyodik bakımlarının zamanında yapılması, susturucu kullanılması veya kapalı hücreler içerisine alınmasıyla mümkündür. Gürültü kaynağının etrafının oluklu sac gibi materyal ile çevrilmesiyle, sesin kırılmasına yardımcı olunmakta ve bu şekilde gürültü, 10 dBA - 40 dBA kadar azaltılabilmektedir. Kaynakta gürültü kontrolünün genel ilkeleri aşağıda verilmiştir.
    i. Planlama ve bakımla gürültü kontrolü,
    ii. İşletme şartlarının değiştirilmesi,
    iii. Daha sessiz olan işlemlerin seçilmesi,
    iv. Kaynağın yerinin değiştirilmesi,
    v. Susturucu kullanılması,
    vi. Titreşim yalıtımı,
    vii. Titreşimin sönümlenmesi
    viii. Gürültü kaynağının örtülmesi.

B. Gürültüyü yayılma alanında (kaynak ile alıcı arasındaki yolda) azaltmak: Gürültüyü yayılma alanında (kaynak ile alıcı arasındaki yolda) azaltmak için bir dizi önleme başvurulabilmektedir. Gürültülü makinelerin birbirlerine olan uzaklıkları ayarlanmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumda duvar, taban ve tavan yüzeylere ses yutucu malzemeler yerleştirilmesi ya da yapısal olarak ses kırıcı bariyer ve duvar uygulamaları yapılabilmektedir. Bir diğer yöntem ise gürültü kaynağının bir bölüm içine alınması ve uzaktan kumanda ile çalıştırılmasıdır. Ayrı bir bölüme alınamıyorsa, gürültü kaynağı ile işçiler arasına bir ekran veya pano konulması yararlı olabilmektedir. Genellikle sert, düzgün, su ve havayı geçirmeyen maddeler sesi aksettirmekte, yumuşak ve gözenekli materyal ise (cam yünü, mineral yünü, odun lifi, talaş vb.) absorbe etmektedir. Gürültülü bir işyerinin duvarları ve tavanı bu tür malzeme ile kaplandığında gürültünün büyük bir kısmı duvarda tutulmakta ve ses dalgalarının devamlılığı kaybolmaktadır (Elbistanlıoğlu, 1988). Gürültüyü yayılma ortamında bastırmak için gürültü kaynağının bulunduğu bölge ses yalıtıcı malzemeyle kaplanmakta veya ses bariyerleri kullanılmaktadır. Örnek olarak eleme ünitelerinin kauçukla kaplanması verilebilir.

C. Gürültünün algılandığı noktada (alıcıda) gerekli önlemleri almak: Sesin kaynakta ve yayıldığı ortamda azaltılamaması halinde gürültüye maruz kalan kişi üzerinde koruyucu tedbirlere başvurulur. Bu tedbirleri şöyle sıralanabilir:
    i. Gürültüye maruz kalan kişiyi tecrit etmek,
    ii. İdari tedbirlerle gürültü kontrolü,

iii. Gürültüye maruz kalma süresini azaltmak veya gürültülü yerlerde rotasyonla çalışma,
iv. Kişisel kulak koruyucuları kullanmak.

Bütün yapı ve yalıtım malzemeleri sesi belli miktarlarda yutmakta ve ısıya dönüştürmektedir ancak “akustik malzeme” adı verilen bazıları yüksek ses yutma özelliği ile tasarımlanmaktadır. Akustik malzemelerdeki gözenekli yapı sayesinde ses dalgaları boşluklarda kolayca yayılmakta ve ses enerjisi, buralarda ısıya dönüşmektedir. Malzemelerin yeteri kadar gözenekli ve kalın olduğu durumda ses dalgası enerjisinin %95’inden fazlası bu şekilde tutulabilmektedir. Bazı malzemelerin ses yalıtımı aşağıda verilmiştir (Çınar, 2005).

a) Polietilen esaslı malzemeler darbe seslerini kesmede kullanılmaktadır. Bu malzemeler 20 dBA civarında ses indirgeme değerine sahip olup üzerlerine gelen sesleri bir amortisör gibi çalışarak yutmaktadır.
b) Taşyünü esaslı malzemelerle ses yalıtımı, taşyünü malzemenin kalınlığına göre 2 cm’de 29 dBA, 3 cm’de 37 dBA kadar olmaktadır.
c) Poliüretan esaslı malzemelerle ses yalıtımı yüzey artırılarak yapılmaktadır ve bu malzemenin ses indirgeme değeri 30 dBA’dır. Ayrıca, değişik amaçlı kullanım alanı bulunan ve önemli bir termoplastik olan polistiren’in ses izolasyonu değeri hesaplanmış ve 12 kg/m³ yoğunluklu polystren 2000 Hz – 3500 Hz frekans aralığında %28 kadar ses yalıtımı sağladığı bildirilmiştir.
d) Arazi gibi açık alanlarda ise oluşturulan yapay setlerle (ahşap elemanlı, beton elemanlı, toprak set ya da bitkilendirme) gürültü azaltımı yapılabilmektedir. Doğru seçilen bitki türü ve iyi planlanmış bir uygulama ile 16 dBA’a varan bir azalma sağlanabilmektedir.
e) Gürültünün algılandığı noktada kontrolü, gürültünün azaltılmasından daha çok insanların gürültüden korunmasını esas almaktadır. Bunun için kulak koruyucuları kullanılmaktadır. Kulak koruyucuları; kulak tıkaçları, kulak manşonları ve kulak koruyucu baretler olarak sınıflandırılmaktadır. Tıkaç tipi koruyucular dış kulak kanallarını tıkayarak gürültüyü azaltırken manşonlu kulak koruyucuları bir akustik kapama sağlamak için kulak kepçesini de kapatmaktadır. İlk kulak tıkaçlarının parafin emdirilmiş pamuktan imal edilip, 1952 yılında Kanada madenlerinde kullanıldığı ifade edilmiştir. İşitme koruyuculu baretler, başın kemik bölümlerini kapatarak sesin kemik iletimi yoluyla girmesini önlemektedir. Bunlar çoğunlukla, gürültünün çok yüksek olduğu durumlarda (115 dBA - 120 dBA) kullanılmaktadır. Bireysel gürültüden korunma yöntemlerinden en basit olanı cam pamuğundan ya da plastik köpükten yapılmış olan kulak tamponlarıdır. Bireysel korunma yönteminin, kullanılması çok gerekli olmadıkça geçici bir önlem olarak düşünülmesi vurgulanmaktadır.
f) Gürültüye karşı alınabilecek diğer bir önlemin gürültüye maruziyet süresinin azaltılması olduğu ifade edilmiştir. Çalışma sürelerini kısaltarak, yeterli dinlenme molaları vererek veya vardiyalı çalışma düzenine gidilerek çalışanların gürültüden daha az etkilenmeleri

sağlanabilmektedir. Gürültülü yerlerde çalışan personel periyodik sağlık kontrolünden geçirilmeli ve kontrol sonuçlarına göre gerekenler yapılmalıdır. Sabuncu (1998), 90 dBA seviyesinde 50 dakika gürültüye maruz kalan bir insanda meydana gelen 15 dBA – 20 dBA şiddetindeki geçici işitme kaybının giderilmesi için kişinin bu ortamdan 500 dakika uzak kalması gerektiğine işaret etmektedir. Geçici işitme kayıplarının iyileştirilebilmesi için gerekli süre gürültülü ortamda kalınan sürenin 10 katı kadar olmaktadır ve gürültü düzeyi arttıkça işitme kayıpları da artacağından iyileşme için daha fazla süreye ihtiyaç duyulmaktadır.

2.6 Öncel Çalışmalar

Erarslan (1995), TKİ ELİ Eynez yeraltı ocağında ayak içerisinde gürültü seviyesinin yalnızca zincirli konveyör çalışırken 74 dBA – 96 dBA, tüm makineler ve işçiler çalışırken 77 dBA – 97 dBA arasında değiştiğini tespit etmiştir. Ayrıca hidrolik pompa istasyonunda 87 dBA, tumba girişinde 104 dBA, bantlı konveyör yanında 89 dBA, trolleyde 105 dBA, hava kompresörü istasyonunda 97 dBA ve vantilatör yanında 115 dBA gürültü seviyesi olduğunu belirlemiştir.

Sharma vd. (1998), Hindistan'daki bir kömür madeninde açık ve yeraltı ocakları ile kömür hazırlama tesisindeki çeşitli makineler üzerinde gürültü ölçümleri yapmışlardır (Çizelge 2.6). Buna göre kömür madeninde gürültü seviyelerinin gürültü sınır değerlerinden yüksek olduğunu ve çalışanların sürekli maruz kalmaları durumunda işitme kayıpları yaşayacaklarını ifade etmişlerdir. Kömür işletmesinde gürültü azaltılmasının gerekli olduğunu, çalışanların gürültünün zararlı etkilerinde korumak için; makinelerin bakımlarının yapılması, gürültü yalıtımlarının yapılması ve egzoz susturucu takılmasının gerekli olduğunu ve haftalık çalışma saatlerinin düşürülmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Şahin (1998), Aydın Linyit İşletmesi'ne ait yeraltı ve yerüstü ocaklarında toplam 32 noktada gürültü ölçümleri yapmış ve gürültü seviyesi, ölçüm yapılan tüm noktalarda 85 dBA'nın üzerinde çıkmıştır. Yeraltında 2 nolu ayak motor başında 111,3 dBA ve yerüstü tesislerinde spiral ile kesim noktasında 108,8 dBA gürültü düzeyi tespit edilmiştir. Mesafenin gürültü düzeyi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla gürültü kaynağından 1 m aralıklarla 11 m – 12 m mesafeye kadar ölçümler yapılmış ve motor başında 96 dBA olarak ölçülen gürültü seviyesinin, 11 m mesafede 84 dBA altına düştüğünü görmüştür.

Şensöğüt ve Eralp (1998) yeraltı maden işletmelerindeki değişik operasyonlardaki gürültü seviyelerini ölçmüşlerdir. Buna göre; uzun ayakta üretim, delik delme ve zincirli konveyör ile taşıma işlerinde 87 dBA – 95 dBA, cevher nakliyat kuyusunda 90 dBA – 98 dBA ve diğer ölçüm noktalarında (kompresör, jeneratör istasyonları, ayırma elekleri, kör kuyular, cevher transfer noktası, kafes vagon giriş-çıkışı, skipler, pnömatik ekipmanla galeri ilerlemesi, emici ana radyal vantilatör vb.) 90 dBA – 120 dBA değerlerini bulmuşlardır. Çalışanların gürültüden korunması için daha az gürültülü ekipman seçilmesini, gürültünün kaynakta azaltılmasını, periyodik kontrollerin yapılmasını ve kulak koruyucuların kullanılmasını önermektedirler.

Çizelge 2.6 Hindistan'daki kömür ocağında gürültü düzeyleri (Sharma vd., 1998)

	Gürültü kaynağı	Gürültü düzeyi (dB)	
Kömür yıkama ve hazırlama tesisi	Çeneli kırıcı		94
	İkincil kırıcı		92
	Döner kırıcı		102
	Elek		99
	Bilyalı değirmen		96
	Jig		104
	Kömür taşıma		98
	Manyetik ayırıcı		96
	Manyetik öğütme		96
	Vakum filtresi		110
	Vibratör		103
	Santrifüj		103
	Tumba		92
	Emme pompası		96
Yeraltı işletmesi	Zincirli ve bant konveyör		88
	Tamburlu kesici		91
	Galeri açma makinesi		90
	Yerüstü taşıma		94
	Taşıma ve yükleme		100
	Jack Hammer delici		104
	Su pompası		97
		Boşta	Çalışırken
Açık işletme	Elektrikli ekskavatör	80	97
	Damperli kamyon	75	92
	Buldozer	84	100
	Lastik tekerlekli yükleyici	82	100
	Delici	85	90
	Skreyper	85	101
	Hava kompresörü	--	96

Çetin (2000), 1998 ve 1999 yıllarında TKİ OAL Müessesesinde 468 yeraltı işçisi üzerinde odyometrik testlerle saptanmış işitme kayıpları sonuçlarına göre; orta-hafif derecede (40 dBA - 70 dBA) işitme kaybı saptanan 19 kişide hem saf ses ortalaması, hem de gürültüye bağlı işitme kayıplarının oluştuğunu ve işçilerin, 4000 Hz'de farklı derecelerde işitme kaybına uğradıklarını tespit etmiştir. Gürültü ile ilgili alınacak önlemleri teknik önlemler ve işçilere yönelik önlemler olmak üzere iki farklı şekilde tanımlamıştır. Teknik önlemler; yeraltı çalışmaları sırasında gürültü kaynağı oluşturan makina donanımının ses yalıtım sistemlerinin montajı ve mekanizasyon ünitelerinin periyodik bakımına özen gösterilmesi olarak ifade etmiştir. İşçilere yönelik önlemler ise; işletmede gürültüyle mücadelede kişisel önlemlerin başında gelen kulak koruyucuların doğru seçimi ve kullanım alışkanlıkları kazandırılmasına yönelik çalışmaların yapılması durumunda gürültünün personel üzerindeki psikolojik ve fizyolojik etkisini azaltacağını ifade etmiştir.

Ediz vd. (2002) ETİ Gümüş Maden İşletmesi, TKİ-SLİ ve GLİ Tunçbilek İşletmesinde gürültü ölçümleri yapmışlar ve gürültü düzeylerinin risk oluşturabileceğini dolayısıyla gürültünün

önlenmesi için tedbir alınmasının gerekli olduğunu ifade etmişlerdir. Önlemlerin teknik ve işçilere yönelik olmak üzere iki kategoride değerlendirmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Teknik anlamda alınması gereken önlemler; mümkün olduğunca az gürültülü süreçlerin seçilmesini, gürültü kaynaklarının düzenli biçimde bakımının yapılmasını, gürültü kaynağının özel ses emici bölmelerle çevrilerek diğer bölümlerde çalışanları etkilemeyecek bir alanda çalışmasının sağlanmasını kapsamıştır. İşçilere yönelik önlemler ise; düzenli olarak sağlık kontrolünden geçirilme ve kişisel koruyucu iş güvenliği donanımının etkin biçimde kullanımından oluşmuştur. Bu bildiride kullanılan ve Sarı (2001) tarafından yapılan gürültü ölçümlerinin sonuçları Çizelge 2.7'de verilmiştir.

Ergün vd. (2004), bir taş ocağında üç ayrı konkasörün her birinin etrafında sekiz nokta belirlemiş ve bu noktalarda yaptıkları ölçümlere ilaveten her 5 dBA azalmanın oluştuğu noktaları belirleyerek, ortamın gürültü haritasını çizmişlerdir. Konkasörlerin bulunduğu merkez noktalara yaklaştıkça gürültü seviyesinin 95 dBA'a ulaştığı tespit edilmiştir.

McBride (2004), bir yeraltı kömür ocağında çeşitli makinelerin gürültü seviyelerini ölçmüştür. Günümüz madenciliğinde basınçlı hava ile çalışan (pnömatik) araçların önemli bir gürültü kaynağı olduğunu, madencilik endüstrisinde gürültüye maruziyet ve buna bağlı işitme kaybının yaygın olduğunu, risklerin çoğunun yeraltındaki makinelerin kullanım gereksinimleri sonucu ortaya çıktığını, dikkatli tasarım ve yeni teknolojik ekipmanlar ile risklerin azaltılabileceğini ifade etmiştir. Ayrıca çalışanların sürekli odyometrik testler ile takip edilmesi gerektiğini ve iyi tasarlanmış bir işitme koruma programının gerekli olduğunu da belirtmiştir. Ölçüm verisi Çizelge 2.8'de sunulmuştur.

Çınar (2005), TKİ GLİ Tunçbilek açık kömür ocaklarında çeşitli iş makinalarının gürültü seviyelerini ölçmüştür. İşletmede çalışmaların yapıldığı 48 nolu panoda aşırı gürültüye neden olan makinaları elektrikli ekskavatörler, maden kamyonları ve delik delme makinesi olarak üç ana grupta değerlendirmiştir. Haziran-Ağustos 2004 ve Mayıs-Temmuz 2005 dönemlerinde faal olarak çalışmakta olan 10 yd^3'lük elektrikli ekskavatörler ve delicilerin gürültü analizleri makinelerin 5 m arkasındaki noktalarda durularak yapılmıştır. Yine aynı panoda 77 ton kapasiteli kamyonların gürültü ölçümleri, hareketli gürültü kaynağı ve şoförün maruz kalacağı gürültü düzeyi üzerinden değerlendirilmiştir (Çizelge 2.9). Gürültünün zararlı etkilerinden korunmak için standart sınır değerin aşıldığı bölgelerde çalışan kişilerin kulak koruyucuları kullanmaları ve gürültünün zararlı etkileri ile ilgili afiş ve broşürlerin çalışanların kolaylıkla görebilecekleri yerlere asılması önerilmiştir.

Çizelge 2.7 Sarı (2001) tarafından maden işyerlerinde ölçülen gürültü düzeyleri

İşletme	Ölçüm yeri	Bölüm	Gürültü düzeyi (dB)
ETİ Gümüş Maden İşletmesi	I. Kırıcı	Çeneli kırıcı yanı	90 – 91
		Öğütme giriş	95 – 96
		Dinlenme odası	70 – 71
		Öğütme değirmeni	97 – 98
		Değirmen üst kat	97 – 98
		Öğütme değirmeni giriş katı	98 – 99
		Değirmen altı	107 – 108
		Kompresör odası	89 – 90
		Jeneratör odası	107 – 108
		İzabe fırını	92 – 93
		Regülatör	90 – 91
		Dinlenme odası	78 – 79
		Isı santrali	94 – 95
		Dinlenme odası	47 – 48
	II. Kırıcı	Kırıcı kat	93 – 94
		Besleyici katı	101 – 102
		Pano odası	68 – 69
		Dinlenme odası	57 – 58
Seyitömer Linyit İşletmesi	Atölyeler	Kumanda kabini (motor yenileme odası)	78
		Kabin dışı (motor yenileme odası)	102 – 103
		Enjektör ayar odası (motor yenileme odası)	85
		Demir testeresi (çalışan personel) (soğuk demir atölyesi)	102 – 103
		Demir testeresi (5 m mesafede) (soğuk demir atölyesi)	99
		Atölye ortası (testere duruyor) (soğuk demir atölyesi)	83 – 86
		Şerit daire testeresi (4 m) (inşaat atölyesi)	88 – 90
		Şerit ve yatay daire testere (5 m) (inşaat atölyesi)	92 – 73
		Kalınlık makinası (3 m) (inşaat atölyesi)	93 – 97
		Planya (inşaat atölyesi)	93
		Planya motoru askıda (inşaat atölyesi)	86 – 87
	Açık işletme	2 nolu tesis yeraltı dosörlerİ	93 – 97
		Bant boyu	90
		Elek sistemi	103 – 108
		Ayıklama bölümü	90 – 93
		Parça ambarı üniteleri	89 – 90
	Tek besleme ünitesi	Dosör	94 – 95
		Bant boyu	92 – 93
		T1 kırıcı çevresi	100
		T1 kumanda kabini	90 – 91
	Delici makine	Kabin içi	94 – 97
		Kabin dışı	97 – 104
	Dozer	Rölantide çalışırken	100
		Malzeme ötelerken	104 – 108
	Kamyon W85 (camı kapalı)	Boş – düz – stabilize yol	102 – 104
		Boş – düz – stabilize bozuk yol	100 – 101
		Dolu – düz – nemli (yumuşak) yol	100 – 101
		Dolu – düz – stabilize yol	104 – 107
		Boş – düz – stabilize yol	102 – 104
	Kamyon W 65	Yüklü – düz yol, cam kapalı	97 – 100
		Yüklü – düz yol, cam açık	103 – 105
		Yüklü – %4 eğim yukarı, cam açık	101 – 103
		Boş – düz yol, cam açık	112 – 115
	Patlatma	Marnda, 300 kg ANFO+5 kg dinamit	96
		Kömürde, 50 kg ANFO+1 kg dinamit	96
	Muhtelif	Dodge pikap – stabilize yol	97
		Renault otomobil – stabilize yol	85 – 93

Çizelge 2.7 Sarı (2001) tarafından maden işyerlerinde ölçülen gürültü düzeyleri (devam ediyor)

İşletme	Ölçüm yeri	Bölüm	Gürültü düzeyi (dB)
GLİ Tunçbilek İşletmesi	Yeraltı işletmesi	Kompresör binası salonu (çalışan 2 kompresör arası)	89 – 90
		Kompresör binası oda içi	70 – 72
		İhraç bandı motor yanı	83 – 84
		Monoray dairesi içi	84 – 85
		Vantilatörcü oda içi	73 – 74
		İki ayak döküş yeri	84 – 85
		Bant döküş yeri	78 – 79
	Açık işletme	Maden kamyonu içi (pencere kapalı)	73 – 74
		Dozer içi (pencere kapalı)	85 – 86
		Delik makinası (pencere kapalı)	81 – 82
		Marion içi (pencere kapalı)	72 – 73
		Marion (5 m yanında)	81 – 82
		Ekskavatör (pencere kapalı)	73 – 74
		Ekskavatör içi (pencere açık)	83 – 84
	Lavvar (Tunçbilek)	Tüvenan elekler	93 – 94
		Ayıklama bandı	85 – 86
		Kömür tasnif elekleri	98 – 100
		Kumanda dairesi	73 – 74
		R-S ağır mayi yıkama	90 – 92
		Tumba altı dozerler	80 – 82
		Termik bant başı	86 – 87
	Lavvar (Ömerler)	Zemin kat	93 – 95
		1 – 6 kat	90 – 100
	İmalat atölyesi	Daire testere (1 m yanı)	96 – 98
		Şerit testere (l m yanı)	98 – 100
		Planya (l m yanı)	97 – 99
		Giyotin makas (1 m yanı)	95 – 97
		Boru kesme makinası (1m yanı)	97 – 99
		Şahmerdan (1 m yanı)	96 – 97
		Pirinç yer ocağı (2 m yanı)	99 – 100
		Taşlama tezgâhı (1 m yanı)	87 – 88
		Torna tezgâhı (1 m yanı)	86 – 87
		Tesviye salonu (salon ortası)	82 - 83
		Soğuk demirhane (salon ortası)	85 – 86
		Sıcak demirhane (salon ortası)	81 – 82
	Bakım atölyesi	Motor test salonu (motor yanı)	102 – 103
		Motor test içi kabini	77 – 78
		Parça yıkama - temizleme (2 makine çalışıyor)	80 – 81
	Direk harmanı	Küçük şerit testere (kesim arasında)	90 – 91
		Büyük şerit testere (kesim sırasında)	93 – 94

Çizelge 2.8 Yeraltı kömür ocağında gürültü düzeyleri (McBride, 2004)

Gürültü kaynağı	Gürültü düzeyi, dB
Tamburlu kesici-yükleyici	83 – 93
Elektrikli lokomotif	85 – 95
Zincirli konveyör	97 – 100
Yükle-taşı-boşalt aracı	95 – 100
Sürekli kazı makinesi	97 – 103
Damperli/dampersiz kamyonlar	95 – 100
Vantilatör	90 – 100
Pnömatik aletler	114 – 120
Uzunayak kazısı	96 – 101

Çizelge 2.9 Yerüstü kömür ocağında ekskavatör ve delici gürültü düzeyleri (Çınar, 2005)

İş makinesi	No	Kaydedilen ölçüm sayısı	Leq, dBA
Ekskavatör	1	493	80,11420
	2	340	78,40823
	3	321	80,10530
	4	132	79,69394
Delici	1	400	94,30778
		450 (kapı kapalı)	79,28142

İş makinesi	Hareket konumu	Ortalama süre (s)	Pencere kapalı (dBA)	Pencere açık (dBA)
Maden kamyonu	Ön bekleme	51	66,04389	85,46328
	Ekskavatör yanına manevra	48	72,33581	89,73376
	Ekskavatör yanında bekleme	111	70,26248	82,81286
	Yükleme anı	138	72,47657	86,06827
	Dolu iken hareket	82	77,08768	95,73679
	Harman yerinde manevra	36	73,99592	90,75535
	Boşaltma	30	75,97865	94,24379
	Boş iken hareket	98	77,75257	94,68137

Şensöğüt ve Çınar (2007), TKİ GLİ Tunçbilek açık kömür ocağında çeşitli iş makinalarının gürültü seviyelerini ölçmüşlerdir (Çizelge 2.10). Ölçümler makinelerden 5 m uzaklıkta ve zeminden 1,2 m – 1,5 m yükseklikte yapılmıştır. Deliciden kaydedilen 400 adet ölçüm sonucuna göre Leq değeri 79,3 dB ile 94,3 dB arasında tespit edilmiştir. Araştırmacılar gürültü düzeyini kestirmeye yönelik eşitlikler türetmişler ve açık ocağın gürültü haritasını modellemişlerdir.

Engel ve Kosala (2007) andezit, kireçtaşı ve dolomit madenlerindeki çeşitli operasyonlarda oluşan gürültü düzeylerini ölçmüşler ve madencilikte gürültü kaynaklarının genel olarak kırma-eleme ünitelerinde, bantlı konveyörlerde, kamyonla taşıma operasyonlarında ve ocak çalışmaları sırasında oluştuğu sonucuna varmışlardır. Özellikle kırıcılarda gürültü düzeylerinin diğer gürültü kaynaklarına göre daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Gürültünün zararlı etkilerinden korunmak için önerilerde bulunmamışlardır. Ölçüm değerleri Çizelge 2.11'de verilmiştir.

Şensöğüt (2007), TKİ GLİ Tunçbilek yeraltı ocağı, açık ocak, kömür hazırlama tesisi ve atölyelerde gürültü ölçümleri yapmıştır (Çizelge 2.12) . Ölçümler makinelerden 5 m uzaklıkta ve zeminden 1,2 m – 1,5 m yüksekliğinde, TS 2711 standardına ugun biçimde gerçekleştirilmiştir. Gürültünün zararlı etkilerinden çalışanları korumak için çalışanların kulak koruyucu malzemeleri kullanmasını, gürültünün fazla olduğu yerlerde çalışma saatlerinin ayarlanmasını ve rotasyon yapılmasını, çalışanlara iş güvenliği malzemeleri kullanma eğitiminin verilmesini ve işitme testlerinin yapılmasını ifade etmiştir. Az gürültülü süreçlerin seçilmesi, gürültünün kaynağında önlenmesi, operatör kabinlerinin izole edilmesi, gürültü yapan makinenin az kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

Çizelge 2.10 Tunçbilek açık ocağında gürültü düzeyleri (Şensöğüt ve Çınar, 2007)

	No	Ölçüm Sayısı	Leq, dB(A)
Elektrikli ekskavatör	1	493	80,1
	2	340	78,4
	3	321	80,1
	4	132	79,7

	Ölçüm yeri	Ortalama süre (s)	Pencere kapalı (dB)	Pencere açık (dB)
Kamyon	Bekleme	51	66,0	85,5
	Shovel yanında manevra	48	72,3	89,7
	Shovel yanında bekleme	111	70,3	82,8
	Yükleme süresi	138	72,5	86,1
	Yüklü taşıma	82	77,1	95,7
	Döküm sahasında manevra	36	74,0	94,8
	Boşaltma	30	76,0	94,2
	Boşta hareket	98	77,8	94,7
	Bir turdaki ort, Seviye (Leq)	594	73,3	89,2

	Yollar	Ölçüm sayısı	Leq, dB
Taşıma	1. yol	394	71,2
	2. yol	376	69,4
	Ortak yollar	418	72,3

Çizelge 2.11 Taş ocaklarında gürültü düzeyleri (Engel ve Kosala, 2007)

İşyeri	Gürültü kaynağı	L_{Aeq}	Gürültü düzeyi (dB)		
		(dBA)	L_p(A)	L_p(LIN)	L_p(C)
Andezit ocağı	Boş bantlı konveyör	69,1	103,1	108,4	107,6
	Taşıyan bantlı konveyör	80,0	114,0	117,4	116,7
	Kırıcı	92,2	123,7	124,1	123,6
	Boşaltma siloları	76,2	112,1	116,4	115,4
	Boş kamyon hareketi (5 m)	84,2	106,2	112,2	111,7
	Dolu kamyon hareketi (5 m)	93,7	115,7	122,0	121,7
	Kompresör (2 m)	100 - 110	-	-	-
	Delici (10 m)	73 - 77	-	-	-
			Gürültü düzeyi (dB)		
			L_{Aeq}	L_{Amax}	L_{Amin}
Kireçtaşı ocağı	Çeneli kırıcı (1 m)		86,2	90,4	83,0
	Çeneli kırıcı, vagonlardan yükleme (2 m)		104,4	113,2	81,2
	Demiryolu (ocaktan kırıcıya taşıma)		88,8	90,4	81,9
Dolomit ocağı	Çeneli kırıcı (2 m)		87,4	91,9	84,3
	Ekskavatör (2 m)		77,8	88,1	65,3
	Buldozer, (10 m)		80 - 91	-	-
			L_{AE}, dB	L_{Aeq}, dB	L_{CPEAK}, dB
Patlatma	Patlatma (60 m)		100,8	88,4	135,5
	Patlatma (80 m)		98,4	86,0	136,1

Çizelge 2.12 Yeraltı, yerüstü kömür ocakları ile kömür hazırlama tesisi ve atölyelerde gürültü düzeyleri (Şensöğüt, 2007)

	Ölçüm yeri	Gürültü düzeyi (dBA)
Yeraltı işletmesi	Kompresör dairesi (iki kompresör arası)	89 – 90
	Ana bant konveyör (motor yanında)	83 – 84
	Monoray bölgesi	93 – 94
	Merkez su drenaj istasyonu	78 – 79
	Tamburlu kesici (iki başlı)	94 – 95
	Zincirli konveyör transfer noktası	91 – 92
	Bant konveyör transfer noktası	78 – 79
Kömür hazırlama tesisi	Döner kırıcı	91 – 92
	Kömür konveyörü (bantlı)	83 – 84
	+ 18 – 50 mm ayıklama eleği (kömür)	94 – 95
	+ 18 – 50 mm ayırma eleği (artık)	97 – 98
	+ 18 – 50 mm ayırma eleği (kömür)	95 – 96
	Muhafaza edilmiş boşaltma istasyonu	92 – 93
	- 18 mm jig	92 – 93
	Kontrol pano odası	73 – 74
	Roberts ve Schaffer ağır ortam siklonu	90 – 91
	Elle ayırma konveyörü	85 – 86
Açık işletme	85 tonluk kamyon (boşaltma)	99 – 100
	85 tonluk kamyon (tam hızda, pencere kapalı)	83 – 84
	Dozer (kabin içi)	95 – 96
	Delici makine (pencere kapalı)	91 – 92
	Marion dragline (kabin içi, pencere kapalı)	72 – 73
	Marion dragline (5 m uzaklıkta)	81 – 82
	10 yd^3 ekskavatör (kabin içi, pencere kapalı)	73 – 74
	10 yd^3 ekskavatör (kabin içi, pencere açık)	83 – 84
Üretim, bakım ve kereste atölyeleri	Dairesel testere (1 m uzaklıkta)	97 – 98
	Hat testere ve planya makinesi (1 m uzaklıkta)	98 – 99
	Giyotin makinesi (1 m uzaklıkta)	96 – 97
	Boru kesme makinesi (1m uzaklıkta)	97 – 98
	Motor testi (kişisel kabin) Büyük hat testeresi (kesme işlemi)	77 – 78
	Şahmerdan (1m uzaklıkta)	96 – 97
	Taşlama makinesi (1m uzaklıkta)	87 – 88
	Motor test odası (motor tarafından)	102 – 103
	Küçük hat testeresi (kesme işlemi)	90 – 91

Fişne (2008), TTK'ya bağlı müesseselerdeki yeraltı ve yerüstü işyerlerinde çalışan işçiler arasında gürültüye bağlı işitme kaybı görülme sıklığını tahmin etmek, işçilerin yaşı ve etkisi altında kaldıkları gürültü düzeyinin işitme kaybı üzerine etkisini araştırmak üzere 411 maden işçisinin işitme kayıplarını işçilerin mesleklerine ve yaş gruplarına göre ayrı ayrı değerlendirmiştir. Söz konusu işyerlerinde 2004 – 2007 yılları arasında değişik zaman dilimlerinde yaklaşık 2.800 adet gürültü ölçümü yapılmıştır (Çizelge 2.13). Yeraltı ve açık işletmede, kömür hazırlama tesisinde, üretim/bakım ve kereste atölyelerinde belirlenen % 95 güven aralığı alt limit değerleri de 87 dBA'dan daha yüksek olan bölgelerde çalışan işçilerin zorunlu olarak kulak koruyucusu kullanmaları önerilmiştir.

Çizelge 2.13 Yeraltı kömür ocaklarında gürültü düzeyleri (Fişne, 2008)

Ölçüm yeri	Gürültü düzeyi, dBA	Ölçüm yeri	Gürültü düzeyi, dBA
Armutçuk Müessesesi		Kozlu Müessesesi	
Yeraltı	74,2 – 106,5	Yeraltı	69,3 – 104,3
Yerüstü	83,2 – 103,3	Yerüstü	84,2 – 104,2
Lavvar	87,9 – 102,2	Üzülmez Müessesesi	
TTK Amasra Müessesesi		Yeraltı	75,0 – 106,7
Yeraltı	72,3 – 104,2	Yerüstü	83,5 – 103,2
Yerüstü	86,1 – 102,1	Karadon Müessesesi	
Lavvar	88,9 – 95,4	Yeraltı	74,3 – 103,9
Maden Makineleri Atölyesi	70,4 – 117,3	Yerüstü	87,5 – 104,5
		Çatalağzı Lavvarı	71,3 – 97,8

Mutlu (2010), Bilecik ilinde bulunan bir taş ocağı ve kırma-eleme tesisinde çalışan işçilerin çalışma alanlarındaki gürültü seviyelerine bağlı işitme kayıpları incelemiştir. Gürültü ölçümlerini ocak sahasında, kırma-eleme tesisinde ve sosyal tesislerde yapmıştır. En yüksek gürültü seviyelerine ocak sahasında çalışan wagondrill ve hidrolik ekskavatör operatörlerinin maruz kaldığını tespit etmiş, kırma-eleme tesis çalışanlarının da maruz kaldıkları gürültü seviyelerinin Gürültü Yönetmeliği'ne göre yüksek olduğunu belirtmiştir. Kaydedilen ölçüm değerlerine göre sosyal tesislerde gürültüden kaynaklanan herhangi bir problemin ortaya çıkmayacağı, ekskavatörde çalışan operatörlerin maruz kaldığı gürültü seviyesini azaltmak için teknik önlem olarak gürültünün kaynakta azaltılması ve gürültü iletiminin azaltılması gibi yöntemlerin uygulanması gerektiğini ifade etmiştir. Gürültüyü kaynağında azaltmak için iş makinesinin düzenli olarak yağlanması gerektiğini, böylece yağsız parçaların sürtünmesi ile ortaya çıkan sesin engellenmiş olabileceğini, aşınan ve eskiyen parçaların değiştirilmesini önermiştir. İş makinesi yalıtımının iyi yapılması gerektiğini, kapılar ve camlar kapatıldığında boşluk kalmamasını ve yalıtım malzemeleri ile gürültü kaynağının muhafaza edilip, gürültü iletiminin azaltılması gerektiğini de söylemiştir. Diğer yandan, wagondrill operatörünün maruz kaldığı gürültü seviyesini azaltmak için iş makinesinin hareketli aksamlarının düzenli olarak yağlanması gerektiğini, eskiyen, aşınan parçaların ve hatta ekipmanın değiştirilmesi ve gürültü kaynaklarının yalıtılması gerektiğini ifade etmiştir. Ferdi korunma olarak çalışırken kulak tıkacı kullanmanın yeterli olduğunu belirtmiştir. Tesis alanında yapılan gürültü ölçümlerinde tesis çevresinde ve kumanda odasında yüksek gürültü seviyeleri ölçülmüştür. Tesis çalışanlarının maruz kaldığı gürültü seviyesini teknik olarak azaltmak için gürültü kaynaklarının mümkün olduğunca yalıtılmasını, hareketli aksamların yağlanması ve bakımlarının düzenli olarak yapılmasını, ferdi koruma olarak tesis çalışanlarının kulak tıkacı kullanmasının yeterli olduğunu ifade etmiştir.

Çınar ve Şensöğüt (2013), dört farklı maden işletmesinde çeşitli makinelerin gürültü seviyelerini ölçmüşlerdir. Gürültünün şiddetine bağlı olarak çalışanların rahatsızlık derecesini önem derecesine göre 0 – 5 arasında puanlandırmışlar ve kulak koruyucu kullanılıp kullanılmayacağını değerlendirmişlerdir. Ayrıca makinelerin bakımlarının düzgün yapılması ve kişisel koruyucuların kullanılması gerektiğini de ifade etmişlerdir. Ölçüm sonuçları Çizelge 2.14'te görülmektedir.

Çizelge 2.14 Üç maden işletmesinde gürültü düzeyleri (Çınar ve Şensöğüt, 2013)

Ölçüm yeri	Gürültü düzeyi (dBA)	Rahatsızlık derecesi (0 – 5)	Kulak koruyucu kullanımı
Açık kömür işletmesi			
Hidrolik ekskavator	73,6	1	Gerekli değil
Taşeron kamyonu	75,5	1	Gerekli değil
Taşeron kamyonu	70,1	0	Gerekli değil
Taşeron kamyonu	67,8	0	Gerekli değil
Greyder	72,6	2	Gerekli değil
Buldozer	91,5	4	Gerekli
Hidrolik kırıcı	85,1	3	Gerekli değil
Taşocağı işletmesi			
Çeneli kırıcı	90,6	4	Gerekli
Elek sistemi	88,8	4	Gerekli
Tersiyer kırıcı	89,4	4	Gerekli
Bant tesisi	75,3	2	Gerekli değil
Feldspat cevher hazırlama tesisi			
Bakım zamanı	71,4	2	Gerekli değil
Operatör odası	78,0	3	Gerekli değil
Çeneli kırıcı	91,4	3	Gerekli
Konik kırıcı	92.7	4	Gerekli
Değirmen	89,6	4	Gerekli
Taşıyıcı bant	79,7	4	Gerekli
Ambalaj	79,8	3	Gerekli değil

Pleban vd. (2013) Polonya'da 2011 yılında madencilik sektöründe çalışan yaklaşık 148.000 işçiden 26.000 işçinin gürültüye maruz kaldığını ve gürültünün madenciler arasında ciddi bir problem olduğunu, resmi kayıtlara göre Polonya'da 2006 - 2010 yılları arasında 354 madencinin, 2010 yılında 74 madencinin kalıcı işitme kaybına maruz kaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca açık maden ocaklarında gürültü düzeylerinin 105 dB'e ulaştığını ifade etmişlerdir. Bir kireçtaşı ocağının kırma-eleme tesisinde (kırıcı, elekler vb.) yaptıkları gürültü ölçümlerinde; kırıcı ünitesinin ortalama gürültü düzeyinin 101,3 dBA, kırıcı ve yükleyici ünitesinin ortalama gürültü düzeyinin 104,3 dBA olduğunu tespit etmişlerdir. Bu nedenle maden işletmelerinde çalışanların gürültü maruziyet düzeylerinin ölçülmesi ve gürültüden korunmaları için önlemlerin alınması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Çınar ve Şensöğüt (2015) Konya il sınırları içerisinde bulunan 2 adet mermer hazırlama tesisinde gürültü ölçümleri yapmışlardır. Mermer hazırlama tesislerinde yapılan ölçümler neticesinde; İşletme 1'de yapılan 10 farklı ölçüm noktasında en yüksek gürültü kaynağı ebatlama-3 makinası (96,74 dBA) olarak, en düşük gürültü kaynağı ise (89,55 dBA) silim-2 makinası olarak tespit edilmiştir. İşletme 2'de ölçüm yapılan 10 farklı ölçüm noktasında en yüksek gürültü kaynağı yatay yarma makinası (94,44 dBA), en düşük gürültü kaynağı ise katrak makinası (87,51 dBA) olarak belirlenmiştir. Çalışanların gürültüden etkilenme dereceleri için makinelerin gürültü seviyelerini ölçmenin yeterli olmadığı ve gürültü altında çalışanların günlük maruz kaldıkları dozun tespit edilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu amaçla İşletme 1'de farklı görevlerde çalışan 10 işçi seçilerek 2 saatlik çalışma süreleri boyunca maruz kaldıkları gürültü dozları belirlenmiştir. En

yüksek gürültüye maruz kalan silim makina işçisi (%108,6), en düşük gürültüye maruz kalan kişinin ise muhasebe çalışanı (%0,42) olduğu belirlenmiştir. İşletme 2'de ise farklı görevlerde çalışan 6 işçi seçilerek vardiya boyunca maruz kaldıkları gürültü doz belirlenmiştir. Baş kesme makinası işçisi (%34,3) ve ebatlama makine işçisi (%48,91) dışında ölçüm yapılan diğer çalışanlarda gürültü dozun, sınır değeri aştığını görmüşlerdir. Gürültünün olumsuz etkilerinden korunmak için; gürültülü ortamlarda çalışan işçilerin düzenli olarak odyometrik testlerden geçmesi gerektiğini, duyma kaybı başlamış işçiler varsa tespit edilip, yüksek gürültü seviyesinde çalışıyorsa günlük çalışma saatlerinin düzenlenmesini ve gürültüyü kaynağında önlemek için gerekli çalışmaların yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir. İşçilere kişisel koruyucu kullandırmanın önemi ve faydalarının seminer verilerek anlatılmasını, kişisel koruyucu kullanımını özendirici ve gürültünün zararlarına ilişkin afiş ve panoların, işçilerin görebileceği yerlere asılması gerektiğini söylemişlerdir. Ferdi önlemler olarak (8 – 30) dBA gürültü yalıtımı sağlayan kulak tıkaçları veya işçilerin maruz kaldığı gürültü seviyesini (25 – 40) dBA azaltan kulak manşonları kullanılabileceklerini, kulak tıkacı ve manşonu aynı anda kullanıldığında 50 dBA'yı geçmeyecek ses yalıtımı sağlanabildiğini ifade etmişlerdir. Gürültü etkisi ile oluşan işitme kayıpları tedavisinin günümüz şartlarında imkânsız olduğunu, bu sebeple işverenlerin, işçilere sağlıklı ve uygun çalışma koşulları sağlamalarını, işçilerin de gürültünün zararlarını önemseyip, kişisel koruyucularını kullanmaları gerektiğini söylemişlerdir. Ayrıca gürültüyü kaynağında azaltmak için; iş makinesinin hareketli aksamlarının düzenli olarak yağlanması gerektiğini, böylece yağsız parçaların sürtünmesi ile ortaya çıkan sesin engellenmiş olacağını ifade etmişlerdir. Aşınan ve eskiyen parçaların değiştirilmesini, iş makinesinin gürültü yalıtımının iyi yapılmasını, kapılar ve camlar kapatıldığında boşluk kalmamasını ve yalıtım malzemeleri ile gürültü kaynağının muhafaza edilip, gürültü iletiminin azaltılabileceğini belirtmişlerdir.

Erol ve Su (2015) mekanize bir yeraltı maden ocağında kullanılan kazı makineleri, taşıma araçları vb. iş makinelerinin gürültü seviyelerini ölçmüşlerdir. Kazı makinalarının gürültü düzeylerinin taşıma araçlarından daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Gerek ayakta ve gerek galerilerde martoperfaratör dışındaki diğer makinalarda sürekli çalışan operatör ve işçilerin gürültü düzeyine uygun kulak koruyucu kullanmaları gerektiğini ifade etmişlerdir. Makineleri kullanan operatörler dışında, aynı işyerinde çalışan işçilerin işitme kaybına yakalanmamaları için her makinenin etrafında gürültü etki alanı belirlenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. İşletme tarafından da, kulak koruyucu donanımların çalışanlar tarafından kullanımının sağlanması ve sıkı bir şekilde denetlenmesi gerektiğini, gerektiğinde cezai işlem de uygulanması, ayrıca burada çalışanların her altı ayda bir odyogramlarının da alınması gerektiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, makinelerde ses yalıtım sistemlerinin bulundurulması ve mekanizasyon ünitelerinin periyodik bakımlarının yapılmasının alınabilecek diğer önlemler olduğunu sıralamışlardır.

Parnell (2015) İngiltere, İskoçya ve Galler'deki açık kömür ocaklarında kullanılan farklı tipteki iş makinelerinin ve donanımın gürültü analizini yapmıştır. Gürültü ölçüm sonuçları Çizelge 2.15'te verilmiştir.

Çizelge 2.15 Açık kömür işletmelerinde gürültü düzeyleri (Parnell, 2015)

	Gürültü kaynağı	Gürültü düzeyi, dB
Açık kömür ocağı ve yıkama tesisi	Kömür yıkama tesisi	114 – 125
	Kırma tesisi	104 – 118
	Bantlı konveyör	100 – 102
	Paletli dozer	114 – 125
	Lastik tekerlekli yükleyici	110 – 125
	Eğim yukarı kamyon nakliyatı	116 – 125
	Ekskavatör - kepçe	116 – 125

Kosala ve Bartłomiej (2016), bir andezit ocağındaki kırma-eleme tesisinde çeşitli makinelerde gürültü ölçümleri yapmışlardır. Makinelerin ses basıncı seviyelerini (100 – 130) dBA arasında bulmuşlardır. Kırma-eleme tesisinde çalışanlar için ses yalıtımlı kabinlerin yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Gürültü ölçüm sonuçları Çizelge 2.16'da verilmiştir.

Çizelge 2.16 Andezit ocağında gürültü düzeyleri (Kosala ve Bartłomiej, 2016)

Ölçüm yeri	Ses basıncı düzeyi dB(A)	Ses basıncı düzeyi dB	Ses basıncı düzeyi dB(C)
Kırıcı 1	119,0	124,8	125,3
Kırıcı 2	129,4	132,7	133,5
Kırıcı 3	119,8	119,8	122,7
Elek 1	129,8	131,8	132,6
Elek 2	129,7	132,0	132,4
Elek 3	119,5	120,1	122,1
Elek 4	114,2	117,0	118,7
Titreşimli besleyici	107,0	117,5	118,5
Tekerlekli Konveyör	103,3	106,2	106,5
Konveyör 1	116,2	119,4	120,4
Konveyör 2	105,5	110,5	112,8
Yükleme silosu dağıtıcısı	99,5	103.2	104,2

3. GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ ve MARUZİYETİN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1 Gürültü Terminolojisi

Tez çalışması kapsamındaki gürültü maruziyeti ölçümleri, 2014, 2015 ve 2016 akademik yılları bahar ve yaz dönemlerinde yapılmıştır. Gürültü analizörü ile aşağıdaki parametreler ölçülmüş ve hesaplanmıştır (Url-11).

a) Ses basıncı, *p*: Ses basıncı, uzayda aynı noktada ses dalgası tarafından üretilen basınç ile atmosfer (ortam) basıncı arasındaki farktır. Ses basıncı, ses enerjisi ya da ses şiddeti değil, ses alanı büyüklüğüdür. Birim alana uygulanan kuvvetin ölçüsü olup birimi Pascal'dır (Pa, N/m², 10^{-5} bar).

b) Ses basınç seviyesi, L_p: Belirli bir süre içinde dB cinsinden ölçülen anlık ses basınçlarının, karelerin ortalamasının karekökü (RMS) yöntemi ile hesaplanan değeridir. Akustikte RMS değeri, 'etkin değer' olarak bilinmektedir. $L_p = 10\log\left(\frac{p}{p_0}\right)^2$ bağıntısı ile dB cinsinden hesaplanmaktadır.

   i. Zamana bağlı olarak değişen bir niceliğin RMS değeri, arzu edilen zaman aralığındaki tüm anlık genlik değerlerinin karelerinin alınıp, toplanması ve bu toplamın karekökünün alınması ile bulunan ortalama değerdir.

   ii. Anlık ses basıncı, *p*, zaman içindeki bir anda bir ses dalgasının ortam basıncında neden olduğu değişimdir.

   iii. Referans ses basıncı, p_0, insan kulağının 1000 Hz'de algılayabileceği en hafif sese karşılık gelen ses basıncı olarak seçilmiştir. Değeri = 2×10^{-5} Pa = 20 μPa = 0 dB.

c) En yüksek ses basıncı (P_{tepe}): Bir ölçüm periyodundaki en büyük mutlak anlık ses basıncıdır. C ya da Z frekans ağırlıklandırması ile ölçülebilmektedir. Tepe değerlerinin kaydedilebilmesi için gürültü ölçerlerin tepe dedektörü ile donatılmış olması gereklidir.

   i. Gürültü ölçer standartları uyarınca bir tepe dedektörünün 100 μs'den kısa sürede tepki vermesi beklenir. Tipik tepki süresi 40 μs'dir.

   ii. Tepe ses seviyesi (L_{tepe}): $L_{tepe} = 20\log\left(\frac{P_{tepe}}{p_0}\right)$ formülü ile hesaplanmaktadır.

d) Tepeden tepeye (P-P): Bir ölçüm periyodu boyunca kaydedilen ses dalgasının en büyük pozitif değeri ile en büyük negatif değeri arasındaki genlik farkı, toplam genlik.

e) Maksimum ses seviyesi, L_{max}: Gürültü ölçümü sırasında kaydedilen en yüksek gürültü düzeyidir ve 'tepe' (Peak) ile karıştırılmamalıdır. A, C, L ya da Z gibi frekans ağırlıklandırma filtreleri ile F, S veya I gibi zaman sabiti tanımlayıcılarını da içermelidir. Max dB(A) olarak ta verilebilmektedir.

f) Minimum ses seviyesi, L_{min}: Gürültü ölçümü sırasında kaydedilen en düşük gürültü düzeyidir. A, C, L ya da Z gibi frekans ağırlıklandırma filtreleri ile F, S veya I gibi zaman

sabiti tanımlayıcılarını da içermelidir. Min dB(A) olarak ta verilebilmektedir.

i. A ağırlıklandırma filtresi: 20 Hz – 20 kHz arasındaki tam ses aralığı kapsamakta ve şekli, alt düzeylerde insan kulağının tepkisine benzemektedir. A frekans filtresi gürültü ölçümlerinde en sıklıkla kullanılan ağırlıklandırmadır ve tercih edilen konvansiyon 'L_A = X dB'dir. Ancak dB(A), dBA, LAeq ya da LAmax vb. gösterimler de sıklıkla kullanılmaktadır.

ii. C ağırlıklandırma filtresi: genellikle yüksek şiddetteki seslerin ve tepe ses basınçlarının ölçümünde kullanılmaktadır. dB(C) veya dBC olarak ta yazılmaktadır. A ağırlıklandırma filtresi genel amaçlı gürültü ölçümlerinde yaygın biçimde kullanılırken C ağırlıklandırma filtresi, insan kulağının çok gürültülü seslere verdiği tepki ile daha uyumludur.

iii. Z ağırlıklandırma filtresi: Frekans ağırlıklandırılması yapılmadığına işaret eden 'Sıfır' frekans filtresidir. 10 Hz – 20 kHz ±1,5 dB arasındaki ses aralığına hitap etmektedir. IEC 61672 (2003) standardı ile düz ya da doğrusal (L) filtrenin yerini almıştır. dB(Z), dBZ, LZeq, LZF, LZS vb. gösterimleri bulunmaktadır.

iv. Hızlı zaman ağırlıklandırma, F: Çoğu gürültü ölçerin, zaman sabitleri 125 ms ve 1000 ms olan hızlı (F) ve yavaş (S) zaman ağırlıklandırmaları bulunmaktadır. Bu seçenek aktive edildiğinde sinyalin yükselip alçaldığı 125 ms'lik aralıklarla kayıt alınmaktadır.

v. Yavaş zaman ağırlıklandırma, S: Çoğu gürültü ölçerin, zaman sabitleri 125 ms ve 1000 ms olan hızlı (F) ve yavaş (S) zaman ağırlıklandırmaları bulunmaktadır. Bu seçenek aktive edildiğinde sinyalin yükselip alçaldığı 1000 ms'lik aralıklarla kayıt alınmaktadır.

vi. Uyarı zaman ağırlıklandırma, I: Bu seçenek aktive edildiğinde sinyal düzeyi artarken 35 ms, düşerken 1500 ms'lik aralıklarla kayıt alınmaktadır.

g) Eşdeğer ses düzeyi, L_{eq}, L_{Aeq}: belirli bir süredeki toplam ses enerjisine eşdeğer ses basınç seviyesi olup birimi dB'dir. 8 saatlik eşdeğer ses düzeyi $L_{EP,d}$ ya da $L_{EX,8h}$ olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir ifadeyle L_{Aeq}, belirtilen bir zaman dilimi içinde ölçülen A-ağırlıklı dalgalı sesin sahip olduğu akustik enerji ile aynı süre için aynı miktarda enerji içeren kavramsal sabit ses düzeyi olarak tanımlanmaktadır. Eşitlik 3.1 ile dB cinsinden hesaplanmaktadır. Burada T: ölçüm süresi, p(t): ses basıncı ve p_0: 20 µPa referans ses basıncıdır.

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right)$$

[3.1]

i. $L_{Aeq,t}$: t kadarlık bir süre içinde ölçülen A-ağırlıklı eşdeğer ses basınç seviyesi (dB).

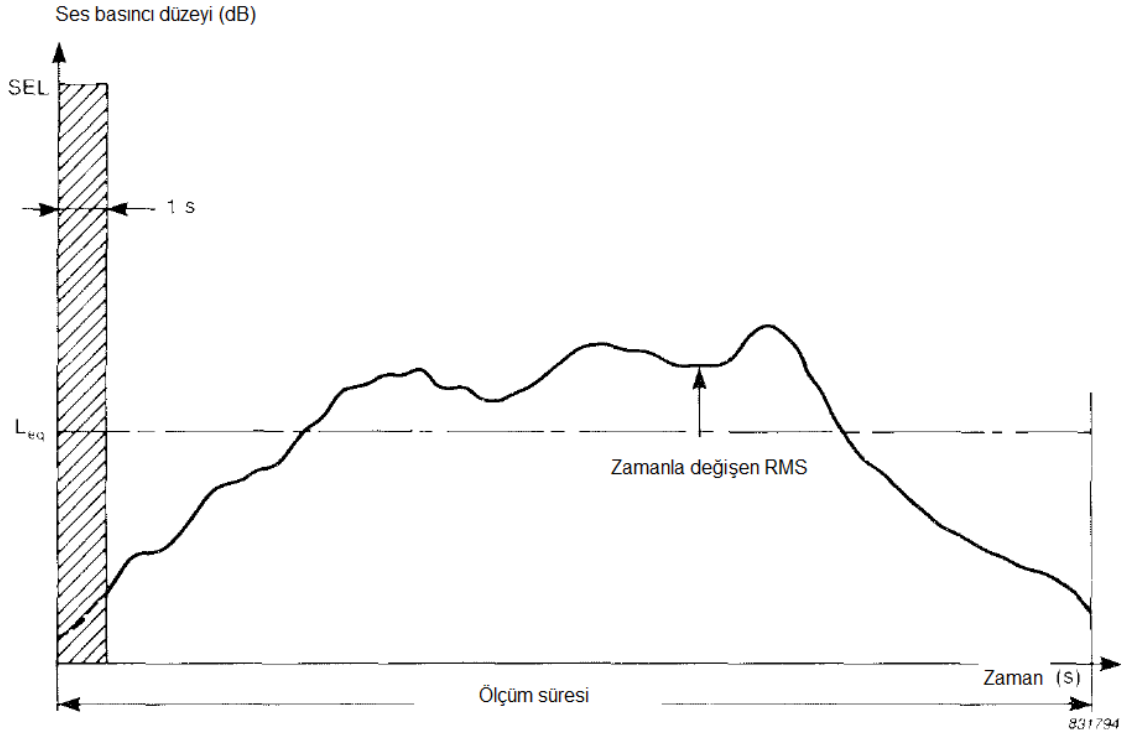
ii. $L_{Ceq,t}$: t kadarlık bir süre içinde ölçülen C-ağırlıklı eşdeğer ses basınç seviyesi (dB).

iii. Günlük gürültü maruziyet düzeyi ($L_{EX,8saat}$) [dB(A) re. 20 µPa]: TS 2607 ISO 1999 standardında tanımlandığı gibi en yüksek ses basıncının ve anlık darbeli gürültünün de dâhil olduğu A-ağırlıklı bütün gürültü maruziyet düzeylerinin, sekiz saatlik bir iş günü için zaman ağırlıklı ortalaması.

iv. Haftalık gürültü maruziyet düzeyi ($L_{EX,8saat}$) [dB(A) re. 20 µPa]: TS 2607 ISO 1999 standardında tanımlandığı gibi günlük gürültü maruziyet düzeylerinin, sekiz saatlik beş iş gününden oluşan bir hafta için zaman ağırlıklı ortalaması (ÇSGB, 2013).

h) Ses maruziyet seviyesi, SEL: L_{eq} ile benzerdir. L_{eq} ile belirli bir süre içinde ölçülen ses enerjisi o zaman aralığına yayılarak RMS değeri elde edilirken SEL ile aynı ses enerjisi 1 s'lik referans zamana yayılmakta ancak ortalama alınmamaktadır. SEL, bir ölçüm süresince elde edilen toplam akustik enerjiye eşit akustik enerji içeren bir saniyelik sabit ses seviyesi olarak tanımlanabilmektedir. Kısa süre içerisinde yükselip, daha sonra alçalan seslerin değerlendirilmesinde eşdeğer sürekli ses seviyesinin (L_{eq}) yeterli bilgiyi sağlayamadığı ve SEL parametresinin her zaman 1 saniyeye normalize edildiğinden ölçüm süreleri farklı olan olayların karşılaştırılabilmesinde de kullanılabildiği ifade edilmektedir (Bilgili vd., 2011). Her iki parametre arasındaki fark Şekil 3.1'de gösterilmektedir. SEL, aşağıdaki bağıntı ile dB cinsinden hesaplanmaktadır. Burada T_0: referans süresi (1 s), p(t): ses basıncı ve p_0: 20 µPa referans ses basıncıdır. A-frekans ağırlıklı ses basınç seviyeleri kullanılan SEL ölçümleri L_{AE} ile gösterilmektedir (Eşitlik 3.2).

$$SEL = 10 \log \left(\frac{1}{T_0} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad [3.2]$$



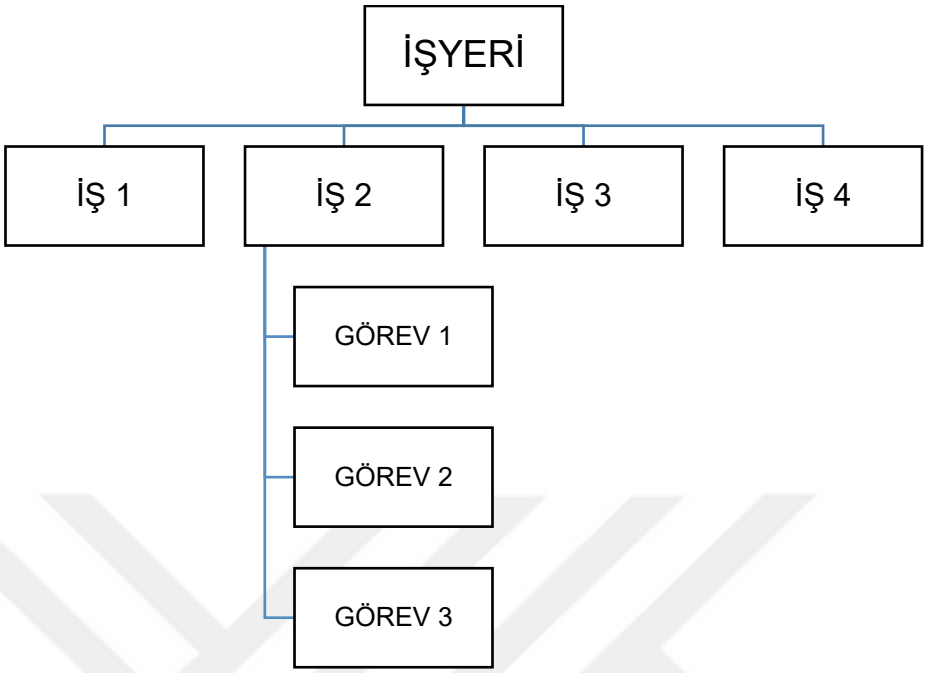
Şekil 3.1 Leq, SEL ve zaman içinde değişen RMS karşılaştırması (Url-12).

3.2 Gürültü Ölçümü

3.2.1 Görev tabanlı ölçüm yöntemi

Özmen (2014), yapılan işin iyi belirlenmiş alt görevlere bölünebildiği, her bir görevin çalışma süresinin kesin olarak belirlenebildiği, ses seviyesinde az miktarda değişim gözlemlendiği (kararlı gürültü) ve çok sayıda işçinin benzer gürültü ortamında benzer işler yaptığı durumlarda, görev tabanlı ölçüm yönteminin kullanıldığını belirtmiştir. Bu strateji uygulanırken öncelikle gün boyunca yapılan çalışmalar analiz edilmekte, çalışanın işi alt görevlere bölünmekte ve her bir görev için ayrı bir L_{eq} ölçülmektedir. Örnek bir uygulama aşağıda verilmiştir.

Sanayiden sayılan bir işyerinde 'İŞ 2'nin kaynaklama çalışması olduğu ve alt görevlerin planlama (Görev 1), bileme (Görev 2) ve kaynaklama (Görev 3) olduğunu varsayalım. Bu yöntemde işler, işyerinin normal çalışma seyrinde olduğu gibi alt görevlere bölünmekte ve gürültüye katkıda bulunan her durum dikkate alınmaktadır. Her bir görevin çalışma süresi (maruziyet süresi, T_m); çalışanlar ve şeflerle görüşerek, görev süresinin ölçümü gibi işlemler aracılığıyla ön inceleme ve ölçüm sırasında yapılan gözlemlerle ve iş süreci, kullanılan donanım, çalışma ortamında yürütülen faaliyetler ve bunların içeriği tarafından belirlenen gürültü kaynakları ile ilgili bilgi toplayarak belirlenmektedir. Görev süresinin değişken olduğu durumlarda bu basamaklar tekrarlanmaktadır.



Şekil 3.2 İş ve görevlerin hiyerarşisini gösterir örnek uygulama (Özmen, 2014)

Aynı göreve ait $T_{m,1}$, $T_{m,2}$, $T_{m,3}$, … $T_{m,j}$ gibi değişken görev süreleri mevcut olduğunda görev süresinin aritmetik ortalaması T_m, Eşitlik 3.3 ile hesaplanmaktadır.

$$\bar{T}_m = \frac{1}{J}\sum_{J=1}^{J} T_{m,j}$$

[3.3]

Birden fazla görev olması durumunda, bireysel görev sürelerinin toplamı T_e, Eşitlik 3.2 ile hesaplanmaktadır.

$$T_e = \sum_{m=1}^{M} \bar{T}_m$$

[3.4]

Burada;
$\bar{T}_m$: görev süresinin aritmetik ortalaması
M : görevlerin toplam sayısı
m : görev numarası

Her bir görevin $L_{p,A,eqTm}$'si aşağıdaki ölçütlere göre ölçülmektedir;

a) Beher ölçüm süresi, gerçek görevin ortalama eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesini ($L_{p,A,eqTm}$) temsil edecek biçimde yeteri kadar sürdürülmelidir.
b) Beher görev için en az 5 dakika olmak üzere üç kez ölçüm yapılmalıdır. Görevin süresi 5 dakikadan kısa ise ölçüm, görev süresince sürdürülmelidir. Ancak ölçülecek gürültünün karakteristiği kararlı ve/veya sürekli olarak belirlenmiş ya da o görevin toplam gürültü maruziyetine katkısı ihmal edilebilir derecede ise her bir ölçümün süresi kısaltılabilmektedir (Şekil 3.1, görev 1 → planlama).
c) Gürültü periyodik ise her ölçüm en az 3 periyodu kapsayacak biçimde yapılmaktadır. 3 periyodun toplam süresi 5 dakikadan kısa sürdüğünde ölçüm en az 5 dk olacak şekilde uzatılmalıdır (Şekil 3.1, Görev 2 → bileme).
d) Gürültü rastgele dalgalandığında her ölçümün süresi, tüm görevlerin $L_{p,A,eqTm}$'ni temsil edecek biçimde yeteri kadar uzun olmalı ve ölçüm en az 3 kez tekrarlanmalıdır (Şekil 3.1, Görev 3 → kaynaklama). Gürültü seviyesindeki gerçek değişimleri gösterebilmek için görev süresinde farklı zamanlarda ölçümler ya da bir grup içerisinde farklı çalışanlardan ölçümler yapılması önerilmektedir.
e) Yapılan 3 ölçümün sonuçları arasında 3 dB veya daha fazla fark olduğunda ilave 3 ölçüm daha yapılmalı ya da görev daha alt görevlere bölünerek yukarıdaki işlemler tekrarlanmalıdır (Özmen, 2014).

$L_{p,A,eqTm}$ değeri hesaplanması:

M görevi için yapılan *I* sayıda farklı ölçümün A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi, ($L_{p,A,eqTm}$) aşağıdaki denklemle (Eşitlik 3.5) hesaplanmaktadır.

$$L_{pAeqTm} = 10\log\left(\frac{1}{I}\sum_{i=1}^{I} 10^{0,1\cdot L_{pAeqTm_i}}\right) \quad [3.5]$$

Burada:
$L_{p,A,eqTm}$: T_m süresinin bir görev süresince A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi (dB)
i : m görevi örnek sayısı
I : görev numunelerinin *m* toplam sayısı.

Her görevin, günlük gürültü maruziyeti seviyesine katkısının hesaplanması:

m görevinin günlük A-ağırlıklı gürültü maruziyeti seviyesine katkısı, $L_{EX,8h,m}$ aşağıdaki Eşitlik 3.6 ile hesaplanabilir:

$$L_{EX,8h,m} = L_{EX,8h,m} + 10\log\left(\frac{\bar{T}_m}{T_0}\right)$$

[3.6]

Burada:
$L_{p,A,eqTm}$: m görevi için A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi (dB)
T_m : *m* görevinin aritmetik ortalama süresi
T_0 : referans süresi (8 saat)

Günlük gürültü maruziyeti seviyesinin belirlenmesi:

Günlük A-ağırlıklı gürültü maruziyeti $L_{EX,8h}$ Eşitlik 3.7 ile hesaplanmaktadır.

$$L_{EX,8h} = 10\log\left(\sum_{m=1}^{M}\frac{\bar{T}_m}{T_0}10^{0,1\cdot L_{pAeqTm}}\right)$$

[3.7]

Burada:
$L_{p,A,eqTm}$: m görevi için A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi (dB)
T_m : *m* görevinin aritmetik ortalama süresi
T_0 : referans süresi (8 saat)
m : görev numarası
M : günlük gürültü maruziyet seviyesine katkıda bulunan *m* görevlerinin toplam sayısı.

$$L_{EX,8h} = 10\log\left(\sum_{m=1}^{M}10^{0,1\cdot L_{EX,8h,m}}\right)$$

[3.8]

Burada:
$L_{EX,8h,m}$: m görevinin A-ağırlıklı gürültü maruziyeti seviyesinin, günlük gürültü maruziyeti seviyesine katkısı

3.2.2 İş tabanlı ölçüm yöntemi

Yapılan işlerin ve görevlerin tam olarak belirlenemediği, detaylı iş analizinin mümkün olmadığı durumlarda iş tabanlı ölçüm stratejisi kullanılmaktadır. Bu ölçüm stratejisinde, çalışanların iş unvanına, görevlerine, çalışma alanlarına veya mesleklerine göre homojen gürültü maruziyet grupları belirlenmektedir. Gruptaki çalışanlar, aynı işi yapan ve bir çalışma günü süresince benzer gürültüye maruz kalması beklenen kişilerden oluşmalıdır.

Homojen gürültü maruziyet grupları numune alma stratejisine uygun olarak belirlenmektedir. Homojen maruziyet gürültü guruplarının minimum toplam ölçüm süresi, homojen maruziyet gürültü gurubundaki çalışan sayısına (n_G) bağlı olarak Çizelge 3.1 kullanılarak belirlenmektedir.

Çizelge 3.1 Homojen gürültü maruziyet gruplarının toplam ölçüm süresi belirleme tablosu (Özmen, 2014)

Maruz kalınan homojen gruptaki çalışan sayısı, n_G	Maruz kalınan homojen gruba dağıtılmış en az toplam ölçüm süresi (saat)
$n_G \leq 5$	5 h
$5 < n_G \leq 15$	5 h + (n_G – 5) x 0,5 h
$15 < n_G \leq 40$	10 h + (n_G – 15) x 0,25 h
$n_G > 40$	17 h veya grubu bölün

Toplam ölçüm zamanı en az 5 farklı ölçüm diliminden oluşmalıdır. Öyle ki bu 5 ölçümün toplam süresi tablodan hesaplanan toplam ölçüm süresine eşit ya da fazla olmalıdır. Örnek uygulama aşağıda verilmiştir.

Örnek:

6 çalışandan oluşmuş homojen bir gurup için ölçüm planı aşağıdaki gibi yapılır:

- Ölçümün toplam süresi 5,5 saat olarak tanımlanır (Çizelge 3.1'e uygun olarak)
- Ölçüm sayısı 10 olarak seçilirse her bir ölçüm süresi 33 dakika olur.
- 6 çalışan arasından rastgele 3'ü seçilir.
- Ölçüm dilimlerinden biri çalışma gününün başında, diğeri çalışma gününün sonunda ve diğer 8 ölçüm dilimi ise gün içerisine rastgele dağıtılarak gerçekleştirilir.

Ölçüm dilimleri iş günü süresi boyunca ve grup üyeleri arasından rastgele seçilerek planlanır.

<u>Homojen bir grup çalışanları için günlük maruz kalınan gürültü düzeyinin hesaplanması</u>:

Eşitlik 3.9 ile etkili çalışma günü süresi için T_e eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basıncı seviyesi $L_{p,A,eqTe}$ hesaplanmaktadır.

$$L_{pAeqT_e} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} 10^{0,1 \cdot L_{pAeqT_n}} \right) \quad [3.9]$$

Burada:

$L_{p,A,eqTe}$: n ölçümün eşdeğer sürekli A-ağırlıklı ses basıncı seviyesi
n : ölçüm numarası
N : toplam ölçüm sayısı

Eşitlik 3.10 kullanılarak homojen maruziyete sahip bir grup işçinin günlük A ağırlıklı gürültü maruziyet seviyesi hesaplanır.

$$L_{EX,8h} = L_{pAeqT_e} + 10\log\left(\frac{T_e}{T_0}\right)$$

[3.10]

Burada:
$L_{p,A,eqTe}$: eşdeğer sürekli A-ağırlıklı ses basıncı seviyesi
T_e : çalışma günü için toplam maruziyet süresi
T_0 : referans maruziyet süresi, 8 saat.

3.2.3 Tam gün ölçüm yöntemi

Yapılan işlerin ve çalışma sürelerinin tanımlanmasının zor olduğu, belirlenemediği, çalışanların gürültü maruziyetinin karmaşık olduğu, tahmin edilemediği detaylı iş analizinin yapılmasının zor olduğu durumlarda tam gün ölçüm stratejisi kullanılmaktadır. Ölçüm stratejilerinin belirlenmesinde Çizelge 3.2'den yararlanılabilmektedir.

Yöntem ile çalışanların gürültü maruziyetini temsil eden 3 tam gün $L_{p,A,eqTe}$ ölçümü yapılır. Tam gün stratejisiyle yapılacak ölçüm planlanırken en az 3 kişilik homojen gürültü maruziyet grubu oluşturulabilirse; farklı 3 güne gerek kalmaksızın, o gruptan 3 kişiye dozimetreler takılarak 1 günde 3 tam günlük ölçüm alınabilir. Tüm çalışma günü boyunca ölçüm yapmanın mümkün olmadığı durumlarda, ölçümler gürültüye maruz kalınan sürelerin önemli bir kısmını kapsayacak şekilde yapılmalıdır.

Çizelge 3.2 Temel ölçüm stratejisinin seçimi (Özmen, 2014)

İşin tipi veya düzeni	1. Strateji Görev tabanlı ölçüm	2. Strateji İş tabanlı ölçüm	3. Strateji Tüm gün ölçüm
Sabit çalışan yeri - Basit veya tek iş	☺*	-	-
Sabit çalışma yeri - Kompleks veya çoklu iş	☺*	☺	☺
Gezici çalışan - Öngörülebilir düzen - az sayıda görev	☺*	☺	☺
Gezici çalışan - Öngörülebilir düzen - çok sayıda görev veya kompleks iş düzeni	☺	☺	☺*
Gezici çalışan - Öngörülemeyen iş düzeni	-	☺	☺*
Sabit veya gezici çalışan - Belirsiz görev süreli çoklu görevler	-	☺*	☺
Sabit veya gezici çalışan - Görev belirlenmemiş	-	☺*	☺

☺ Strateji kullanılabilir.
* Tavsiye edilen strateji

Belirsizlikleri azaltmak için ölçüm sırasında çalışan dikkatli bir şekilde gözlemlenip nokta ölçümler yapılabilir ve/veya vardiya sonunda çalışana yürüttüğü görevi ile ilgili sorular sorulabilir. 3 tam gün

$L_{p,A,eqTe}$ ölçümü sonuçları 3 dB'den düşük farklılık gösterdiğinde, ölçümlerin logaritmik ortalaması olan eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basıncı seviyesi $L_{p,A,eqTe}$ hesaplanmaktadır. Bu 3 ölçümün sonuçları 3 dB veya daha fazla farklılık gösterdiğinde, en az 2 tam gün ölçümü daha yapılmakta ve bütün ölçümlerin logaritmik ortalaması olan eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basıncı seviyesi $L_{p,A,eqTe}$ hesaplanmaktadır. Günlük A ağırlıklı gürültü maruziyet seviyesi, $L_{EX,8h}$ Eşitlik 3.11 ile hesaplanmaktadır.

$$L_{EX,8h} = L_{pAeqT_e} + 10\log\left(\frac{T_e}{T_0}\right) \quad [3.11]$$

Burada:
$L_{EX,8h}$: eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basıncı seviyesi
T_e : çalışma günü için toplam maruziyet süresi
T_0 : referans maruziyet süresi, 8 saat

3.2.4 Ölçüm belirsizliği

Gürültü ölçümleri sonucunda kaydedilen değerlerin belirli bir aralığa yayılmasından ötürü ölçüm belirsizliği oluşmaktadır. Çalışma düzeninden de kaynaklanabilen değişikliklerden dolayı ölçümlerin tekrarlanmak durumunda kalabilmektedir.

Özmen (2014), ölçüm belirsizliğinin, uygulanan metot ve kullanılan gürültü ölçer cihazının doğruluğundan kaynaklandığını ancak ölçüm cihazından bağımsız olarak, çoğu durumda maruziyetteki değişikliklerden gelen ölçüm belirsizliği katkısının, cihazdan fazla olduğunu ifade etmektedir.

Aşağıdaki paragraflarda ölçümler sonrasında genişletilmiş ölçüm belirsizliği hesaplama yöntemleri, TS EN ISO 9612:2009 standardı uyarınca görev tabanlı, iş tabanlı ve tam gün ölçüm stratejilerine uygun olarak örneklerle açıklanmaktadır.

A. <u>Görev tabanlı strateji ölçümleri için genişletilmiş ölçüm belirsizliğinin hesaplanması</u>

Görev tabanlı strateji kullanılarak gerçekleştirilen ölçümler için genişletilmiş ölçüm belirsizliği hesaplanırken aşağıdaki adımlar izlenmektedir.

i. Örneklemeden kaynaklanan standart belirsizliğin hesaplanması (Eşitlik 3.12)

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)}\left[\sum_{i=1}^{I}\left(L_{pAeqTm_i} - \bar{L}_{pAeqTm}\right)^2\right]} \quad [3.12]$$

Burada:
$u_{1a,m}$: *m* görevinin gürültü seviyesi örneklemesine bağlı standart belirsizlik
$L_{p,A,eqTemi}$: *i* numunesinin A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi
$\overline{L}_{p,A,eqTem}$: *m* görevi numunelerinin ses basıncı seviyelerinin aritmetik ortalaması
m : görev numarası
i : *m* görevi için numune numarası
I : *m* görevi için numunelerin toplam sayısı

ii. Görev süresinin belirlenmesinden kaynaklanan standart belirsizliğin hesaplanması (Eşitlik 3.13)

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)}\left[\sum_{j=1}^{J}\left(T_{m,j} - T_m\right)^2\right]} \qquad [3.13]$$

Burada:
$u_{1b,m}$: *m* görevinin süresinin tahminine bağlı standart belirsizlik
$T_{m,i}$: *m* görevi için gözlemlenen görev süresi
T_m : *m* görevi için gözlemlenen görev sürelerinin aritmetik ortalaması
m : görev numarası
j : *m* görevi için gözlemlenen görev süresi numarası
J : *m* görevi için gözlemlenen görev sürelerinin sayısı

iii. Birleşik belirsizlik formülünde kullanılacak olan hassasiyet katsayılarının hesaplanması

a. örneklemeden gelen hassasiyet katsayısı (Eşitlik 3.14)

$$c_{1a,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial L^*_{p,A,eqT,m}} = \frac{T_m}{T_0}\,10^{0,1\times(L^*p,A,eqT,m - L_{EX,8h})} \qquad [3.14]$$

Burada:
$c_{1a,m}$: *m* görevi için numunelendirmeden gelen hassasiyet katsayısı
T_m : *m* görevinin süresinin aritmetik ortalaması
T_0 : referans süresi (8 saat)
m : görev numarası
$L^*_{p,A,eqT,m}$: *m* görevinin A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi
$L_{EX,8h}$: günlük A-ağırlıklı gürültü maruziyeti seviyesi

b. görev süresinden gelen hassasiyet katsayısı (Eşitlik 3.15)

$$c_{1b,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial T_m} = 4{,}34 \times \frac{c_{1a,m}}{T_m} \qquad [3.15]$$

Burada:
$c_{1b,m}$: *m* görevinin süresinden gelen hassasiyet katsayısı
$c_{1a,m}$: *m* görevi için numunelendirmeden gelen hassasiyet katsayısı
T_m : *m* görevinin süresinin aritmetik ortalaması
m : görev numarası

iv. birleşik belirsizlik

Örnekleme, görev süresi, kullanılan ölçüm aygıtı ve mikrofon pozisyonundan kaynaklanan belirsizlikler, Eşitlik 3.16'da birleşik belirsizlik hesabında kullanılmaktadır.

$$u^2(L_{EX,8h}) = \left(\sum_{m=1}^{M} \left[c_{1a,m}^2 \left(u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2 \right) + \left(c_{1b,m} \cdot u_{1b,m} \right)^2 \right] \right) \quad [3.16]$$

Burada:
u : birleşik standart belirsizlik
$u_{1a,m}$: *m* görevinin gürültü seviyesi örneklenmesine bağlı standart belirsizlik
$u_{1b,m}$: *m* görevinin süresinin tahminine bağlı standart belirsizlik
$u_{2,m}$: *m* görevi için kullanılan cihaza bağlı standart belirsizlik
(TS EN ISO 9612: 1. sınıf gürültü ölçer için = 0,7 dB; dozimetre için 1,5 dB; 2. sınıf gürültü ölçer için = 1,5 dB)
u_3 : mikrofon pozisyonuna bağlı standart belirsizlik (TS EN ISO 9612: 1 dB)
$c_{1b,m}$: *m* görevinin süresinden gelen hassasiyet katsayısı
$c_{1a,m}$: *m* görevi için numunelendirmeden gelen hassasiyet katsayısı
m : görev numarası
M : toplam görev sayısı

v. genişletilmiş belirsizlik

Genişletilmiş ölçüm belirsizliği, Eşitlik 3.17 ile % 95 güven aralığı için k=1,65 kapsama faktörü kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$U = 1{,}65 \cdot u \quad [3.17]$$

U : genişletilmiş belirsizlik
u : birleşik standart belirsizlik

vi. örnek çalışma:

Bir işyerinde çalışan kaynakçı, günlük çalışma planı çerçevesinde; 1 saat "planlama, ara", 3-5 saat "kaynak" ve 1-3 saat "kesim" işi yapmaktadır. Görev tabanlı ölçüm stratejisine uygun olarak, gürültü seviyesi ölçme cihazı ile yapılan ölçümler sonucunda tespit edilen $L_{p,A,eqTemi}$ sonuçları Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Kaynakçının yaptığı görevlerdeki gürültü sonuçları

1-Planlama T_1: 1 saat	2-Kaynak T_{21}: 3 saat T_{22}: 5 saat	3-Kesme T_{31}: 1 saat T_{32}: 3 saat
$L_{p,A,eqT,11}$ 65 dB(A)	$L_{p,A,eqT,21}$ 81,6 dB(A)	$L_{p,A,eqT,31}$ 88,7 dB(A)
	$L_{p,A,eqT,22}$ 79,7 dB(A)	$L_{p,A,eqT,32}$ 90,1 dB(A)
	$L_{p,A,eqT,23}$ 82,1 dB(A)	$L_{p,A,eqT,33}$ 90,5 dB(A)
		$L_{p,A,eqT,34}$ 92,4 dB(A)
		$L_{p,A,eqT,35}$ 88,3 dB(A)
		$L_{p,A,eqT,36}$ 87,9 dB(A)

a. örneklemeden kaynaklanan standart belirsizlik

1) Her görevde kaydedilen gürültü ölçümlerinin aritmetik ortalamaları Eşitlik 3.18 kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$\bar{L}_{pAeqTm} = \frac{1}{I}\sum_{i=1}^{I} L_{pAeqTm_i} \qquad [3.18]$$

$$\bar{L}_{pAeqT_1} = \frac{1}{I} L_{pAeqT1_1} = \frac{1}{1}65 = 65\ dB$$

$$\bar{L}_{pAeqT_2} = \frac{1}{I} L_{pAeqT2_1} + L_{pAeqT2_2} + L_{pAeqT2_3} = \frac{1}{3}(81{,}6 + 79{,}7 + 82{,}1) = 81{,}1\ dB$$

$$\bar{L}_{pAeqT_3} = \frac{1}{I} L_{pAeqT3_1} + L_{pAeqT3_2} + L_{pAeqT3_3} + L_{pAeqT3_4} + L_{pAeqT3_5} + L_{pAeqT3_6}$$

$$= \frac{1}{6}(88{,}7 + 90{,}1 + 90{,}5 + 92{,}4 + 88{,}3 + 87{,}9) = 89{,}7\ dB$$

2) her görev için örneklemeden kaynaklanan standart belirsizlik Eşitlik 3.19 kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)}\left[\sum_{i=1}^{I}\left(L_{pAeqTm_i} - \bar{L}_{pAeqTm}\right)^2\right]} \qquad [3.19]$$

$$u_{1a,1} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)}(65-65)^2} = 0\ dB$$

$$u_{1a,2} = \sqrt{\frac{1}{3(3-1)}\left[(81{,}6-81{,}1)^2 + (79{,}7-81{,}1)^2 + (82{,}1-81{,}1)^2\right]} = 0{,}73\ dB$$

$$u_{1a,3} = \sqrt{\frac{1}{6(6-1)}\left[\begin{matrix}(88{,}7-89{,}7)^2+(90{,}1-89{,}7)^2+(90{,}5-89{,}7)^2+\\(92{,}4-89{,}7)^2+(88{,}3-89{,}7)^2+(87{,}9-89{,}7)^2\end{matrix}\right]} = 0{,}69\ dB$$

b. görev süresinden kaynaklanan standart belirsizlik

1) her görev süresi için alınan sürelerin aritmetik ortalamaları Eşitlik 3.20 kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$\bar{T}_m = \frac{1}{J}\sum_{J=1}^{J} T_{m,j}$$

[3.20]

$T_1 = 1\ saat$

$T_2 = \frac{(3+5)}{2} = 4\ saat$

$T_3 = \frac{(1+3)}{2} = 2\ saat$

2) her görev için görev süresinden kaynaklanan standart belirsizlik Eşitlik 3.21 kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)}\left[\sum_{j=1}^{J}\left(T_{m,j}-T_m\right)^2\right]}$$

[3.21]

$u_{1b,1} = 0\ dB$

$u_{1b,2} = \sqrt{\frac{1}{2(2-1)}[(3-4)^2+(5-4)^2]} = 1\ dB$

$u_{1b,3} = \sqrt{\frac{1}{2(2-1)}[(1-2)^2+(3-2)^2]} = 1\ dB$

c. hassasiyet katsayıları

Birleşik belirsizlik formülünde kullanılacak olan hassasiyet katsayıları hesaplanmalıdır.

1) örneklemeden gelen hassasiyet katsayısı: öncelikle her bir görev için A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi Eşitlik 3.22 kullanılarak bulunmalıdır.

$$L_{pAeqTm} = 10\log\left(\frac{1}{I}\sum_{i=1}^{I} 10^{0,1L_{pAeqTm_i}}\right)$$

[3.22]

$$L_{pAeqT1} = 10\log\left[\frac{1}{1}(10^{0,1\cdot 65})\right] = 65\ dB$$

$$L_{pAeqT2} = 10\log\left[\frac{1}{3}(10^{0,1\cdot 81,6} + 10^{0,1\cdot 79,7} + 10^{0,1\cdot 82,1})\right] = 81,25\ dB$$

$$L_{pAeqT3} = 10\log\left[\frac{1}{6}(10^{0,1\cdot 88,7} + 10^{0,1\cdot 90,1} + 10^{0,1\cdot 90,5} + 10^{0,1\cdot 92,4} + 10^{0,1\cdot 88,3} + 10^{0,1\cdot 87,9})\right] = 89,94\ dB$$

2) günlük A-ağırlıklı gürültü maruziyeti seviyesi Eşitlik 3.23 kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$L_{EX,8h} = 10\log\left(\sum_{m=1}^{M}\frac{\bar{T}_m}{T_0}10^{0,1\cdot L_{pAeqTm}}\right)$$

[3.23]

$$L_{EX,8h} = 10\log\left(\frac{1}{8}10^{0,1\cdot 65} + \frac{4}{8}10^{0,1\cdot 81,25} + \frac{2}{8}10^{0,1\cdot 89,94}\right) = 84,96\ dB$$

3) her görev için örneklemeden gelen hassasiyet katsayısı Eşitlik 3.24 kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$c_{1a,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial L^*_{p,A,eqT,m}} = \frac{T_m}{T_0}10^{0,1\cdot(L^*_{p,A,eqT,m} - L_{EX,8h})}$$

[3.24]

$$c_{1a,1} = \frac{1}{8}10^{0,1(65-84,96)} = 0,0004 \cong 0$$

$$c_{1a,2} = \frac{4}{8}10^{0,1(81,24-84,96)} = 0,212$$

$$c_{1a,3} = \frac{2}{8}10^{0,1(89,94-84,96)} = 0,787$$

4) her görev için görev süresinden gelen hassasiyet katsayısı Eşitlik 3.25 kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$c_{1b,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial T_m} = 4{,}34\,\frac{c_{1a,m}}{T_m}$$

[3.25]

$c_{1b,1} = 4{,}34\,\frac{0}{1} = 0$

$c_{1b,2} = 4{,}34\,\frac{0{,}212}{4} = 0{,}23$

$c_{1b,3} = 4{,}34\,\frac{0{,}787}{2} = 1{,}71$

d. birleşik belirsizlik

Örnekleme, görev süresi, kullanılan cihaz ve mikrofon pozisyonundan kaynaklanan belirsizlikler kullanılarak birleşik belirsizlik Eşitlik 3.26 ile hesaplanmalıdır.

u_2 = 0,7 dB

u_3 = 1,0 dB alınmıştır

$$u^2\left(L_{EX,8h}\right) = \left(\sum_{m=1}^{M}\left[c_{1a,m}^2\left(u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2\right) + \left(c_{1b,m}\cdot u_{1b,m}\right)^2\right]\right)$$

[3.26]

$u^2\left(L_{EX,8h}\right) = [0+0] + [0{,}212^2(0{,}73^2 + 0{,}7^2 + 1^2) + (0{,}23\times 1)^2]$
$\quad + [0{,}787^2(0{,}69^2 + 0{,}7^2 + 1^2) + (1{,}71\times 1)^2]$

$u^2\left(L_{EX,8h}\right) \cong 4{,}24$

$u = 2{,}06$ dB

e. genişletilmiş belirsizlik

% 95 güven aralığı için k=1,65 kapsama faktörü kullanılarak genişletilmiş ölçüm belirsizliği Eşitlik 3.27 ile hesaplanmalıdır.

$$U = 1{,}65 \cdot u$$

[3.27]

$U = 1{,}65 \cdot 2{,}06 = 3{,}4\ dB$

B. İş Tabanlı Strateji Ölçümleri İçin Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliğinin Hesaplanması

İş tabanlı strateji kullanılarak gerçekleştirilen ölçümler için genişletilmiş ölçüm belirsizliği hesaplanırken aşağıdaki adımlar izlenmektedir.

i. Örneklemeden kaynaklanan standart belirsizliğin hesaplanması (Eşitlik 3.28)

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)}\left[\sum_{n=1}^{N}\left(L_{pAeqTn} - \bar{L}_{pAeqT}\right)^2\right]}$$

[3.28]

Burada:

u_1 : Gürültü seviyesi numunelendirmesine bağlı standart sapma
$L_{p,A,eqT,n}$: *n* numunesinin A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi
$\bar{L}_{p,A,eqT}$: numunelerin ses basıncı seviyelerinin aritmetik ortalaması
n : numune numarası
N : numunelerin toplam sayısı

ii. Standart sapmanın belirsizliğe katkısı

N sayıda $L_{p,A,eqT,n}$ örneğinin standart sapmasının belirsizliğe katkısını gösteren c_1u_1 Çizelge 3.4 kullanılarak bulunmaktadır.

Çizelge 3.4 Ölçülen $L_{p,A,eqT,n}$ değerlerinin belirsizliğe katkısı (c_1u_1)

N	dB											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

iii. Birleşik belirsizlik

Örnekleme, kullanılan cihaz ve mikrofon pozisyonundan kaynaklanan belirsizlikler Eşitlik 3.29'da yerine konularak birleşik belirsizlik hesaplanmaktadır.

$$u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2(u_2^2 + u_3^2)$$

[3.29]

Burada:
u : birleşik standart belirsizlik
c_1u_1 : gürültü seviyesi numunelendirmesine bağlı standart belirsizlik
u_2 : kullanılan cihaza bağlı standart belirsizlik
(TS EN ISO 9612: 1. sınıf gürültü ölçer için = 0,7 dB; dozimetre için 1,5 dB; 2. sınıf gürültü ölçer için = 1,5 dB)
u_3 : mikrofon pozisyonuna bağlı standart belirsizlik (TS EN ISO 9612: 1 dB)
c_2 : hassasiyet katsayıları (TS EN ISO 9612: $c_2 = 1$)

iv. genişletilmiş belirsizlik

Genişletilmiş ölçüm belirsizliği, Eşitlik 3.30 ile % 95 güven aralığı için k=1,65 kapsama faktörü kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$U = 1{,}65 \cdot u$$

[3.30]

Burada:
U : genişletilmiş belirsizlik
u : birleşik standart belirsizlik

v. örnek çalışma

Bir işyerinde 18 kişiden oluşan ve 7,5 saat maruziyet süresi olan homojen bir grup mevcuttur. Bu grup üzerinde iş tabanlı ölçüm stratejisine uygun olarak, kişisel gürültü maruziyeti ölçme cihazı (dozimetre) ile yapılan 6 adet ölçüm sonucu elde edilen değerler Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5 İş tabanlı ölçüm sonuçları

Homojen Grup Te: 7,5 saat	
$L_{p,A,eqT,1}$	89,3 dB(A)
$L_{p,A,eqT,2}$	85,7 dB(A)
$L_{p,A,eqT,3}$	91,1 dB(A)
$L_{p,A,eqT,4}$	87,7 dB(A)
$L_{p,A,eqT,5}$	89,8 dB(A)
$L_{p,A,eqT,6}$	87,2 dB(A)

a. örneklemenin standart sapması

1) Gürültü ölçümlerinin aritmetik ortalamaları Eşitlik 3.31 kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$\bar{L}_{pAeqT} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} L_{pAeqTn}$$

[3.31]

$$\bar{L}_{pAeqT} = \frac{1}{6}(89{,}3 + 85{,}7 + 91{,}1 + 87{,}7 + 89{,}8 + 87{,}2) = 88{,}5\ dB$$

2) örneklemelerin standart sapması Eşitlik 3.32 kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)}\left[\sum_{n=1}^{N}\left(L_{pAeqTn} - \bar{L}_{pAeqT}\right)^2\right]}$$

[3.32]

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(6-1)}[(89{,}3 - 88{,}5)^2 + (85{,}7 - 88{,}5)^2 + (91{,}1 - 88{,}5)^2 + (87{,}7 - 88{,}5)^2 + (89{,}8 - 88{,}5)^2 + (87{,}2 - 88{,}5)^2]}$$

u_1 = 1,96 dB

b. standart sapmanın belirsizliğe katkısı

Çizelge 3.4 kullanılarak, örneklemelerin standart sapmasının belirsizliğe katkısı (c_1u_1) bulunur.

c_1u_1 = 1,4 dB

c. birleşik belirsizlik

Örnekleme, ölçüm aygıtı ve mikrofon pozisyonundan kaynaklanan belirsizlikler kullanılarak birleşik belirsizlik Eşitlik 3.33 ile hesaplanmalıdır.

c_2 = 1 (TS EN ISO 9612)

u_2 = 1,5 dB (TS EN ISO 9612)

u_3 = 1 dB (TS EN ISO 9612)

$$u^2\left(L_{EX,8h}\right) = c_1^2u_1^2 + c_2^2(u_2^2 + u_3^2)$$

[3.33]

$$u^2\left(L_{EX,8h}\right) = 1{,}4^2 + 1^2(1{,}5^2 + 1^2) = 5{,}21$$

$$u\left(L_{EX,8h}\right) = 2{,}28\ dB$$

d. genişletilmiş belirsizlik

% 95 güven aralığı için k=1,65 kapsama faktörü kullanılarak genişletilmiş ölçüm belirsizliği hesaplanmalıdır.

$U = 1{,}65 \cdot u$

$U = 1{,}65 \cdot 2{,}28 = 3{,}77$ dB

C. Tam gün stratejisi ölçümleri için genişletilmiş ölçüm belirsizliğinin hesaplanması

Tam gün ölçüm stratejisi kullanılarak gerçekleştirilen ölçümler için genişletilmiş ölçüm belirsizliği hesaplama işlemleri, iş tabanlı ölçüm stratejisinde izlenen adımlarla aynıdır.

i. Örnek çalışma

Bir işyerinde çalışan 3 ekskavatör operatörünün çalışma süreleri molalar hariç 8,5 saat olup tam gün ölçüm stratejisine uygun olarak, kişisel gürültü maruziyeti ölçme cihazı (dozimetre) ile yapılan 3 tam gün ölçümün sonuçları arasında 3 dB'den daha fazla fark olduğundan 3 tam gün daha ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin sonuçları aşağıdaki gibidir:

Çizelge 3.6 Tam gün ölçüm sonuçları

Sürücü/gün	Eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi dB(A)
1. operator /1. gün	89,0
2. operatör /1. gün	90,5
3. operatör /1. gün	86,8
1. operatör /2. gün	91,2
2. operatör /2. gün	89,6
3. operatör /2. gün	90,1

a. örneklemenin standart sapması

1) Gürültü ölçümlerinin aritmetik ortalamaları Eşitlik 3.34 kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$\bar{L}_{pAeqT} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} L_{pAeqTn} \qquad [3.34]$$

$$\bar{L}_{pAeqT} = \frac{1}{6}(89{,}0 + 90{,}5 + 86{,}8 + 91{,}2 + 89{,}6 + 90{,}1) = 89{,}5\ dB$$

2) örneklemelerin standart sapması Eşitlik 3.35 kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)}\left[\sum_{n=1}^{N}\left(L_{pAeqTn} - \bar{L}_{pAeqT}\right)^2\right]}$$

[3.35]

$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(6-1)}[(89{,}0-89{,}5)^2+(90{,}5-89{,}5)^2+(86{,}8-89{,}5)^2+(91{,}2-89{,}5)^2+(89{,}6-89{,}5)^2+(90{,}1-89{,}5)^2]}$

u_1 = 1,54 dB

b. standart sapmanın belirsizliğe katkısı

Çizelge 3.4 kullanılarak, örneklemelerin standart sapmasının belirsizliğe katkısı (c_1u_1) bulunur.

c_1u_1 = 0,9 dB

c. birleşik belirsizlik

Örnekleme, ölçüm aygıtı ve mikrofon pozisyonundan kaynaklanan belirsizlikler kullanılarak Eşitlik 3.36 ile birleşik belirsizlik hesaplanmalıdır.

c_2 = 1 (TS EN ISO 9612)

u_2 = 1,5 dB (TS EN ISO 9612)

u_3 = 1 dB (TS EN ISO 9612)

$$u^2\left(L_{EX,8h}\right) = c_1^2u_1^2 + c_2^2(u_2^2 + u_3^2)$$

[3.36]

$u^2\left(L_{EX,8h}\right) = 0{,}9^2 + 1^2(1{,}5^2 + 1^2) = 4{,}06$

$u\left(L_{EX,8h}\right) = 2{,}01\ dB$

d. genişletilmiş belirsizlik

% 95 güven aralığı için k=1,65 kapsama faktörü kullanılarak genişletilmiş ölçüm belirsizliği hesaplanmalıdır.

$U = 1{,}65 \cdot u$

$U = 1{,}65 \cdot 2{,}01 = 3{,}32$ dB

4. SAHA ÇALIŞMALARI

4.1 Giriş

ÇSGB İSGÜM'e bağlı merkez ve bölge laboratuvarları gürültü maruziyeti ölçümleri yapmaktadır. Bunun yanında çok sayıda akredite özel laboratuvar da kişisel gürültü maruziyeti ölçümleri yapmaktadır. Saha çalışmaları sırasında bazı maden işletmelerinin çalışanları üzerinde özellikle gürültü, toz ve titreşim maruziyeti ölçümleri yaptırdıkları gözlenmiştir. Ancak bu ölçümlerin bilimsel düzeyde olmayıp yalnızca maruziyet düzeylerinin ses basıncı üzerinden 28.07.2013 tarih ve 28721 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik Madde 5'te verilen sınır ve eylem değerleri ile karşılaştırılması amacıyla kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle bu tez çalışmasında iş makinesi operatörlerinin gürültü maruziyeti, yapılan işin evreleri bazında belirlenmiştir.

4.2 Çalışma Uzayı

Bu çalışmada Sivas ve komşu illerde faaliyet gösteren beş maden işletmesi ile Cumhuriyet Üniversitesi sınırları içerisinde yapılan bir yol inşaatında değişik faaliyetlerde kullanılan farklı tip ve modelde toplam 67 adet ağır iş makinesinden alınan gürültü maruziyeti ölçümleri analiz edilmiştir. Ölçümler, TS EN ISO 9612-2009 "Akustik-Mesleki Gürültü Maruziyetinin Belirlenmesi-Mühendislik Metodu" ile TS 2607 ISO 1999 "Akustik – İş Yerinde Maruz Kalınan Gürültünün Tayini Ve Bu Gürültünün Sebep Olduğu İşitme Kaybının Tahmini" standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Her iki standartta da gürültüye maruziyet düzeyinin değerlendirilmesi için sekiz saatlik bir referans döneme ($L_{EX\text{-}8h}$) normalize edilen günlük maruziyet değerinin hesaplanmasına dayalı olarak, frekans ağırlıklı ses basıncı değerlerinin karelerinin toplamının (RMS) karekökü tanımlanmış olsa da bu çalışmada gürültü maruziyeti değerlendirmesine yönelik diğer parametreler de hesaplanmıştır.

Tez çalışmasında gürültü ölçümü yapılan iş makineleri sınıflandırılmış ve Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Buna göre hafriyat kamyonu, terskepçe hidrolik ekskavatör, paletli dozer, greyder, lastik tekerlekli yükleyici, titreşimli silindir, hidrolik kırıcı, delici, DKE, DKE aktarma aracı, dökücü, DKE kömür yükleyici, kömür serici ve terskepçe yükleyiciden ölçüm alınmıştır.

Gürültü ölçümleri Sivas ve komşu illerde yer alan bir yol inşaat çalışması, bir kum ocağı, bir kireçtaşı işletmesi, bir demir işletmesi, bir altın işletmesi ve bir kömür işletmesi olmak üzere toplam altı işyerinden alınmıştır. Çalışmada ölçüm alınan iş makinelerinin işletmelere dağılımı Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Çalışmada ölçüm alınan iş makineleri

İş makinesi	Temsili resim	Adet
Hafriyat kamyonu Açık maden işletmelerinde cevher ve pasa taşıma işlemlerinde kullanılmaktadır		20
Hidrolik terskepçe ekskavatör Açık maden işletmelerinde cevher/pasa kazı ve yükleme işlemlerinde kullanılmaktadır		11
Paletli dozer Açık maden işletmelerinde zemin tesviye ve kazı/destek işlemlerinde kullanılmaktadır		6
Lastik tekerlekli yükleyici Açık maden işletmelerinde yükleme ve kazı/destek işlemlerinde kullanılmaktadır		4
Greyder Açık maden işletmelerinde zemin tesviye işlemlerinde kullanılmaktadır		4
Titreşimli silindir Açık maden işletmelerinde zemin sıkıştırma işlemlerinde kullanılmaktadır		3
Delici Açık maden işletmelerinde patlatma deliği delme işlemlerinde kullanılmaktadır		3
Hidrolik kırıcı Açık maden işletmelerinde patar boyut küçültme işlemlerinde kullanılmaktadır		3

Çizelge 4.1 Çalışmada ölçüm alınan iş makineleri (devam ediyor)

İş makinesi	Temsili resim	Adet
Döner kepçeli ekskavatör Açık maden işletmelerinde cevher/pasa kazı, yükleme ve transfer işlemlerinde kullanılmaktadır.		3
DKE aktarma aracı Açık maden işletmelerinde DKE'den alınan cevher/pasanın basamak bandına transfer işlemlerinde kullanılmaktadır.		3
Dökücü Açık maden işletmelerinde pasanın döküm sahasına yayılarak, yığılması işlemlerinde kullanılmaktadır.		3
DKE kömür yükleyici Termik santral stok sahasındaki kömürün, termik santrale beslenmesi işlemlerinde kullanılmaktadır.		2
Kömür serici Termik santral stok sahasına iletilen kömürün, düzenli biçimde konik yığılara aktarımı işlemlerinde kullanılmaktadır.		1
Hidrolik terskepçe yükleyici Açık maden işletmelerinde yükleme, hendek açma ve destek işlemlerinde kullanılmaktadır.		1

Ölçümler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"nde yer alan tüm gürültü ölçümleri için uygun olan yüksek hassasiyete sahip Tip-1 gürültü seviyesi ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1). Gürültü ölçüm cihazı IEC 61672-1: 2002 Standardında öngörülen gereklilikleri de karşılamakta olup frekans analizi için dâhili ⅓ oktav bant filtresi bulunmaktadır. Gürültü ölçümleri üç ayrı profil tanımlanarak A, C ve Z (linear) frekans ağırlıklandırması ile yapılabilmektedir. Gürültü ölçer cihaz ölçüm sonuçlarını SPL, L_{eq}, SEL, L_{den}, L_{tm3}, L_{tm5}, L_n (L_1-L_{99}), L_{Max}, L_{Min} ve L_{Peak} parametreleri üzerinden verebilmektedir.

Dinamik ölçüm aralığı 110 dB'den fazla olan cihazın gürültü için ölçüm aralığı 15 dBA RMS ile 140 dBA Peak arasında değişmektedir. Artırılabilir 4 GB MicroSD kart hafızası ile süresiz kayıt alabilmektedir.

Çizelge 4.2 Çalışmada ölçüm alınan iş makinelerinin işletmelere dağılımı

İşletmeler ➔ / İş makineleri ↓	Yol inşaat çalışması	Kum ocağı	Kireçtaşı işletmesi	Demir işletmesi	Altın işletmesi	Kömür işletmesi	TOPLAM
Hafriyat kamyonu		1	4	8	7		20
Hidrolik terskepçe ekskavatör			1	2	8		11
Paletli dozer	1				3	2	6
Lastik tekerlekli yükleyici		1			3		4
Greyder	1				3		4
Titreşimli silindir	1				2		3
Delici				1	2		3
Hidrolik kırıcı			1		2		3
DKE						3	3
DKE aktarma aracı						3	3
Dökücü						3	3
DKE kömür yükleyici						2	2
Kömür serici						1	1
Hidrolik terskepçe yükleyici		1					1
TOPLAM	3	3	6	11	30	14	67



Şekil 4.1 Çalışmalarda kullanılan gürültü seviyesi ölçüm cihazı (Svantek, 2012)

4.3 Hafriyat Kamyonları

Tez çalışması kapsamında 20 adet hafriyat kamyonundan gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Kamyon iş döngüsünün aşağıdaki evrelerden oluştuğu kabul edilerek, ölçümlerin kamyonun bir tam turunu kapsamasına dikkat edilmiş ve birkaç istisna dışında hemen tüm kamyonların iş döngüsünü temsil edecek süre boyunca kayıt alınmıştır. Gürültü ölçümü alınan kamyonların teknik özellikleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

a) Tüm kayıt (RECORD; Hafriyat kamyonlarının tipik iş döngüsündeki tüm evreleri kapsamakta ve ölçüm yapılan toplam süredeki gürültü maruziyetini göstermektedir. Ancak hareketin başında operatörün ölçüm ekibi ile konuşmaya çalışması ve hareketin sonunda kabin kapısını açarak beklemeye başlaması ve dolayısıyla dış ortam

gürültüsünden kaynaklanabilen yüksek ses basıncı bölümleri ayıklanarak, analizlerden çıkartılmıştır.)

b) Yanaşma manevrası (SPOT; kamyon, boş dönüş sonrası ekskavatör/yükleyiciye yanaşma ve taşıma sonrası harmanda döküm noktasına yanaşma için hızını azaltarak taşıma ve dönüş evrelerinden ayırt edilebilecek biçimde manevra yaptığında ayrı bir evre olarak alınmakta ve bu sırada maruz kalınan gürültü düzeyi kaydedilmektedir.)

c) Bekleme (WAIT; Kamyon herhangi bir evre içerisinde iken durmak ve motor devinimi askıda iken beklemek durumunda kaldığında, ayrı bir evre olarak alınmakta ve bu sırada maruz kalınan gürültü düzeyi kaydedilmektedir.)

d) Yüklenme (LOAD; Kamyon yükleyici tarafından yüklenirken maruz kalınan gürültü düzeyini temsil etmek için kaydedilmektedir.)

e) Taşıma (HAUL; Kamyon yüklü halde taşıma yaparken maruz kalınan gürültü düzeyini temsil etmek için kaydedilmektedir.)

f) Boşaltma (DUMP; Kamyonun boşaltması sırasında maruz kalınan gürültü düzeyini temsil etmek için kaydedilmektedir.)

g) Boş dönüş (RETURN; Kamyon boş halde geri dönerken maruz kalınan gürültü düzeyini temsil etmek için kaydedilmektedir.)

Çizelge 4.3 Çalışmada ölçüm alınan hafriyat kamyonlarının teknik özellikleri

İşyeri	Kamyon no	İmal yılı	Taşınan malzeme	Motor gücü (HP)	Kapasite (ton)	Net araç kütlesi (ton)	Brüt araç kütlesi (ton)
Kum ocağı	1	2007	Kum	279	25,21	8,29	33,50
Demir işletmesi	2	2011	Toprak	440	25,10	14,90	40,00
Demir işletmesi	3	2008	Toprak	395	24,49	9,02	33,50
Demir işletmesi	4	2008	Toprak	395	24,49	9,02	33,50
Demir işletmesi	5	2011	Toprak	440	25,10	14,90	40,00
Demir işletmesi	6	2011	Toprak	440	25,10	14,90	40,00
Demir işletmesi	7	2014	Toprak	395	24,49	9,02	33,50
Demir işletmesi	8	2014	Toprak	395	24,49	9,02	33,50
Demir işletmesi	9	2011	Toprak	440	25,10	14,90	40,00
Kireçtaşı işletmesi	10	2016	Kireçtaşı	395	30,50	10,50	41,00
Kireçtaşı işletmesi	11	2015	Kireçtaşı	395	30,50	10,50	41,00
Kireçtaşı işletmesi	12	2016	Kireçtaşı	360	21,19	10,81	32,00
Kireçtaşı işletmesi	13	2015	Kireçtaşı	395	30,50	10,50	41,00
Altın işletmesi	14	2012	Az ayrışmış kayaç	395	24,49	9,02	33,50
Altın işletmesi	15	2015	Toprak	395	24,49	9,02	33,50
Altın işletmesi	16	2015	Az ayrışmış kayaç	395	24,49	9,02	33,50
Altın işletmesi	17	2015	Ayrışmış kayaç	395	24,49	9,02	33,50
Altın işletmesi	18	2015	Toprak	395	24,49	9,02	33,50
Altın işletmesi	19	2010	Ayrışmış kayaç	395	24,49	9,02	33,50
Altın işletmesi	20	2010	Ayrışmış kayaç	395	24,49	9,02	33,50

Hafriyat kamyonlarına ait gürültü maruziyeti sonuçları, ortalama değerler üzerinden, Çizelge 4.4'de verilmiştir. Operatör kabininde kaydedilen eşdeğer ses basıncı değerlerinin (L_{eq}) 71,0 dBA ile 81,8 dBA arasında sıralandığı, ortalama gürültü düzeyinin ise 76,0 dBA olduğu görülmektedir.

Diğer yandan 8 saatlik bir vardiyada operatörün 7,5 saat gürültüye maruz kaldığı kabul edildiğinde günlük gürültü maruziyeti (L_{EX-8h}) 70,7 dBA ile 81,5 dBA arasında değişmekte ve ortalama gürültü düzeyi 75,6 dBA olmaktadır. Bu değer maruziyet etkin değeri (85 dBA) ve sınır değerinden (87 dBA) düşüktür.

Hafriyat kamyonlarına ait gürültü maruziyeti sonuçları işletmeler bazında incelendiğinde açık demir ve altın işletmelerindeki hafriyat kamyonlarını kullanan sürücülerin daha yüksek (76,9 dBA ve 76,6 dBA), kum ocağı ve kireçtaşı işletmesindeki hafriyat kamyonlarını kullanan sürücülerin daha düşük (73,0 dBA ve 73,6 dBA) gürültüye maruz kaldığı tespit edilmiştir. Hafriyat kamyonu sürücülerinin işletmelere göre evresel bazda gürültü maruziyeti Şekil 4.2'de verilmektedir.

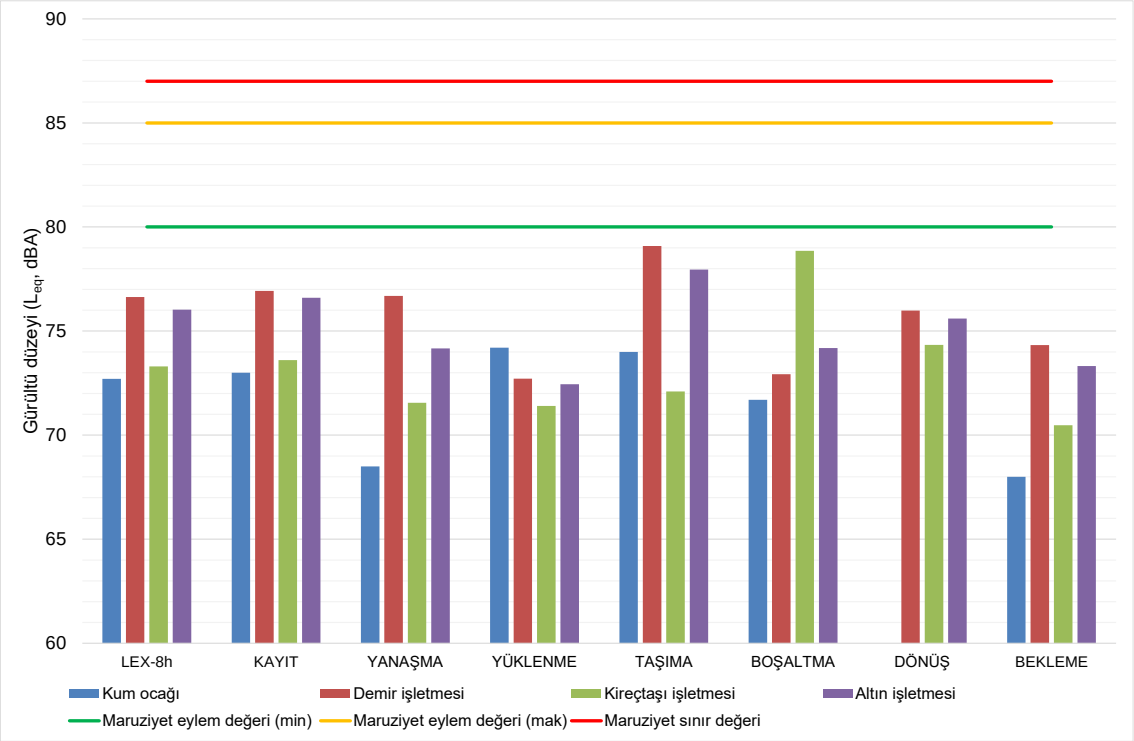
Tez çalışmasında örneklenen tüm hafriyat kamyonları evreler bazında değerlendirildiğinde en yüksek gürültü maruziyeti 77,0 dBA ile TAŞIMA evresinde oluşmaktadır. Bunu 75,6 dBA ile DÖNÜŞ, 74,5 dBA ile BOŞALTMA, 74,4 dBA ile YANAŞMA ve 72,8 dBA ile BEKLEME izlemektedir. En düşük gürültü maruziyeti 72,6 dBA ile YÜKLENME evresinde meydana gelmektedir.

Gürültü maruziyeti işletmelere göre değerlendirildiğinde ise açık demir ve altın işletmelerinde de en yüksek gürültü düzeyinin TAŞIMA evresinde oluştuğu görülmektedir. Ancak en yüksek gürültü maruziyeti kum ocağında YÜKLENME, kireçtaşı işletmesinde ise BOŞALTMA evresinde yaşanmıştır. Diğer yandan en düşük gürültü maruziyeti açık demir ve altın işletmelerinde YÜKLENME evresinde, kum ocağı ve kireçtaşı işletmesinde ise BEKLEME evresinde meydana gelmiştir.

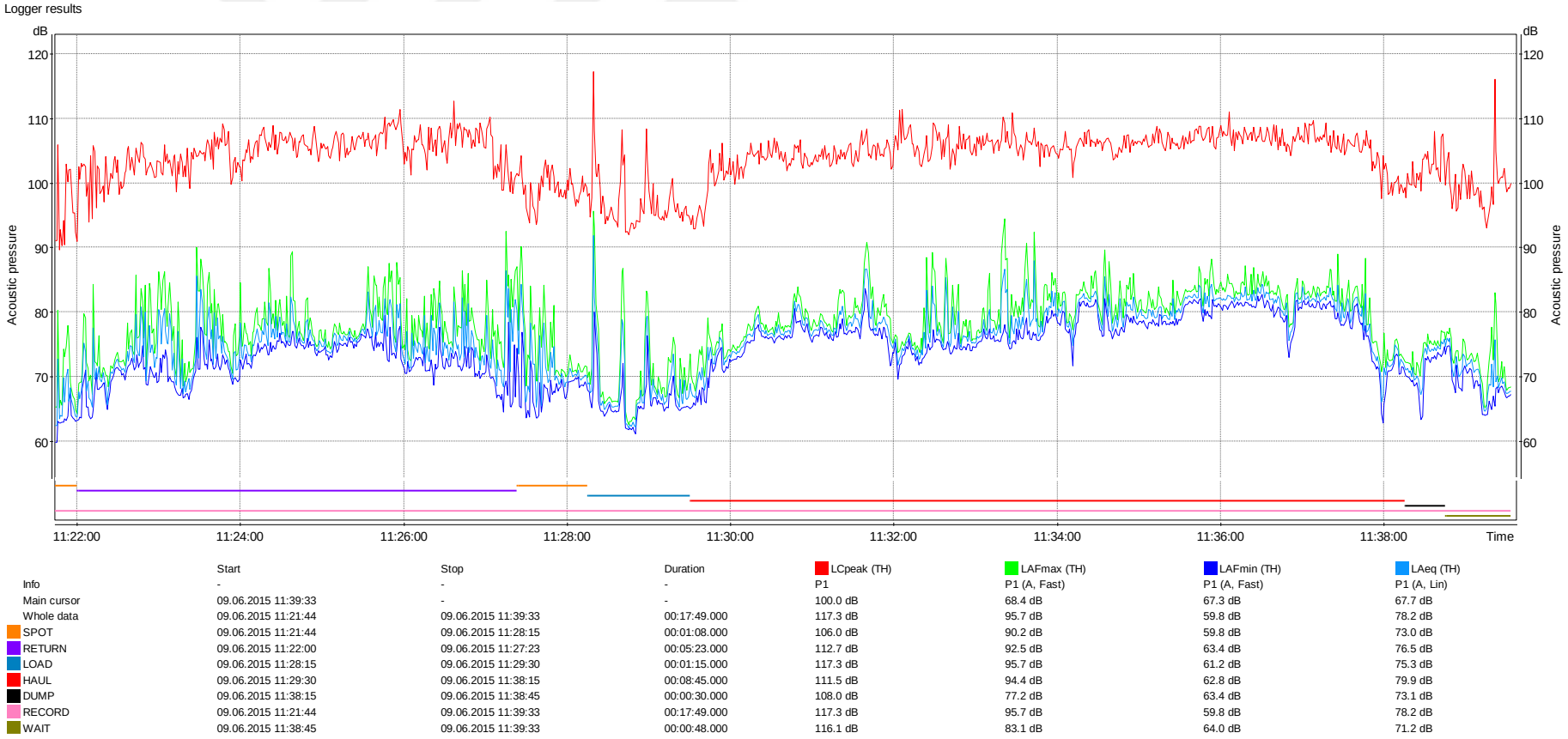
Ölçüm yapılan hafriyat kamyonlarına ait tipik bir gürültü-zaman kütüğü Şekil 4.3'de sunulmuştur. Zaman kütüğü, kamyon döngüsünü oluşturan evrelere ayrılmış olup her evrede maruz kalınan gürültü düzeyi Şekil 4.3 üzerinden incelenebilir. Çalışmada örneklenen tüm hafriyat kamyonlarına ait bireysel gürültü ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)

	KAMYON	KAYIT	YANAŞMA	YÜKLENME	TAŞIMA	BOŞALTMA	DÖNÜŞ	BEKLEME
①	No_1	73,0	68,5	74,2	74,0	71,7	-	68,0
②	No_2	77,2	79,8	68,7	81,3	70,1	78,6	73,6
	No_3	75,0	77,7	74,7	76,1	69,6	74,4	71,4
	No_4	74,1	72,2	69,4	76,3	75,7	72,0	73,1
	No_5	77,6	72,2	74,1	81,6	71,3	71,9	71,0
	No_6	81,8	85,3	77,2	81,3	78,0	83,5	82,8
	No_7	71,7	69,2	70,5	74,6	68,6	70,5	68,2
	No_8	76,2	72,0	72,2	78,4	73,4	76,2	74,5
	No_9	81,8	85,1	74,9	83,1	76,7	80,8	80,0
③	No_10	75,3	78,7	70,5	74,3	84,9	74,9	73,0
	No_11	71,0	67,5	72,3	69,3	67,3	73,6	67,5
	No_12	74,9	69,0	-	72,7	83,1	74,5	69,0
	No_13	73,2	71,0	-	72,1	80,1	-	72,4
④	No_14	78,2	73,0	75,3	79,9	73,1	76,5	71,2
	No_15	75,5	72,5	69,6	77,3	77,1	75,3	70,7
	No_16	79,9	78,5	74,5	81,2	69,9	79,8	79,7
	No_17	78,3	80,3	73,5	78,5	80,4	78,0	76,3
	No_18	74,3	70,9	-	74,8	-	73,8	-
	No_19	75,6	69,8	72,7	78,5	72,5	72,4	68,7
	No_20	74,4	-	69,1	75,5	72,1	73,4	-
	En düşük	71,0	67,5	68,7	69,3	67,3	70,5	67,5
	En yüksek	81,8	85,3	77,2	83,1	84,9	83,5	82,8
	Genel ortalama	76,0	74,4	72,6	77,0	74,5	75,6	72,8
①	Kum ocağı	73,0	68,5	74,2	74,0	71,7	-	68,0
②	Demir işletmesi	76,9	76,7	72,7	79,1	72,9	76,0	74,3
③	Kireçtaşı işletmesi	73,6	71,6	71,4	72,1	78,9	74,3	70,5
④	Altın işletmesi	76,6	74,2	72,5	78,0	74,2	75,6	73,3



Şekil 4.2 Hafriyat kamyonu sürücüleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı



	Start	Stop	Duration	LCpeak (TH)	LAFmax (TH)	LAFmin (TH)	LAeq (TH)
Info	-	-	-	P1	P1 (A, Fast)	P1 (A, Fast)	P1 (A, Lin)
Main cursor	09.06.2015 11:39:33	-	-	100.0 dB	68.4 dB	67.3 dB	67.7 dB
Whole data	09.06.2015 11:21:44	09.06.2015 11:39:33	00:17:49.000	117.3 dB	95.7 dB	59.8 dB	78.2 dB
SPOT	09.06.2015 11:21:44	09.06.2015 11:28:15	00:01:08.000	106.0 dB	90.2 dB	59.8 dB	73.0 dB
RETURN	09.06.2015 11:22:00	09.06.2015 11:27:23	00:05:23.000	112.7 dB	92.5 dB	63.4 dB	76.5 dB
LOAD	09.06.2015 11:28:15	09.06.2015 11:29:30	00:01:15.000	117.3 dB	95.7 dB	61.2 dB	75.3 dB
HAUL	09.06.2015 11:29:30	09.06.2015 11:38:15	00:08:45.000	111.5 dB	94.4 dB	62.8 dB	79.9 dB
DUMP	09.06.2015 11:38:15	09.06.2015 11:38:45	00:00:30.000	108.0 dB	77.2 dB	63.4 dB	73.1 dB
RECORD	09.06.2015 11:21:44	09.06.2015 11:39:33	00:17:49.000	117.3 dB	95.7 dB	59.8 dB	78.2 dB
WAIT	09.06.2015 11:38:45	09.06.2015 11:39:33	00:00:48.000	116.1 dB	83.1 dB	64.0 dB	71.2 dB

Şekil 4.3 Hafriyat kamyonlarının tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_14)

Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri

Sıra No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
1	Kum ocağı	Kayıt	00:07:54	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,3	96,9	60,3	62,9	73,0	99,8	74,8	69,6	64,5	61,8	72,7	2,1
				C, L_{tepe} C, Hızlı	116,3	107,0	82,4	92,3	95,7	122,4	99,5	92,6	87,3	83,8	95,4	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	121,4	112,5	84,8	95,8	99,6	126,4	103,6	95,7	90,1	86,5	99,3	2,1
		Yanaşma	00:00:14	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,0	71,5	60,3	-	68,5	80,0						
		Yüklenme	00:02:44	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,2	96,9	63,9	-	74,2	96,4						
		Taşıma	00:02:36	A, L_{tepe} C, Hızlı	114,3	86,1	62,0	-	74,0	95,9						
		Boşaltma	00:00:29	A, L_{tepe} C, Hızlı	113,4	78,2	61,2	-	71,7	86,3						
		Dönüş	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-	-						
		Bekleme	00:01:51	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,3	84,7	60,4	-	68,0	88,5						
2	Açık demir işletmesi	Kayıt	00:32:01	A, L_{tepe} C, Hızlı	128,5	92,2	60,5	64,3	77,2	110,0	81,5	67,6	64,0	62,1	76,9	2,1
				C, L_{tepe} C, Hızlı	128,5	120,5	77,2	93,1	93,9	126,7	95,6	90,9	86,8	81,5	93,6	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	138,4	130,0	81,7	96,7	101,8	134,7	102,5	95,0	90,5	85,6	101,6	2,0
		Yanaşma	00:00:24	A, L_{tepe} C, Hızlı	105,5	91,2	60,5	-	79,8	93,6						
		Yüklenme	00:13:40	A, L_{tepe} C, Hızlı	128,5	92,2	62,5	-	68,7	97,8						
		Taşıma	00:08:16	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,8	90,9	65,2	-	81,3	108,3						
		Boşaltma	00:01:34	A, L_{tepe} C, Hızlı	124,4	85,2	61,0	-	70,1	89,9						
		Dönüş	00:04:06	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,0	88,6	61,0	-	78,6	102,5						
		Bekleme	00:03:58	A, L_{tepe} C, Hızlı	125,5	90,8	61,3	-	73,6	97,3						
3	Açık demir işletmesi	Kayıt	00:20:43	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,0	93,5	60,4	61,0	75,0	105,9	78,3	73,1	67,5	62,2	74,7	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	117,0	109,7	78,7	82,1	96,4	127,3	100,1	93,3	88,9	82,6	96,1	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	121,2	114,2	83,7	86,6	99,7	130,7	103,2	96,2	92,0	87,0	99,5	2,0
		Yanaşma	00:00:36	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,3	82,6	69,1	-	77,7	93,3						
		Yüklenme	00:06:56	A, L_{tepe} C, Hızlı	109,0	89,7	62,2	-	74,7	100,9						
		Taşıma	00:06:44	A, L_{tepe} C, Hızlı	114,9	83,3	61,5	-	76,1	102,1						
		Boşaltma	00:01:28	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,8	84,6	61,0	-	69,6	89,0						
		Dönüş	00:04:08	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,0	93,5	61,8	-	74,4	96,8						
		Bekleme	00:00:51	A, L_{tepe} C, Hızlı	106,8	78,6	60,4	-	71,4	89,8						

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor)

Sıra No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
4	Açık demir işletmesi	Kayıt	00:16:07	A, L_{tepe} C, Hızlı	122,3	89,9	58,4	59,8	74,1	104,0	77,8	71,9	64,3	61,5	73,8	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	122,3	113,4	79,9	81,5	95,7	125,5	99,4	92,1	88,0	83,6	95,4	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	127,9	119,2	83,8	86,0	100,7	130,6	104,6	95,8	91,5	87,2	100,4	2,0
		Yanaşma	00:00:35	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,8	79,6	60,6	-	72,2							
		Yüklenme	00:04:15	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,7	87,8	61,1	-	69,4							
		Taşıma	00:05:58	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,1	89,9	62,8	-	76,3							
		Boşaltma	00:01:05	A, L_{tepe} C, Hızlı	103,1	81,1	59,8	-	75,7							
		Dönüş	00:03:14	A, L_{tepe} C, Hızlı	122,3	89,0	61,6	-	72,0							
		Bekleme	00:01:00	A, L_{tepe} C, Hızlı	107,1	81,0	58,4	-	73,1							
5	Açık demir işletmesi	Kayıt	00:20:53	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,8	91,8	47,9	55,1	77,6	108,6	83,6	72,1	66,4	63,3	77,3	2,1
				C, L_{tepe} C, Hızlı	116,8	105,7	69,3	70,9	93,4	124,4	96,2	92,0	87,3	81,4	93,1	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	118,4	109,3	73,1	74,8	97,1	128,1	100,1	95,4	90,6	84,4	96,8	2,0
		Yanaşma	00:01:16	A, L_{tepe} C, Hızlı	109,3	85,3	62,0	-	72,2							
		Yüklenme	00:08:06	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,1	91,8	63,9	-	74,1							
		Taşıma	00:06:16	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,5	88,0	68,9	-	81,6							
		Boşaltma	00:01:02	A, L_{tepe} C, Hızlı	106,7	85,5	62,9	-	71,3							
		Dönüş	00:02:34	A, L_{tepe} C, Hızlı	111,2	79,2	63,6	-	71,9							
		Bekleme	00:01:39	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,8	91,2	47,9	-	71,0							
6	Açık demir işletmesi	Kayıt	00:16:03	A, L_{tepe} C, Hızlı	115,4	100,2	64,3	73,5	81,8	111,6	84,5	77,8	74,1	66,0	81,5	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	115,4	105,4	82,3	103,4	98,1	127,9	102,2	94,9	88,6	84,7	97,8	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	121,1	113,5	84,6	107,1	102,6	132,4	106,2	100,9	92,8	87,6	102,4	2,0
		Yanaşma	00:00:46	A, L_{tepe} C, Hızlı	113,1	100,2	69,8	-	85,3							
		Yüklenme	00:03:40	A, L_{tepe} C, Hızlı	115,0	91,1	64,4	-	77,2							
		Taşıma	00:04:25	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,2	95,9	73,4	-	81,3							
		Boşaltma	00:01:02	A, L_{tepe} C, Hızlı	115,5	91,0	73,9	-	78,0							
		Dönüş	00:03:24	A, L_{tepe} C, Hızlı	114,1	97,7	74,4	-	83,5							
		Bekleme	00:02:46	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,4	96,1	69,2	-	82,8							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor)

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dBA)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
7	Açık demir işletmesi	Kayıt	00:13:53	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,2	91,6	59,2	63,4	71,7	100,9	75,3	68,9	63,6	61,1	71,5	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	118,2	110,2	77,8	86,5	95,9	125,2	100,3	89,8	82,1	78,9	95,7	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	123,4	116,7	80,1	89,8	102,2	131,4	106,7	94,4	85,7	82,2	101,9	2,2
		Yanaşma	00:02:51	A, L_{tepe} C, Hızlı	113,3	86,2	61,2	-	69,2							
		Yüklenme	00:02:09	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,2	89,7	62,6	-	70,5							
		Taşıma	00:03:58	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,0	91,7	65,6	-	74,6							
		Boşaltma	00:01:01	A, L_{tepe} C, Hızlı	108,1	74,8	60,7	-	68,6							
		Dönüş	00:02:35	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,2	81,2	60,0	-	70,5							
		Bekleme	00:01:19	A, L_{tepe} C, Hızlı	111,1	75,5	59,2	-	68,2							
8	Açık demir işletmesi	Kayıt	00:19:19	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,1	95,3	58,9	63,8	76,3	106,9	79,4	71,1	62,5	59,9	75,9	2,1
				C, L_{tepe} C, Hızlı	117,1	108,8	76,0	82,8	96,0	126,7	100,5	89,2	80,3	78,2	95,7	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	121,3	114,5	78,7	84,8	101,3	132,0	106,0	92,4	82,4	80,1	101,0	2,2
		Yanaşma	00:05:08	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,1	88,4	58,8	-	72,0							
		Yüklenme	00:01:44	A, L_{tepe} C, Hızlı	107,9	86,2	61,1	-	72,2							
		Taşıma	00:07:16	A, L_{tepe} C, Hızlı	115,6	95,3	59,4	-	78,4							
		Boşaltma	00:00:58	A, L_{tepe} C, Hızlı	105,9	88,4	61,7	-	73,4							
		Dönüş	00:03:44	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,1	90,9	62,6	-	76,2							
		Bekleme	00:00:29	A, L_{tepe} C, Hızlı	101,7	85,8	60,8	-	74,5							
9	Açık demir işletmesi	Kayıt	00:14:06	A, L_{tepe} C, Hızlı	130,3	102,1	67,3	67,7	81,7	110,9	85,4	80,0	70,4	68,2	81,5	2,1
				C, L_{tepe} C, Hızlı	130,3	119,8	81,8	102,7	97,9	127,1	102,5	94,8	90,1	85,0	97,8	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	139,2	130,7	86,3	106,6	103,1	132,3	106,6	99,7	93,5	89,1	103,0	2,0
		Yanaşma	00:01:20	A, L_{tepe} C, Hızlı	111,4	93,3	69,2	-	85,1							
		Yüklenme	00:01:19	A, L_{tepe} C, Hızlı	128,1	95,0	69,9	-	74,9							
		Taşıma	00:04:41	A, L_{tepe} C, Hızlı	111,3	91,6	71,0	-	83,1							
		Boşaltma	00:01:12	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,5	88,6	68,2	-	76,7							
		Dönüş	00:04:02	A, L_{tepe} C, Hızlı	130,3	89,4	68,3	-	80,8							
		Bekleme	00:01:32	A, L_{tepe} C, Hızlı	126,4	102,1	67,3	-	80,0							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor)

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
10	Açık kireçtaşı işletmesi	Kayıt	00:52:26	A, L_{tepe} C, Hızlı	131,2	101,4	60,3	81,3	75,2	110,2	77,5	71,5	65,5	62,1	75,0	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	131,2	122,3	73,9	90,4	96,8	131,8	100,7	93,4	81,6	75,5	96,6	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	138,7	130,1	80,1	93,3	102,9	137,9	106,9	99,1	85,5	81,7	102,7	2,1
		Yanaşma	00:02:16	A, L_{tepe} C, Hızlı	131,3	99,3	62,8	-	78,7							
		Yüklenme	00:06:00	A, L_{tepe} C, Hızlı	119,9	87,3	60,3	-	70,5							
		Taşıma	00:23:04	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,8	89,3	62,3	-	74,3							
		Boşaltma	00:01:08	A, L_{tepe} C, Hızlı	124,2	101,5	67,2	-	84,9							
		Dönüş	00:15:40	A, L_{tepe} C, Hızlı	121,6	90,4	66,6	-	74,9							
		Bekleme	00:04:16	A, L_{tepe} C, Hızlı	111,2	90,1	63,2	-	73,0							
11	Açık kireçtaşı işletmesi	Kayıt	00:49:35	A, L_{tepe} C, Hızlı	128,9	93,8	46,5	64,7	70,9	105,6	73,7	67,8	61,0	54,0	70,7	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	128,9	120,2	59,7	87,1	96,0	130,8	99,9	92,9	78,5	66,7	95,8	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	138,1	129,6	60,9	90,8	102,3	137,0	106,1	98,7	81,4	68,1	102,1	2,1
		Yanaşma	00:02:00	A, L_{tepe} C, Hızlı	129,0	88,1	46,6	-	67,5							
		Yüklenme	00:05:20	A, L_{tepe} C, Hızlı	119,5	93,8	51,4	-	72,3							
		Taşıma	00:23:16	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,6	82,8	55,5	-	69,3							
		Boşaltma	00:01:16	A, L_{tepe} C, Hızlı	105,0	79,1	59,4	-	67,3							
		Dönüş	00:12:08	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,3	87,3	59,7	-	73,6							
		Bekleme	00:05:32	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,7	86,1	58,2	-	67,5							
12	Açık kireçtaşı işletmesi	Kayıt		A, L_{tepe} C, Hızlı	124,5	101,8	53,7	63,3	74,9	107,9	77,4	66,9	62,2	59,1	74,6	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	124,5	116,4	73,0	82,2	90,2	123,2	93,7	88,0	80,4	77,0	90,0	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	133,8	126,4	77,5	88,5	99,2	132,2	103,3	93,6	84,0	79,8	98,9	2,1
		Yanaşma	00:01:33	A, L_{tepe} C, Hızlı	100,0	84,6	59,9	-	69,0							
		Yüklenme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Taşıma	00:15:42	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,3	90,3	53,6	-	72,7							
		Boşaltma	00:01:42	A, L_{tepe} C, Hızlı	124,6	101,9	60,0	-	83,1							
		Dönüş	00:13:00	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,3	90,7	60,3	-	74,5							
		Bekleme	00:01:23	A, L_{tepe} C, Hızlı	108,3	87,1	56,7	-	69,0							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor)

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
13	Açık kireçtaşı işletmesi	Kayıt	00:22:41	A, L_{tepe} C, Hızlı	123,3	94,5	56,8	60,2	73,2	104,5	74,9	70,7	66,4	61,0	72,9	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	123,3	116,0	77,8	85,2	99,2	130,5	102,5	96,5	87,3	81,2	98,9	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	128,0	122,1	80,7	88,9	105,2	136,6	108,7	102,2	91,8	84,7	104,9	2,1
		Yanaşma	00:00:20	A, L_{tepe} C, Hızlı	102,1	86,2	57,6	-	71,0							
		Yüklenme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Taşıma	00:20:16	A, L_{tepe} C, Hızlı	123,3	94,5	56,9	-	72,1							
		Boşaltma	00:00:58	A, L_{tepe} C, Hızlı	115,6	93,8	66,9	-	80,9							
		Dönüş	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Bekleme	00:01:06	A, L_{tepe} C, Hızlı	106,3	82,6	56,7	-	72,4							
14	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:17:49	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,3	95,7	59,7	67,8	78,2	108,5	73,7	67,8	61,0	54,0	77,9	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	117,3	95,7	59,7	67,8	78,2	108,5	73,7	67,8	61,0	54,0	77,9	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	121,6	114,2	80,2	93,9	99,1	129,4	106,1	98,7	81,4	68,1	98,9	2,0
		Yanaşma	00:01:08	A, L_{tepe} C, Hızlı	106,0	90,2	59,8	-	73,0							
		Yüklenme	00:01:15	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,3	95,7	61,2	-	75,3							
		Taşıma	00:08:45	A, L_{tepe} C, Hızlı	111,5	94,4	62,8	-	79,9							
		Boşaltma	00:00:30	A, L_{tepe} C, Hızlı	108,0	77,2	63,4	-	73,1							
		Dönüş	00:05:23	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,7	92,5	63,4	-	76,5							
		Bekleme	00:00:48	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,1	83,1	64,0	-	71,2							
15	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:19:45	A, L_{tepe} C, Hızlı	129,8	90,9	60,9	64,1	75,5	106,3	78,6	73,3	64,7	62,6	75,2	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	129,8	90,9	60,9	64,1	75,5	106,3	78,6	73,3	64,7	62,6	75,2	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	140,5	131,6	78,3	83,7	101,2	131,9	104,3	98,2	84,5	80,5	100,9	2,1
		Yanaşma	00:01:34	A, L_{tepe} C, Hızlı	113,6	86,5	61,8	-	72,5							
		Yüklenme	00:01:36	A, L_{tepe} C, Hızlı	106,6	81,9	62,9	-	69,6							
		Taşıma	00:08:15	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,7	89,8	62,3	-	77,3							
		Boşaltma	00:00:35	A, L_{tepe} C, Hızlı	106,5	90,2	63,3	-	77,1							
		Dönüş	00:04:41	A, L_{tepe} C, Hızlı	129,8	90,9	63,2	-	75,3							
		Bekleme	00:03:04	A, L_{tepe} C, Hızlı	109,1	86,2	60,9	-	70,7							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor)

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
16	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:18:54	A, L_{tepe} C, Hızlı	125,9	96,7	56,7	65,1	80,0	110,5	83,2	73,7	67,8	63,0	79,6	2,1
				A, L_{tepe} C, Hızlı	125,9	96,7	56,7	65,1	80,0	110,5	83,2	73,7	67,8	63,0	79,6	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	138,1	129,3	82,8	87,9	104,7	135,2	108,3	102,4	89,8	85,4	104,4	2,1
		Yanaşma	00:01:13	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,5	95,6	64,0	-	78,5							
		Yüklenme	00:01:57	A, L_{tepe} C, Hızlı	125,8	89,6	60,3	-	74,5							
		Taşıma	00:08:37	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,3	96,7	64,3	-	81,2							
		Boşaltma	00:01:01	A, L_{tepe} C, Hızlı	107,1	74,4	62,1	-	69,9							
		Dönüş	00:02:50	A, L_{tepe} C, Hızlı	115,4	94,4	60,6	-	79,8							
		Bekleme	00:03:16	A, L_{tepe} C, Hızlı	114,4	93,0	56,7	-	79,7							
17	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:36:46	A, L_{tepe} C, Hızlı	130,1	94,3	61,3	69,1	78,3	111,8	81,6	74,7	67,3	63,8	78,1	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	130,1	94,3	61,3	69,1	78,3	111,8	81,6	74,7	67,3	63,8	78,1	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	140,2	131,5	79,6	83,8	101,0	134,5	104,1	98,8	88,5	84,9	100,8	2,0
		Yanaşma	00:01:18	A, L_{tepe} C, Hızlı	108,2	94,3	62,7	-	80,3							
		Yüklenme	00:02:15	A, L_{tepe} C, Hızlı	106,7	89,0	63,2	-	73,5							
		Taşıma	00:19:45	A, L_{tepe} C, Hızlı	111,9	92,5	63,3	-	78,5							
		Boşaltma	00:01:49	A, L_{tepe} C, Hızlı	106,5	89,8	61,3	-	80,4							
		Dönüş	00:10:39	A, L_{tepe} C, Hızlı	130,1	94,1	62,9	-	78,0							
		Bekleme	00:01:00	A, L_{tepe} C, Hızlı	107,1	92,3	63,0	-	76,3							
18	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:16:05	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,1	89,6	55,4	69,6	74,3	104,2	77,0	72,4	66,1	57,5	74,0	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	116,1	89,6	55,4	69,6	74,3	104,2	77,0	72,4	66,1	57,5	74,0	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	119,9	114,1	80,2	82,1	101,1	131,0	104,9	98,4	92,0	82,7	100,9	2,0
		Yanaşma	00:01:05	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,8	87,0	58,6	-	70,9							
		Yüklenme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Taşıma	00:09:52	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,6	-	-	-	74,8							
		Boşaltma	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Dönüş	00:05:08	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,1	-	-	-	73,8							
		Bekleme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

Çizelge 4.5 Çalışmada örneklenen hafriyat kamyonlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor)

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
19	Açık altın işletmesi			A, L_{tepe} C, Hızlı	118,4	94,0	60,3	60,3	75,6	108,3	78,5	70,9	64,7	62,5	73,3	2,0
		Kayıt	00:31:04	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,4	94,0	60,3	60,3	75,6	108,3	78,5	70,9	64,7	62,5	73,3	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	119,5	111,8	84,6	92,7	97,9	130,6	101,3	94,9	90,6	87,2	97,6	2,0
		Yanaşma	00:01:42	A, L_{tepe} C, Hızlı	111,0	84,9	62,8	-	69,8							
		Yüklenme	00:04:12	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,3	93,9	60,7	-	72,7							
		Taşıma	00:12:14	A, L_{tepe} C, Hızlı	113,7	93,7	62,7	-	78,5							
		Boşaltma	00:00:46	A, L_{tepe} C, Hızlı	105,9	78,4	62,0	-	72,5							
		Dönüş	00:07:04	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,3	87,6	62,0	-	72,4							
		Bekleme	00:05:06	A, L_{tepe} C, Hızlı	108,5	83,9	62,5	-	68,7							
20	Açık altın işletmesi			A, L_{tepe} C, Hızlı	118,4	92,5	58,6	61,5	74,4	104,7	77,4	72,0	63,9	60,0	74,1	2,0
		Kayıt	00:18:06	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,4	92,5	58,6	61,5	74,4	104,7	77,4	72,0	63,9	60,0	74,1	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	123,7	115,7	82,0	91,5	101,6	132,0	105,4	99,0	91,4	86,2	101,3	2,0
		Yanaşma	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Yüklenme	00:01:38	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,4	88,0	58,8	-	69,1							
		Taşıma	00:09:46	A, L_{tepe} C, Hızlı	113,6	87,4	59,7	-	75,5							
		Boşaltma	00:00:38	A, L_{tepe} C, Hızlı	108,0	84,3	60,6	-	72,1							
		Dönüş	00:05:54	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,5	92,5	58,6	-	73,4							
		Bekleme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

4.4 Hidrolik Terskepçe Ekskavatörler

Tez çalışması kapsamında 11 adet hidrolik terskepçe ekskavatör ile bir adet hidrolik terskepçe yükleyiciden gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Ekskavatör iş döngüsünün aşağıdaki evrelerden oluştuğu kabul edilerek ölçümlerin, ekskavatörün çok sayıda tam turunu kapsamasına dikkat edilmiş ve birkaç istisna dışında hemen tüm iş makinelerinin çalışma döngüsünü temsil edecek süre boyunca kayıt alınmıştır. Gürültü ölçümü alınan ekskavatörlerin teknik özellikleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

a) Tüm kayıt (RECORD; Hidrolik terskepçe ekskavatörlerin tipik iş döngüsündeki tüm evreleri kapsamakta ve ölçüm yapılan toplam süredeki gürültü maruziyetini göstermektedir. Ancak hareketin başında operatörün ölçüm ekibi ile konuşmaya çalışması ve hareketin sonunda kabin kapısını açarak beklemeye başlaması ve dolayısıyla dış ortam gürültüsünden kaynaklanabilen yüksek gürültülü bölümler ayıklanarak, analizlerden çıkartılmıştır.)
b) Aynada hazırlık (BENCH PREPARE; Ekskavatörün ayna önünde yığın oluşturma amacıyla kayda değer uzunluktaki bir süre boyunca kovası ile yaptığı tüm hareketler ayrı bir evre olarak alınmakta ve bu sırada maruz kalınan gürültü kaydedilmektedir.)
c) Bekleme (WAIT; Ekskavatör herhangi bir evre içerisinde iken durmak ve motor devinimi askıda iken beklemek durumunda kaldığında ya da yükleyecek kamyon olmadığında kovası zeminde veya havada askıda tutularak hareketsiz kaldığında, ayrı bir evre olarak alınmakta ve bu sırada maruz kalınan gürültü kaydedilmektedir.)
d) İleri yürüme (FORWARD; Ekskavatörün kazı aynası önünde küçük manevralar haricinde daha uzun mesafelerde yer değiştirme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
e) Doldurma&dönüş (LOAD&SWINGTO; Esasen bir hidrolik ekskavatör döngüsü doldurma, dolu dönüş, boşaltma ve boş dönüş evrelerinden oluşmakta ise de dolu ve boş dönüşler ile boşaltmanın elektrikli ekskavatörlerden de kısa olacak biçimde birkaç saniyelik sürede gerçekleştirilmesi, bu evrelerin birleştirilmesinin hatalı olmayacağına işaret etmektedir. Bu nedenle bu evre, kova doldurma ve dolu dönüş hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
f) Boşaltma&dönüş (DUMP&RETURN; Bu evre ekskavatörün kova boşaltma ve hemen arkasından yaptığı boş dönüş hareketi sırasında maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)

Çizelge 4.6 Çalışmada ölçüm alınan hidrolik terskepçe ekskavatörlerin teknik özellikleri

İşyeri	Terskepçe no	İmal yılı	Çalışılan malzeme	Motor gücü (HP)	Kapasite (L)	Çalışma kütlesi (ton)
Demir işletmesi	1	2008	Toprak	270	1200	36,15
Demir işletmesi	2	2007	Toprak	487	4300	79,00
Kireçtaşı işletmesi	3	2016	Kireçtaşı	271	1800	39,25
Altın işletmesi	4	2005	Toprak	355	3800	71,13
Altın işletmesi	5	2011	Toprak	355	3800	71,13
Altın işletmesi	6	2011	Az ayrışmış kayaç	382	4500	84,98
Altın işletmesi	7	2011	Az ayrışmış kayaç	302	2800	65,96
Altın işletmesi	8	2011	Az ayrışmış kayaç	302	2800	65,96
Altın işletmesi	9	2011	Az ayrışmış kayaç	355	3800	71,13
Altın işletmesi	10	2011	Az ayrışmış kayaç	355	3800	71,13
Altın işletmesi	11	2009	Az ayrışmış kayaç	200	1900	33,75
Kum ocağı	12	2007	Kum	100	1300	7,95

Hidrolik terskepçe ekskavatörlere ait gürültü maruziyeti sonuçları, ortalama değerler üzerinden, Çizelge 4.7'de verilmiştir. Operatör kabininde kaydedilen eşdeğer ses basıncı değerlerinin (L_{eq}) 74,8 dBA ile 83,9 dBA arasında sıralandığı, ortalama gürültü düzeyinin ise 78,1 dBA olduğu görülmektedir. Diğer yandan 8 saatlik bir vardiyada operatörün 7,5 saat gürültüye maruz kaldığı kabul edildiğinde günlük gürültü maruziyeti ($L_{EX\text{-}8h}$) 74,5 dBA ile 83,6 dBA arasında değişmekte ve ortalama gürültü düzeyi 77,8 dBA olmaktadır. Bu değer maruziyet etkin değeri (85 dBA) ve sınır değerinden (87 dBA) düşüktür.

Hidrolik terskepçe ekskavatörlere ait gürültü maruziyeti sonuçları işletmeler bazında incelendiğinde kum ocağı ile açık demir ve altın işletmelerindeki terskepçe ekskavatör operatörlerinin daha yüksek (80,1 dBA, 79,9 dBA ve 77,8 dBA) ancak kireçtaşı işletmesindeki terskepçe ekskavatör operatörlerinin daha düşük (74,8 dBA) gürültüye maruz kaldığı tespit edilmiştir. Hidrolik terskepçe ekskavatör operatörlerinin sürücülerinin işletmelere göre evresel bazda gürültü maruziyeti Şekil 4.4'de verilmektedir.

Tez çalışmasında örneklenen tüm hidrolik terskepçe ekskavatörler evreler bazında değerlendirildiğinde en yüksek gürültü maruziyeti 79,2 dBA ile HAZIRLIK evresinde oluşmaktadır. Bunu 78,2 dBA ile BEKLEME, 78,1 dBA ile DOLDURMA&DÖNÜŞ, 76,9 dBA ile BOŞALTMA&DÖNÜŞ izlemektedir. En düşük gürültü maruziyeti 75,5 dBA ile YÜRÜME evresinde meydana gelmektedir.

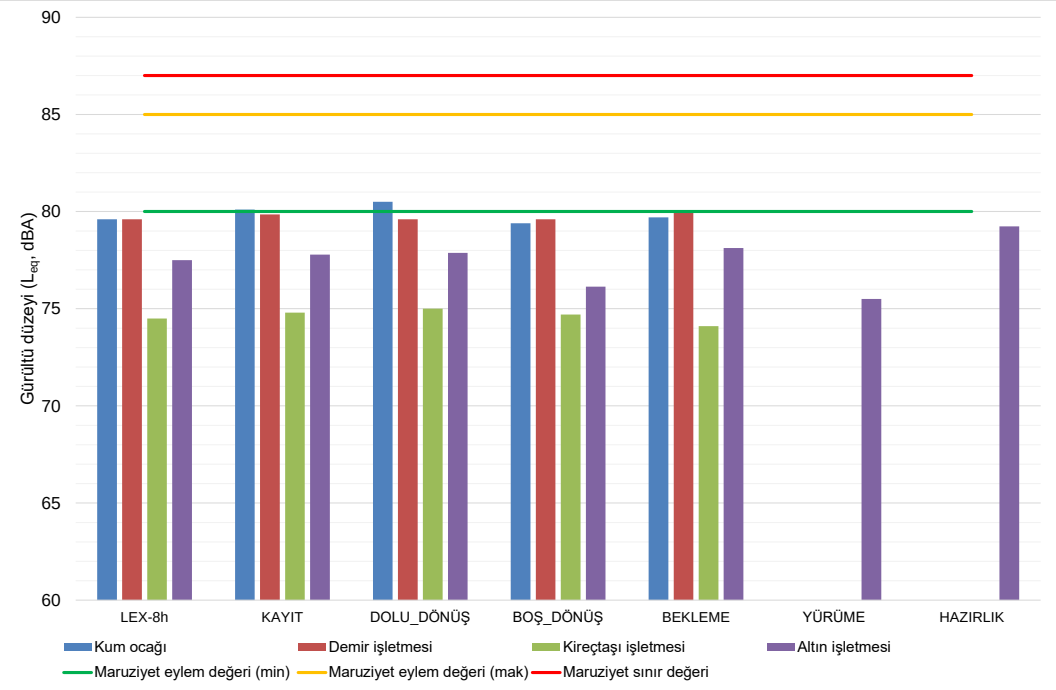
Gürültü maruziyeti işletmelere göre değerlendirildiğinde ise kum ocağı ve kireçtaşı işletmesinde en yüksek gürültü düzeyinin DOLDURMA&DÖNÜŞ evresinde oluştuğu görülmektedir. Ancak en yüksek gürültü maruziyeti açık demir işletmesinde BEKLEME ve altın işletmesinde ise HAZIRLIK evresinde yaşanmıştır. Diğer yandan en düşük gürültü maruziyeti kum ocağında BOŞALTMA&DÖNÜŞ, açık demir işletmesinde DOLDURMA&DÖNÜŞ ile BOŞALTMA&DÖNÜŞ, altın işletmesinde YÜRÜME ve kireçtaşı işletmesinde BEKLEME evresinde meydana gelmiştir.

Ölçüm yapılan terskepçe ekskavatörlere ait tipik bir gürültü-zaman kütüğü Şekil 4.5'de sunulmuştur. Zaman kütüğü, ekskavatör döngüsünü oluşturan evrelere ayrılmış olup her evrede maruz kalınan gürültü düzeyi Şekil 4.5 üzerinden incelenebilir. Çalışmada örneklenen tüm hidrolik terskepçe ekskavatörlere ait bireysel gürültü ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

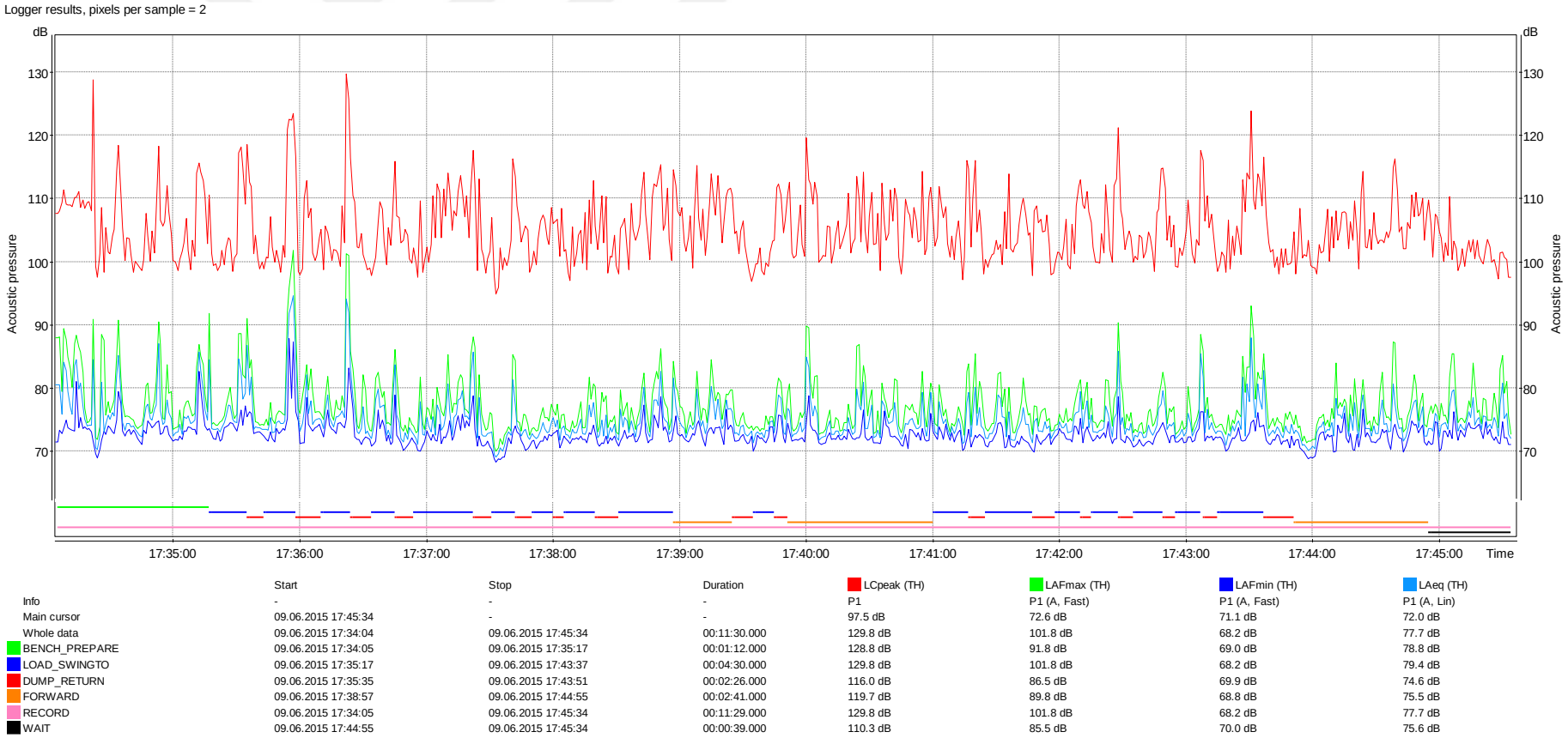
Çizelge 4.7 Çalışmada örneklenen hidrolik terskepçe ekskavatörlerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)

	HİDROLİK TERSKEPÇE EKSKAVATÖR	KAYIT	DOLDURMA &DÖNÜŞ	BOŞALTMA &DÖNÜŞ	BEKLEME	YÜRÜME	HAZIRLIK
①	No_1	83,9	84,2	84,0	81,4	-	-
	No_2	75,8	75,0	75,2	78,7	-	-
②	No_3	74,8	75,0	74,7	74,1	-	-
③	No_4	75,8	74,9	75,5	78,0	-	-
	No_5	75,7	77,1	75,0	73,2	-	-
	No_6	80,4	79,9	79,3	83,1	-	81,7
	No_7	77,1	77,2	75,9	79,2	-	78,1
	No_8	77,7	79,4	74,6	75,6	75,5	78,8
	No_9	78,1	76,0	76,4	78,1	-	83,5
	No_10	79,4	79,4	80,1	77,2	-	78,4
	No_11	78,1	79,1	72,3	80,6	-	74,9
④	No_12*	80,1	80,5	79,4	79,7	-	-
	En düşük	74,8	74,9	72,3	73,2	75,5	74,9
	En yüksek	83,9	84,2	84,0	83,1	75,5	83,5
	Genel ortalama	78,1	78,1	76,9	78,2	75,5	79,2
①	Demir işletmesi	79,9	79,6	79,6	80,1	-	-
②	Kireçtaşı işletmesi	74,8	75,0	74,7	74,1	-	-
③	Altın işletmesi	77,8	77,9	76,1	78,1	75,5	79,2
④	Kum ocağı	80,1	80,5	79,4	79,7	-	-

* Terskepçe yükleyici



Şekil 4.4 Hidrolik terskepçe ekskavatör operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı



	Start	Stop	Duration	LCpeak (TH)	LAFmax (TH)	LAFmin (TH)	LAeq (TH)
Info	-	-	-	P1	P1 (A, Fast)	P1 (A, Fast)	P1 (A, Lin)
Main cursor	09.06.2015 17:45:34	-	-	97.5 dB	72.6 dB	71.1 dB	72.0 dB
Whole data	09.06.2015 17:34:04	09.06.2015 17:45:34	00:11:30.000	129.8 dB	101.8 dB	68.2 dB	77.7 dB
BENCH_PREPARE	09.06.2015 17:34:05	09.06.2015 17:35:17	00:01:12.000	128.8 dB	91.8 dB	69.0 dB	78.8 dB
LOAD_SWINGTO	09.06.2015 17:35:17	09.06.2015 17:43:37	00:04:30.000	129.8 dB	101.8 dB	68.2 dB	79.4 dB
DUMP_RETURN	09.06.2015 17:35:35	09.06.2015 17:43:51	00:02:26.000	116.0 dB	86.5 dB	69.9 dB	74.6 dB
FORWARD	09.06.2015 17:38:57	09.06.2015 17:44:55	00:02:41.000	119.7 dB	89.8 dB	68.8 dB	75.5 dB
RECORD	09.06.2015 17:34:05	09.06.2015 17:45:34	00:11:29.000	129.8 dB	101.8 dB	68.2 dB	77.7 dB
WAIT	09.06.2015 17:44:55	09.06.2015 17:45:34	00:00:39.000	110.3 dB	85.5 dB	70.0 dB	75.6 dB

Şekil 4.5 Hidrolik terskepçe ekskavatörlerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_8)

Çizelge 4.8 Çalışmada örneklenen hidrolik terskepçe ekskavatörlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
1	Açık demir işletmesi	Kayıt	00:13:23	A, L_{tepe} C, Hızlı	124,5	99,3	67,3	81,7	83,9	113,0	86,5	82,3	79,5	70,1	83,6	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	124,5	114,9	85,2	90,0	98,2	127,2	100,9	95,0	91,8	88,9	97,8	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	125,9	116,2	86,2	90,4	100,7	129,7	103,9	96,6	92,8	90,0	100,3	2,0
		Dolu_dönüş	00:08:51	A, L_{tepe} C, Hızlı	124,5	99,3	77,8	-	84,2							
		Boş_dönüş	00:02:44	A, L_{tepe} C, Hızlı	122,6	95,6	78,3	-	84,0							
		Bekleme	00:01:47	A, L_{tepe} C, Hızlı	122,1	95,4	67,3	-	81,4							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Hazırlık	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
2	Açık demir işletmesi	Kayıt	00:16:04	A, L_{tepe} C, Hızlı	128,7	97,4	67,8	75,4	75,9	105,8	77,6	74,2	72,0	70,3	75,6	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	128,7	118,7	84,2	89,0	98,7	128,5	101,9	95,8	91,2	88,0	98,4	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	137,0	127,6	85,6	89,5	102,7	132,6	106,1	99,1	93,6	89,1	102,4	2,0
		Dolu_dönüş	00:11:47	A, L_{tepe} C, Hızlı	119,6	86,2	69,2	-	75,0							
		Boş_dönüş	00:01:46	A, L_{tepe} C, Hızlı	119,3	82,5	70,6	-	75,2							
		Bekleme	00:02:31	A, L_{tepe} C, Hızlı	128,5	97,2	67,8	-	78,7							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Hazırlık	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
3	Açık kireçtaşı işletmesi	Kayıt	00:24:04	A, L_{tepe} C, Hızlı	130,4	93,5	61,7	69,8	74,8	106,4	77,5	73,1	70,1	64,1	74,5	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	130,4	120,6	79,6	82,7	96,6	128,2	99,5	92,9	88,0	81,3	96,3	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	140,3	131,0	80,8	85,3	102,2	133,8	105,0	97,1	90,9	82,7	101,9	2,0
		Dolu_dönüş	00:14:34	A, L_{tepe} C, Hızlı	123,2	87,8	65,2	-	75,0							
		Boş_dönüş	00:05:04	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,5	85,0	66,6	-	74,7							
		Bekleme	00:04:22	A, L_{tepe} C, Hızlı	130,4	93,5	61,7	-	74,1							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Hazırlık	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

Çizelge 4.8 Çalışmada örneklenen hidrolik terskepçe ekskavatörlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor)

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
4	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:12:29	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,1	95,1	66,8	88,1	75,7	104,5	77,2	73,5	69,8	67,9	75,5	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	118,1	95,1	66,8	88,1	75,7	104,5	77,2	73,5	69,8	67,9	75,5	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	122,9	123,2	84,0	93,0	96,8	125,5	100,0	91,8	88,0	85,8	96,6	2,0
		Dolu_dönüş	00:06:10	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,3	93,7	67,0	-	74,9							
		Boş_dönüş	00:04:17	A, L_{tepe} C, Hızlı	115,9	91,9	69,4	-	75,5							
		Bekleme	00:02:02	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,5	95,1	67,4	-	78,0							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Hazırlık	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
5	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:08:45	A, L_{tepe} C, Hızlı	136,0	101,3	66,3	76,3	75,6	102,8	76,4	73,8	70,7	68,9	75,4	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	136,0	101,3	66,3	76,3	75,6	102,8	76,4	73,8	70,7	68,9	75,4	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	145,7	135,5	85,1	95,4	104,5	131,7	104,4	95,4	88,8	87,0	104,3	2,1
		Dolu_dönüş	00:03:53	A, L_{tepe} C, Hızlı	136,0	101,3	69,4	-	77,1							
		Boş_dönüş	00:02:08	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,1	89,3	66,3	-	75,0							
		Bekleme	00:02:44	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,4	87,6	66,3	-	73,2							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Hazırlık	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
6	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:11:14	A, L_{tepe} C, Hızlı	130,9	96,9	71,9	73,6	80,3	108,6	82,0	78,5	76,8	73,9	80,1	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	130,9	96,9	71,9	73,6	80,3	108,6	82,0	78,5	76,8	73,9	80,1	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	141,3	133,1	87,3	89,1	105,2	133,4	107,3	98,6	93,0	89,8	105,0	2,1
		Dolu_dönüş	00:05:38	A, L_{tepe} C, Hızlı	121,2	92,3	74,8	-	79,9							
		Boş_dönüş	00:02:58	A, L_{tepe} C, Hızlı	120,0	91,4	75,9	-	79,3							
		Bekleme	00:00:37	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,1	96,9	72,3	-	83,1							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Hazırlık	00:02:00	A, L_{tepe} C, Hızlı	131,1	95,3	72,1	-	81,7							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

Çizelge 4.8 Çalışmada örneklenen hidrolik terskepçe ekskavatörlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor)

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
7	Açık altın işletmesi			A, L_{tepe} C, Hızlı	127,7	94,4	69,7	74,2	77,2	105,8	78,9	75,0	73,2	71,4	76,8	2,0
		Kayıt	00:12:17	A, L_{tepe} C, Hızlı	127,7	94,4	69,7	74,2	77,2	105,8	78,9	75,0	73,2	71,4	76,8	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	139,5	130,8	85,6	87,1	104,2	132,9	106,4	95,7	89,6	87,1	103,9	2,1
		Dolu_dönüş	00:06:41	A, L_{tepe} C, Hızlı	127,6	94,4	70,5	-	77,2							
		Boş_dönüş	00:03:18	A, L_{tepe} C, Hızlı	123,7	91,1	69,7	-	75,9							
		Bekleme	00:00:24	A, L_{tepe} C, Hızlı	106,9	87,7	73,4	-	79,2							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Hazırlık	00:01:53	A, L_{tepe} C, Hızlı	124,1	92,9	72,7	-	78,1							
8	Açık altın işletmesi			A, L_{tepe} C, Hızlı	129,7	101,8	68,2	72,1	77,7	106,1	78,5	73,7	71,5	69,5	77,4	2,0
		Kayıt	00:11:30	A, L_{tepe} C, Hızlı	129,7	101,8	68,2	72,1	77,7	106,1	78,5	73,7	71,5	69,5	77,4	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	140,6	132,7	85,8	89,0	103,5	131,9	104,0	94,6	89,5	86,8	103,3	2,1
		Dolu_dönüş	00:04:30	A, L_{tepe} C, Hızlı	129,8	101,8	68,2	-	79,4							
		Boş_dönüş	00:02:26	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,0	86,5	69,9	-	74,6							
		Bekleme	00:00:39	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,3	85,5	70,0	-	75,6							
		Yürüme	00:02:41	A, L_{tepe} C, Hızlı	119,7	89,8	68,8	-	75,5							
		Hazırlık	00:01:12	A, L_{tepe} C, Hızlı	128,8	91,8	69,0	-	78,8							
9	Açık altın işletmesi			A, L_{tepe} C, Hızlı	132,1	101,8	61,7	73,2	78,1	107,3	77,2	72,3	68,2	65,1	77,8	2,0
		Kayıt	00:14:01	A, L_{tepe} C, Hızlı	132,1	101,8	61,7	73,2	78,1	107,3	77,2	72,3	68,2	65,1	77,8	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	143,5	134,1	84,6	90,0	103,6	132,9	102,5	93,3	87,6	85,7	103,3	2,1
		Dolu_dönüş	00:03:19	A, L_{tepe} C, Hızlı	132,1	93,5	61,7	-	76,0							
		Boş_dönüş	00:05:57	A, L_{tepe} C, Hızlı	131,2	101,8	64,3	-	76,4							
		Bekleme	00:03:25	A, L_{tepe} C, Hızlı	128,6	100,2	65,0	-	78,1							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Hazırlık	00:01:20	A, L_{tepe} C, Hızlı	122,8	101,1	64,5	-	83,5							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

Çizelge 4.8 Çalışmada örneklenen hidrolik terskepçe ekskavatörlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor)

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
10	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:16:46	A, L_{tepe} C, Hızlı	131,9	97,3	58,5	70,2	79,5	109,5	81,9	75,3	71,6	67,5	79,2	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	131,9	97,3	58,5	70,2	79,5	109,5	81,9	75,3	71,6	67,5	79,2	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	141,9	132,2	81,2	101,3	108,2	138,2	111,7	103,8	94,0	84,9	107,9	2,1
		Dolu_dönüş	00:09:06	A, L_{tepe} C, Hızlı	123,2	97,3	65,7	-	79,4							
		Boş_dönüş	00:05:22	A, L_{tepe} C, Hızlı	124,4	96,8	68,1	-	80,1							
		Bekleme	00:01:06	A, L_{tepe} C, Hızlı	119,4	92,5	58,5	-	77,2							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Hazırlık	00:01:12	A, L_{tepe} C, Hızlı	131,9	93,6	67,7	-	78,4							
11	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:10:37	A, L_{tepe} C, Hızlı	132,8	103,3	67,5	86,2	77,9	106,0	76,0	71,1	69,3	68,1	77,8	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	132,8	103,3	67,5	86,2	77,9	106,0	76,0	71,1	69,3	68,1	77,8	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	143,2	133,4	81,5	89,6	101,1	129,1	101,3	92,4	86,2	83,1	101,0	2,1
		Dolu_dönüş	00:05:26	A, L_{tepe} C, Hızlı	133,0	103,5	67,6	-	79,1							
		Boş_dönüş	00:02:50	A, L_{tepe} C, Hızlı	114,1	87,2	67,7	-	72,3							
		Bekleme	00:01:21	A, L_{tepe} C, Hızlı	111,5	97,7	67,8	-	80,6							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Hazırlık	00:01:00	A, L_{tepe} C, Hızlı	115,6	85,4	68,5	-	74,9							
12	Kum ocağı (Terskepçe yükl.)	Kayıt	00:06:22	A, L_{tepe} C, Hızlı	133,2	98,4	65,3	77,8	80,0	105,8	83,2	77,5	70,6	66,2	79,6	2,1
				C, L_{tepe} C, Hızlı	133,2	121,5	81,9	85,7	93,3	119,2	94,8	90,5	85,2	83,1	93,0	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	136,4	126,0	84,5	87,3	99,0	124,8	101,4	95,0	88,2	86,1	98,6	2,1
		Dolu_dönüş	00:03:16	A, L_{tepe} C, Hızlı	133,1	98,3	66,2	-	80,5							
		Boş_dönüş	00:01:29	A, L_{tepe} C, Hızlı	111,6	94,2	68,4	-	79,4							
		Bekleme	00:01:17	A, L_{tepe} C, Hızlı	108,8	94,9	65,8	-	79,7							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Hazırlık	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

4.5 Paletli Dozerler

Tez çalışması kapsamında 6 adet paletli dozerden gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Dozer iş döngüsünün aşağıdaki evrelerden oluştuğu kabul edilerek ölçümlerin tipik dozer çalışmasını kapsamasına dikkat edilmiş ve dozerlerin iş döngüsünü temsil edecek süre boyunca kayıt alınmıştır. Gürültü ölçümü alınan dozerlerin teknik özellikleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

a) Tüm kayıt (RECORD; Dozerlerin tipik iş döngüsündeki tüm evreleri kapsamakta ve ölçüm yapılan toplam süredeki gürültü maruziyetini göstermektedir. Ancak hareketin başında operatörün koltuğa yerleşme ve hareketin sonunda koltuktan kalkma çabaları sırasında koltuk üzerindeki disk tipi ivmeölçere çarpma etkilerinden kaynaklanabilen çok yüksek titreşim ivmeleri ayıklanarak, analizlerden çıkartılmıştır.)
b) Bekleme (WAIT; Dozer herhangi bir evre içerisinde iken durmak ve motor devinimi askıda iken beklemek durumunda kaldığında, ayrı bir evre olarak alınmakta ve bu sırada maruz kalınan gürültü kaydedilmektedir.)
c) Küreme (DOZE; Dozerin bıçağı zeminde belirli bir derinlikte iken önünde oluşan yığını ötelemek için yaptığı hareket sırasında maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
d) İleri yürüme (FORWARD; Dozerin bıçağı zeminden belirli bir mesafe yukarıda ileri yönlü ilerleme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
e) Geri yürüme (RETURN; Dozerin bıçağı zeminden belirli bir mesafe yukarıda geriye doğru yürüme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)

Çizelge 4.9 Çalışmada ölçüm alınan paletli dozerlerin teknik özellikleri

İşyeri	Dozer no	İmal yılı	Çalışılan malzeme	Motor gücü (HP)	Bıçak kapasitesi (L)	Çalışma kütlesi (ton)
Kömür işletmesi	1	2013	Sıkıştırılmış toprak(kil) basamak	359	9400	41,20
Kömür işletmesi	2	2007	Gevşek toprak(kil) tumba	267	7200	28,90
Yol inşaatı	3	2005	Gevşek toprak yol	314	8800	39,01
Altın işletmesi	4	1997	Sıkıştırılmış az ayrışmış kayaç tumba	328	8700	33,50
Altın işletmesi	5	1991	Gevşek cevher liçleme tablası	335	11000	38,11
Altın işletmesi	6	1998	Sıkıştırılmış toprak basamak	410	16400	49,57

Paletli dozerlere ait gürültü maruziyeti sonuçları, ortalama değerler üzerinden, Çizelge 4.10'da verilmiştir. Operatör kabininde kaydedilen eşdeğer ses basıncı değerlerinin (L_{eq}) 80,3 dBA ile 92,4 dBA arasında sıralandığı, ortalama gürültü düzeyinin ise 86,3 dBA olduğu görülmektedir. Diğer yandan 8 saatlik bir vardiyada operatörün 7,5 saat gürültüye maruz kaldığı kabul edildiğinde günlük gürültü maruziyeti ($L_{EX\text{-}8h}$) 80,1 dBA ile 92,1 dBA arasında değişmekte ve ortalama gürültü düzeyi 86,0 dBA olmaktadır. Bu değer maruziyet etkin değerinden (85 dBA) yüksek ancak sınır değerinden (87 dBA) düşüktür.

Paletli dozerlere ait gürültü maruziyeti sonuçları işletmeler bazında incelendiğinde açık kömür ve altın işletmelerindeki paletli dozer operatörlerinin daha yüksek (86,9 dBA ve 87,9 dBA) ancak yol inşaatındaki paletli dozer operatörlerinin daha düşük (80,1 dBA) gürültüye maruz kaldığı tespit edilmiştir. Paletli dozer operatörlerinin işletmelere göre evresel bazda gürültü maruziyeti Şekil 4.6'da verilmektedir.

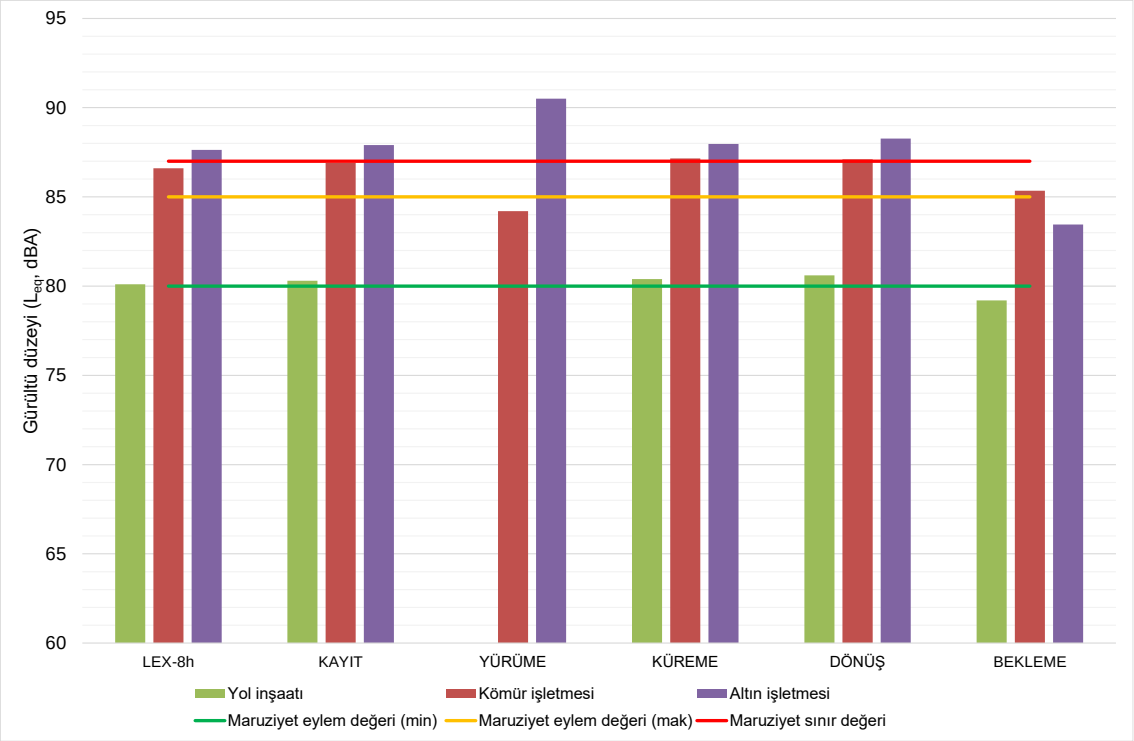
Tez çalışmasında örneklenen tüm paletli dozerler evreler bazında değerlendirildiğinde en yüksek gürültü maruziyeti 87,4 dBA ile YÜRÜME evresinde oluşmaktadır. Bunu 86,6 dBA ile DÖNÜŞ, 86,4 dBA ile KÜREME izlemektedir. En düşük gürültü maruziyeti 83,4 dBA ile BEKLEME evresinde meydana gelmektedir.

Gürültü maruziyeti işletmelere göre değerlendirildiğinde ise en yüksek gürültü düzeyinin açık kömür işletmesinde KÜREME, yol inşaatında DÖNÜŞ ve açık altın işletmesinde YÜRÜME evresinde oluştuğu görülmektedir. Diğer yandan en düşük gürültü maruziyeti kömür işletmesinde YÜRÜME iken, yol inşaatı ve açık altın işletmesinde BEKLEME evresinde meydana gelmiştir.

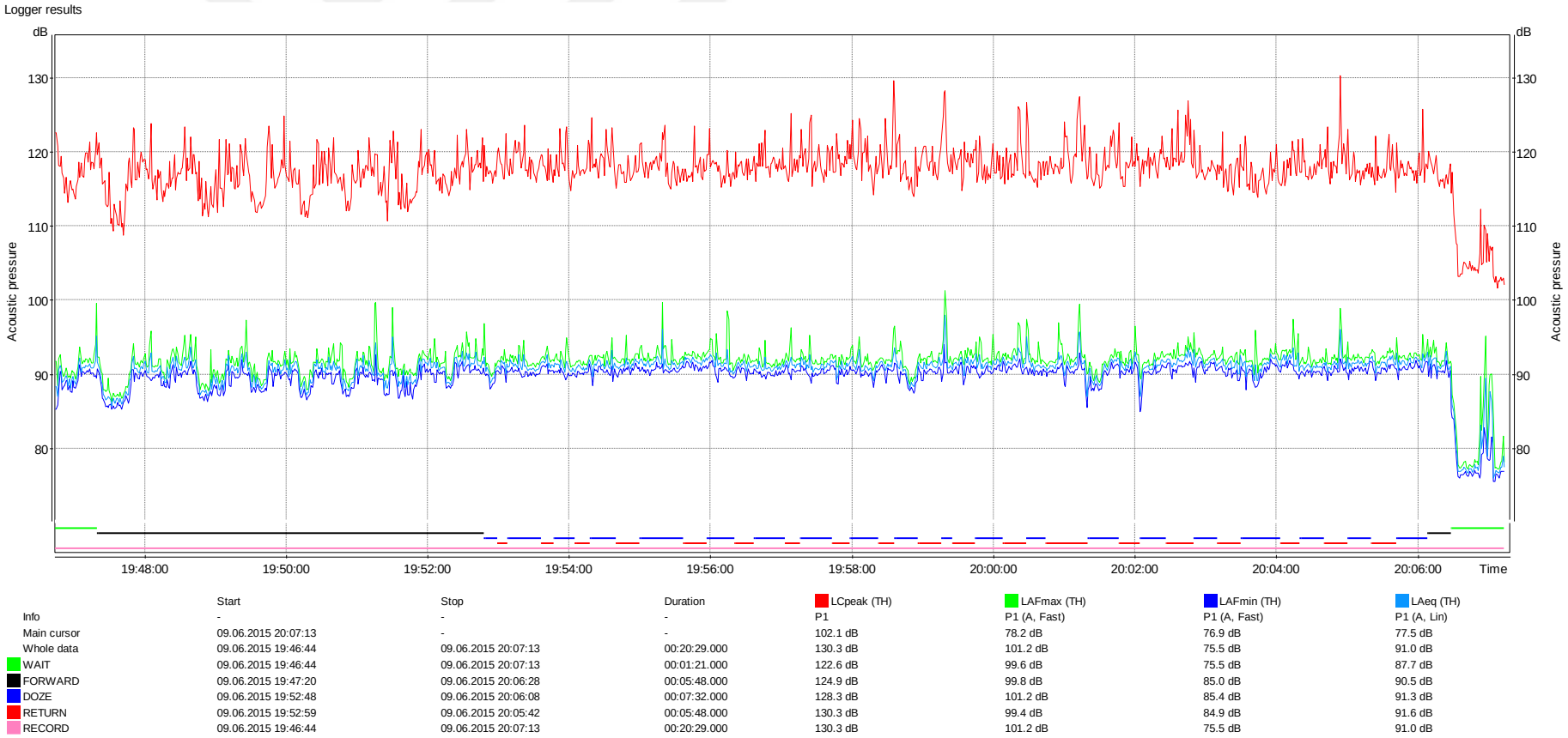
Ölçüm yapılan paletli dozerlere ait tipik bir gürültü-zaman kütüğü Şekil 4.7'de sunulmuştur. Zaman kütüğü, dozer döngüsünü oluşturan evrelere ayrılmış olup her evrede maruz kalınan gürültü düzeyi Şekil 4.7 üzerinden incelenebilir. Çalışmada örneklenen tüm paletli dozerlere ait bireysel gürültü ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.10 Çalışmada örneklenen paletli dozerlerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)

	PALETLİ DOZER	KAYIT	YÜRÜME	KÜREME	DÖNÜŞ	BEKLEME
①	No_1	87,7	84,2	88,4	87,4	86,3
	No_2	86,1	-	85,9	86,8	84,4
②	No_3	80,3	-	80,4	80,6	79,2
③	No_4	80,3	-	80,4	80,6	79,2
	No_5	91,0	90,5	91,3	91,6	87,7
	No_6	92,4	-	92,2	92,6	-
	En düşük	80,3	84,2	80,4	80,6	79,2
	En yüksek	92,4	90,5	92,2	92,6	87,7
	Genel ortalama	86,3	87,4	86,4	86,6	83,4
①	Kömür işletmesi	86,9	84,2	87,2	87,1	85,4
②	Yol inşaatı	80,3	-	80,4	80,6	79,2
③	Altın işletmesi	87,9	90,5	88,0	88,3	83,5



Şekil 4.6 Paletli dozer operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı



	Start	Stop	Duration	LCpeak (TH)	LAFmax (TH)	LAFmin (TH)	LAeq (TH)
Info	-	-	-	P1	P1 (A, Fast)	P1 (A, Fast)	P1 (A, Lin)
Main cursor	09.06.2015 20:07:13	-	-	102.1 dB	78.2 dB	76.9 dB	77.5 dB
Whole data	09.06.2015 19:46:44	09.06.2015 20:07:13	00:20:29.000	130.3 dB	101.2 dB	75.5 dB	91.0 dB
WAIT	09.06.2015 19:46:44	09.06.2015 20:07:13	00:01:21.000	122.6 dB	99.6 dB	75.5 dB	87.7 dB
FORWARD	09.06.2015 19:47:20	09.06.2015 20:06:28	00:05:48.000	124.9 dB	99.8 dB	85.0 dB	90.5 dB
DOZE	09.06.2015 19:52:48	09.06.2015 20:06:08	00:07:32.000	128.3 dB	101.2 dB	85.4 dB	91.3 dB
RETURN	09.06.2015 19:52:59	09.06.2015 20:05:42	00:05:48.000	130.3 dB	99.4 dB	84.9 dB	91.6 dB
RECORD	09.06.2015 19:46:44	09.06.2015 20:07:13	00:20:29.000	130.3 dB	101.2 dB	75.5 dB	91.0 dB

Şekil 4.7 Paletli dozerlerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_5)

Çizelge 4.11 Çalışmada örneklenen paletli dozerlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
1	Açık kömür işletmesi	Kayıt	00:22:30	A, L_{tepe} C, Hızlı	135,4	104,1	66,7	77,2	87,7	119,0	90,7	86,6	80,2	75,3	87,4	2,9
				A, L_{tepe} C, Hızlı	135,4	104,1	66,7	77,2	87,7	119,0	90,7	86,6	80,2	75,3	87,4	2,9
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	143,8	134,8	82,7	100,9	106,2	137,5	109,0	103,8	98,4	90,3	105,9	2,0
		Yürüme	00:01:48	A, L_{tepe} C, Hızlı	135,3	98,8	67,5	-	84,2							
		Küreme	00:11:13	A, L_{tepe} C, Hızlı	131,6	103,1	75,3	-	88,4							
		Dönüş	00:07:48	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,8	94,9	66,6	-	87,4							
		Bekleme	00:01:41	A, L_{tepe} C, Hızlı	122,6	104,1	75,3	-	86,3							
2	Açık kömür işletmesi	Kayıt	00:07:01	A, L_{tepe} C, Hızlı	142,1	101,6	70,6	71,7	86,1	112,4	88,7	84,8	75,3	72,4	85,8	2,1
				A, L_{tepe} C, Hızlı	142,1	101,6	70,6	71,7	86,1	112,4	88,7	84,8	75,3	72,4	85,8	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	145,5	135,9	82,8	86,0	107,8	134,1	103,4	100,0	86,3	83,4	107,6	2,2
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Küreme	00:03:00	A, L_{tepe} C, Hızlı	120,5	101,2	70,6	-	85,9							
		Dönüş	00:02:52	A, L_{tepe} C, Hızlı	142,1	101,6	70,9	-	86,8							
		Bekleme	00:01:09	A, L_{tepe} C, Hızlı	114,0	90,8	72,5	-	84,4							
3	Yol inşaatı	Kayıt	00:15:54	A, L_{tepe} C, Hızlı	135,1	97,0	73,6	74,5	80,4	110,2	82,1	79,9	77,8	75,8	80,1	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	135,1	124,8	89,2	100,5	97,6	127,4	98,6	94,5	92,1	90,2	97,2	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	144,8	135,0	90,0	102,6	103,4	133,2	101,9	96,7	94,0	91,9	103,1	2,0
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Küreme	00:09:27	A, L_{tepe} C, Hızlı	135,0	97,0	75,0	-	80,4							
		Dönüş	00:04:38	A, L_{tepe} C, Hızlı	130,8	92,6	76,2	-	80,6							
		Bekleme	00:01:49	A, L_{tepe} C, Hızlı	115,1	88,0	73,5	-	79,2							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

Çizelge 4.11 Çalışmada örneklenen paletli dozerlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor)

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
4	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:15:54	A, L_{tepe} C, Hızlı	135,1	97,0	73,6	74,5	80,4	110,2	82,1	79,9	77,8	75,8	80,1	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	135,1	124,8	89,2	100,5	97,6	127,4	98,6	94,5	92,1	90,2	97,2	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	144,8	135,0	90,0	102,6	103,4	133,2	101,9	96,7	94,0	91,9	103,1	2,0
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Küreme	00:09:27	A, L_{tepe} C, Hızlı	135,0	97,0	75,0	-	80,4							
		Dönüş	00:04:38	A, L_{tepe} C, Hızlı	130,8	92,6	76,2	-	80,6							
		Bekleme	00:01:49	A, L_{tepe} C, Hızlı	115,1	88,0	73,5	-	79,2							
5	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:20:29	A, L_{tepe} C, Hızlı	130,3	101,2	75,5	77,5	91,0	121,9	92,5	91,0	88,3	76,9	90,7	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	130,3	101,2	75,5	77,5	91,0	121,9	92,5	91,0	88,3	76,9	90,7	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	133,4	126,7	93,1	97,0	110,6	141,5	113,2	109,2	104,3	96,9	110,3	2,0
		Yürüme	00:05:48	A, L_{tepe} C, Hızlı	124,9	99,8	85,0	-	90,5							
		Küreme	00:07:32	A, L_{tepe} C, Hızlı	128,3	101,2	85,4	-	91,3							
		Dönüş	00:05:48	A, L_{tepe} C, Hızlı	130,3	99,4	84,9	-	91,6							
		Bekleme	00:01:21	A, L_{tepe} C, Hızlı	122,6	99,6	75,5	-	87,7							
6	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:14:14	A, L_{tepe} C, Hızlı	124,9	99,9	55,6	89,3	92,4	121,7	94,5	92,5	85,5	60,9	92,1	2,1
				A, L_{tepe} C, Hızlı	124,9	99,9	55,6	89,3	92,4	121,7	94,5	92,5	85,5	60,9	92,1	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	127,0	115,7	74,2	96,8	105,0	134,3	107,3	104,6	100,0	78,6	104,7	2,1
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Küreme	00:07:10	A, L_{tepe} C, Hızlı	123,0	98,3	55,6	-	92,2							
		Dönüş	00:07:04	A, L_{tepe} C, Hızlı	124,9	99,9	76,6	-	92,6							
		Bekleme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

4.6 Lastik Tekerlekli Yükleyiciler

Tez çalışması kapsamında 4 adet lastik tekerlekli yükleyiciden gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Yükleyici iş döngüsünün aşağıdaki evrelerden oluştuğu kabul edilerek ölçümlerin tipik makine çalışmasını kapsamasına dikkat edilmiş ve araçların iş döngüsünü temsil edecek süre boyunca kayıt alınmıştır. Gürültü ölçümü alınan lastik tekerlekli yükleyicilerin teknik özellikleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

a) Tüm kayıt (RECORD; Lastik tekerlekli yükleyicilerin tipik iş döngüsündeki tüm evreleri kapsamakta ve ölçüm yapılan toplam süredeki TVT maruziyetini göstermektedir. Ancak hareketin başında operatörün koltuğa yerleşme ve hareketin sonunda koltuktan kalkma çabaları sırasında koltuk üzerindeki disk tipi ivmeölçere çarpma etkilerinden kaynaklanabilen çok yüksek düzeyli gürültü ayıklanarak, analizlerden çıkartılmıştır.)
b) İleri yürüme (FORWARD; Yükleyicinin kepçesi boş ve zeminden belirli bir mesafe yukarıda ileri yönlü ilerleme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
c) Bekleme (WAIT; Yükleyici herhangi bir evre içerisinde iken durmak ve motor devinimi askıda iken hareketsiz olarak beklemek durumunda kaldığında, ayrı bir evre olarak alınmakta ve bu sırada maruz kalınan gürültü kaydedilmektedir.)
d) Tesviye (LEVEL; Yükleyicinin kovasının tabanını kullanarak kamyon kasasındaki yığını düzeltmek ya da kovasını zemin seviyesine indirerek zemini sıyırmak için yaptığı ileri veya geri yönlü hareket sırasında maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
e) Yükleme (LOAD; Yükleyicinin kovasını yığına batırarak doldurma hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
f) Taşıma (HAUL; Yükleyicinin kovası dolu ve yukarı bakar durumda iken önce geri sonra da kamyona doğru ileri yönlü hareketi sırasında maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
g) Boşaltma (DUMP; Yükleyicinin kovasını kamyon kasasına kaldırarak ve sonra öne doğru eğerek boşaltma hareketi sırasında maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
h) Dönüş (RETURN; Yükleyicinin kovası boş ve zemin seviyesine indirilmiş durumda iken önce geri sonra da yığına doğru ileri yönlü hareketi sırasında maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)

Çizelge 4.12 Çalışmada ölçüm alınan lastik tekerlekli yükleyicilerin teknik özellikleri

İşyeri	Yükleyici no	İmal yılı	Çalışılan malzeme	Motor gücü (HP)	Bıçak kapasitesi (L)	Çalışma kütlesi (ton)
Kum ocağı	1	2005	Kum yükleme	197	3100	18,34
Altın işletmesi	2	2011	Az ayrışmış kayaç tumba tesviyeleme	318	4200	30,16
Altın işletmesi	3	2011	Az ayrışmış kayaç yükleme	318	4200	30,16
Altın işletmesi	4	2006	Az ayrışmış kayaç tumba tesviyeleme	261	4300	23,70

Lastik tekerlekli yükleyicilere ait gürültü maruziyeti sonuçları, ortalama değerler üzerinden, Çizelge 4.13'de verilmiştir. Operatör kabininde kaydedilen eşdeğer ses basıncı değerlerinin (L_{eq}) 72,8 dBA ile 80,6 dBA arasında sıralandığı, ortalama gürültü düzeyinin ise 76,2 dBA olduğu görülmektedir. Diğer yandan 8 saatlik bir vardiyada operatörün 7,5 saat gürültüye maruz kaldığı kabul edildiğinde günlük gürültü maruziyeti ($L_{EX\text{-}8h}$) 72,5 dBA ile 80,3 dBA arasında değişmekte ve ortalama gürültü düzeyi 75,9 dBA olmaktadır. Bu değer maruziyet etkin değeri (85 dBA) ile sınır değerinden (87 dBA) düşüktür.

Lastik tekerlekli yükleyicilere ait gürültü maruziyeti sonuçları işletmeler bazında incelendiğinde kum ocağı ve açık altın işletmesindeki operatörlerin birbirine çok yakın (76,1 dBA ve 76,2 dBA) gürültü seviyesine maruz kaldığı tespit edilmiştir. Lastik tekerlekli yükleyicilerin işletmelere göre evresel bazda gürültü maruziyeti Şekil 4.8'de verilmektedir.

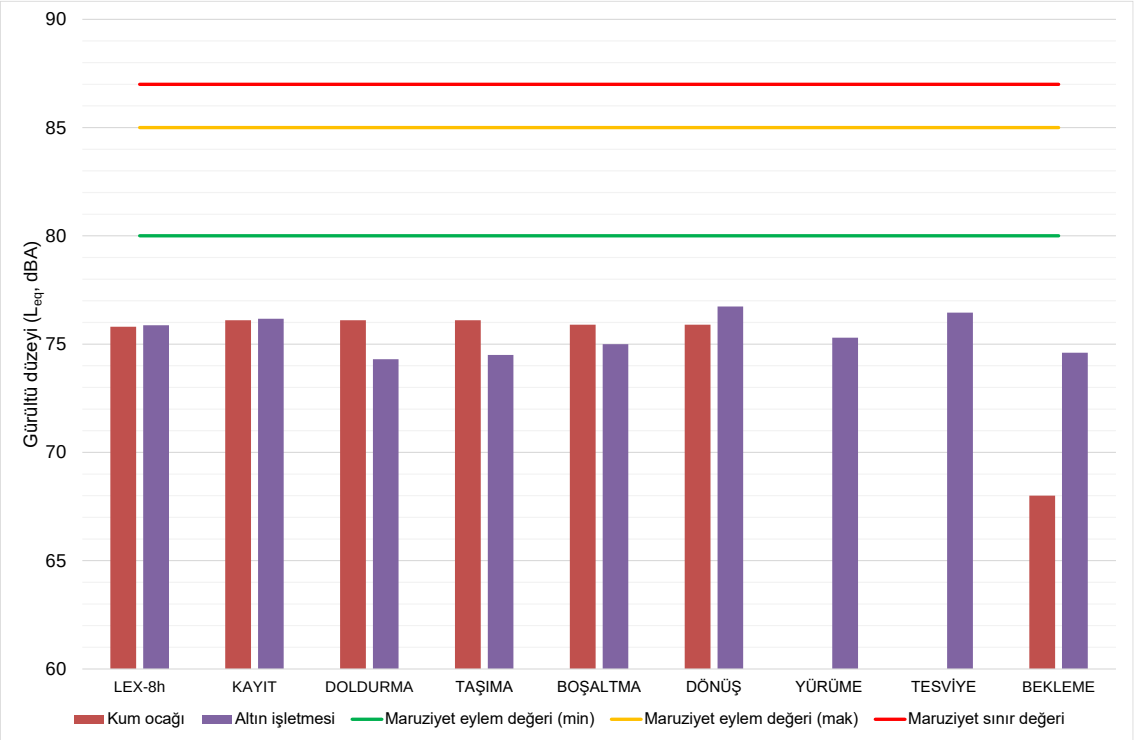
Tez çalışmasında örneklenen tüm lastik tekerlekli yükleyiciler evreler bazında değerlendirildiğinde en yüksek gürültü maruziyeti 76,5 dBA ile DÖNÜŞ ve TESVİYE evrelerinde oluşmaktadır. Bunu 75,5 dBA ile BOŞALTMA, 75,3 dBA ile TAŞIMA ve YÜRÜME, 75,2 dBA ile DOLDURMA izlemektedir. En düşük gürültü maruziyeti 73,0 dBA ile BEKLEME evresinde meydana gelmektedir.

Gürültü maruziyeti işletmelere göre değerlendirildiğinde ise en yüksek gürültü düzeyinin kum ocağında DOLDURMA ve TAŞIMA, açık altın işletmesinde DÖNÜŞ evresinde oluştuğu görülmektedir. Diğer yandan en düşük gürültü maruziyeti kum ocağında BEKLEME iken, açık altın işletmesinde DOLDURMA evresinde meydana gelmiştir.

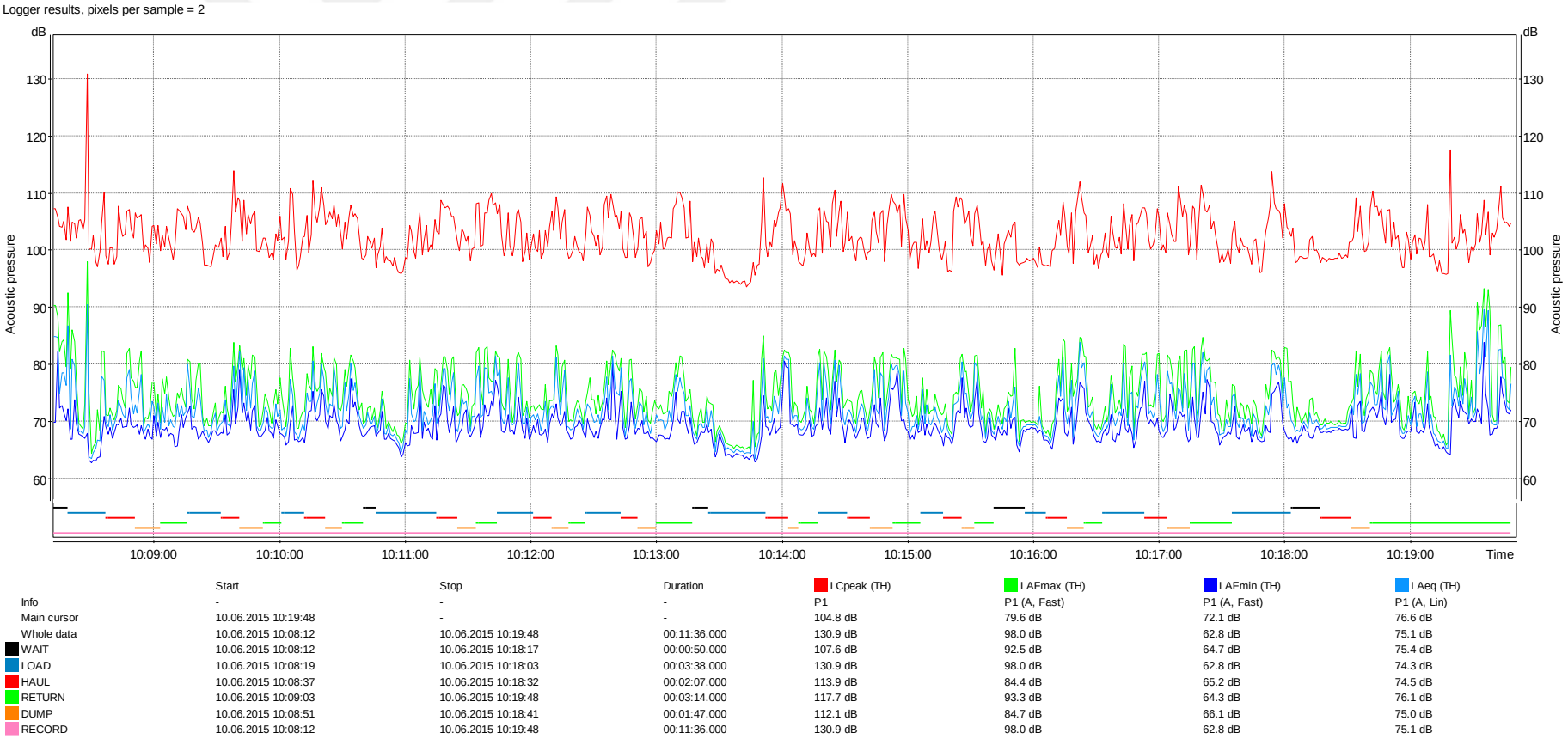
Ölçüm yapılan lastik tekerlekli yükleyicilere ait tipik bir gürültü-zaman kütüğü Şekil 4.9'da sunulmuştur. Zaman kütüğü, tipik yükleyici döngüsünü oluşturan evrelere ayrılmış olup her evrede maruz kalınan gürültü düzeyi Şekil 4.9 üzerinden incelenebilir. Çalışmada örneklenen tüm araçlara ait bireysel gürültü ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.14'da verilmiştir.

Çizelge 4.13 Çalışmada örneklenen tekerlekli yükleyicilerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)

	LASTİK TEKERLEKLİ YÜKLEYİCİ	KAYIT	DOLDURMA	TAŞIMA	BOŞALTMA	DÖNÜŞ	YÜRÜME	TESVİYE	BEKLEME
①	No_1	76,1	76,1	76,1	75,9	75,9	-	-	68,0
②	No_2	80,6	-	-	-	81,1	81,3	80,7	73,1
	No_3	75,1	74,3	74,5	75,0	76,1	-	-	75,4
	No_4	72,8	-	-	-	73,0	69,3	72,2	75,3
	En düşük	72,8	74,3	74,5	75,0	73,0	69,3	72,2	68,0
	En yüksek	80,6	76,1	76,1	75,9	81,1	81,3	80,7	75,4
	Genel ortalama	76,2	75,2	75,3	75,5	76,5	75,3	76,5	73,0
①	Kum ocağı	76,1	76,1	76,1	75,9	75,9	-	-	68,0
②	Altın işletmesi	76,2	74,3	74,5	75,0	76,7	75,3	76,5	74,6



Şekil 4.8 Lastik tekerlekli yükleyici operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı



	Start	Stop	Duration	LCpeak (TH)	LAFmax (TH)	LAFmin (TH)	LAeq (TH)
Info	-	-	-	P1	P1 (A, Fast)	P1 (A, Fast)	P1 (A, Lin)
Main cursor	10.06.2015 10:19:48	-	-	104.8 dB	79.6 dB	72.1 dB	76.6 dB
Whole data	10.06.2015 10:08:12	10.06.2015 10:19:48	00:11:36.000	130.9 dB	98.0 dB	62.8 dB	75.1 dB
WAIT	10.06.2015 10:08:12	10.06.2015 10:18:17	00:00:50.000	107.6 dB	92.5 dB	64.7 dB	75.4 dB
LOAD	10.06.2015 10:08:19	10.06.2015 10:18:03	00:03:38.000	130.9 dB	98.0 dB	62.8 dB	74.3 dB
HAUL	10.06.2015 10:08:37	10.06.2015 10:18:32	00:02:07.000	113.9 dB	84.4 dB	65.2 dB	74.5 dB
RETURN	10.06.2015 10:09:03	10.06.2015 10:19:48	00:03:14.000	117.7 dB	93.3 dB	64.3 dB	76.1 dB
DUMP	10.06.2015 10:08:51	10.06.2015 10:18:41	00:01:47.000	112.1 dB	84.7 dB	66.1 dB	75.0 dB
RECORD	10.06.2015 10:08:12	10.06.2015 10:19:48	00:11:36.000	130.9 dB	98.0 dB	62.8 dB	75.1 dB

Şekil 4.9 Lastik tekerlekli yükleyicilerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_3)

Çizelge 4.14 Çalışmada örneklenen lastik tekerlekli yükleyicilerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
1	Kum ocağı			A, L_{tepe} C, Hızlı	119,4	89,9	56,7	76,4	76,1	100,7	78,4	75,1	71,6	60,1	75,8	2,0
		Kayıt	00:04:49	C, L_{tepe} C, Hızlı	119,4	109,6	67,7	93,8	94,1	118,7	97,0	90,4	86,4	70,7	93,8	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	122,8	114,5	72,1	95,6	98,9	123,5	101,8	94,0	89,1	74,9	98,6	2,2
		Doldurma	00:02:29	A, L_{tepe} C, Hızlı	119,3	84,4	69,7	-	76,1							
		Taşıma	00:02:29	A, L_{tepe} C, Hızlı	119,3	84,4	69,7	-	76,1							
		Boşaltma	00:00:58	A, L_{tepe} C, Hızlı	115,8	85,8	71,2	-	75,9							
		Dönüş	00:00:58	A, L_{tepe} C, Hızlı	115,8	85,8	71,2	-	75,9							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Tesviye	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Bekleme	00:01:51	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,3	84,7	60,4	-	68,0							
2	Açık altın işletmesi			A, L_{tepe} C, Hızlı	132,0	98,6	60,8	84,6	80,6	109,2	84,0	78,9	67,8	62,9	80,3	2,1
		Kayıt	00:12:06	A, L_{tepe} C, Hızlı	132,0	98,6	60,8	84,6	80,6	109,2	84,0	78,9	67,8	62,9	80,3	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	140,1	130,6	84,0	105,8	102,8	131,4	104,9	101,6	93,7	88,7	102,5	2,0
		Doldurma	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Taşıma	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Boşaltma	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Dönüş	00:03:23	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,9	94,4	61,5	-	81,1							
		Yürüme	00:01:10	A, L_{tepe} C, Hızlı	113,5	89,2	63,3	-	81,3							
		Tesviye	00:06:42	A, L_{tepe} C, Hızlı	132,0	98,6	60,8	-	80,7							
		Bekleme	00:00:50	A, L_{tepe} C, Hızlı	114,1	88,1	63,2	-	73,1							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

Çizelge 4.14 Çalışmada örneklenen lastik tekerlekli yükleyicilerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri (devam ediyor)

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
3	Açık altın işletmesi			A, L_{tepe} C, Hızlı	130,8	97,9	62,7	79,0	75,1	103,5	78,7	70,4	67,1	64,1	74,8	2,0
		Kayıt	00:11:36	A, L_{tepe} C, Hızlı	130,8	97,9	62,7	79,0	75,1	103,5	78,7	70,4	67,1	64,1	74,8	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	137,1	129,2	85,8	102,6	99,8	128,3	102,4	95,4	90,6	87,2	99,6	2,0
		Doldurma	00:03:38	A, L_{tepe} C, Hızlı	130,9	98,0	62,8	-	74,3							
		Taşıma	00:02:07	A, L_{tepe} C, Hızlı	113,9	84,4	65,2	-	74,5							
		Boşaltma	00:01:47	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,1	84,7	66,1	-	75,0							
		Dönüş	00:03:14	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,7	93,3	64,3	-	76,1							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Tesviye	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Bekleme	00:00:50	A, L_{tepe} C, Hızlı	107,6	92,5	64,7	-	75,4							
4	Açık altın işletmesi			A, L_{tepe} C, Hızlı	127,6	94,3	62,0	69,0	72,8	102,1	75,0	70,3	64,3	62,6	72,5	2,0
		Kayıt	00:14:27	A, L_{tepe} C, Hızlı	127,6	94,3	62,0	69,0	72,8	102,1	75,0	70,3	64,3	62,6	72,5	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	136,7	127,8	82,7	91,8	97,4	126,8	99,5	93,2	85,7	83,5	97,1	2,1
		Doldurma	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Taşıma	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Boşaltma	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Dönüş	00:01:39	A, L_{tepe} C, Hızlı	122,6	87,1	66,0	-	73,0							
		Yürüme	00:02:03	A, L_{tepe} C, Hızlı	114,0	89,2	63,4	-	69,3							
		Tesviye	00:08:02	A, L_{tepe} C, Hızlı	127,7	93,2	62,3	-	72,2							
		Bekleme	00:02:43	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,1	94,4	62,1	-	75,3							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

4.7 Greyderler

Tez çalışması kapsamında 4 adet greyderden gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Greyder iş döngüsünün aşağıdaki evrelerden oluştuğu kabul edilerek ölçümlerin, greyderin çok sayıda tam turunu kapsamasına dikkat edilmiş ve birkaç istisna dışında hemen tüm iş makinelerinin çalışma döngüsünü temsil edecek süre boyunca kayıt alınmıştır. Gürültü ölçümü alınan greyderlerin teknik özellikleri Çizelge 4.15'de verilmiştir.

a) Tüm kayıt (RECORD; Greyderlerin tipik iş döngüsündeki tüm evreleri kapsamakta ve ölçüm yapılan toplam süredeki gürültü maruziyetini göstermektedir. Ancak hareketin başında operatörün koltuğa yerleşme ve hareketin sonunda koltuktan kalkma çabalarından kaynaklanabilen çok yüksek ses basıncı değerleri ayıklanarak, analizlerden çıkartılmıştır.)
b) İleri yürüme (FORWARD; Greyderin bıçağı zeminden belirli bir mesafe yukarıda ileri yönlü ilerleme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
c) Bekleme (WAIT; Greyder herhangi bir evre içerisinde iken durmak ve motor devinimi askıda iken hareketsiz olarak beklemek durumunda kaldığında, ayrı bir evre olarak alınmakta ve bu sırada maruz kalınan gürültü kaydedilmektedir.)
d) Tesviye (GRADE; Greyderin bıçağı zeminde belirli bir derinlikte iken önünde oluşan yığını tesviye etmek için yaptığı hareket sırasında maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
e) Geri yürüme (RETURN; Greyderin bıçağı zeminden belirli bir mesafe yukarıda geriye doğru yürüme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)

Çizelge 4.15 Çalışmada ölçüm alınan greyderlerin teknik özellikleri

İşyeri	Greyder no	İmal yılı	Çalışılan malzeme	Motor gücü (HP)	Bıçak genişliği (mm)	Çalışma kütlesi (ton)
Yol inşaatı	1	2011	Sıkıştırılmış toprak yol	138	-	14,09
Altın işletmesi	2	2005	Sıkıştırılmış az ayrışmış kayaç tumba	185	3658	14,68
Altın işletmesi	3	2005	Sıkıştırılmış toprak basamak	165	-	14,20
Altın işletmesi	4	2014	Sıkıştırılmış az ayrışmış kayaç tumba	240	-	18,81

Greyderlere ait gürültü maruziyeti sonuçları, ortalama değerler üzerinden, Çizelge 4.16'da verilmiştir. Operatör kabininde kaydedilen eşdeğer ses basıncı değerlerinin (L_{eq}) 73,7 dBA ile 87,5 dBA arasında sıralandığı, ortalama gürültü düzeyinin ise 80,3 dBA olduğu görülmektedir. Diğer yandan 8 saatlik bir vardiyada operatörün 7,5 saat gürültüye maruz kaldığı kabul edildiğinde günlük gürültü maruziyeti ($L_{EX\text{-}8h}$) 73,4 dBA ile 87,2 dBA arasında değişmekte ve ortalama gürültü düzeyi 80,0 dBA olmaktadır. Bu değer maruziyet etkin değeri (85 dBA) ile sınır değerinden (87 dBA) düşüktür.

Greyderlere ait gürültü maruziyeti sonuçları işletmeler bazında incelendiğinde yol inşaatında çalışan greyder operatörlerinin daha düşük (73,7 dBA) ancak açık altın işletmesindeki makine operatörlerinin daha yüksek (82,5 dBA) gürültüye maruz kaldığı tespit edilmiştir. Greyderlerin işletmelere göre evresel bazda gürültü maruziyeti Şekil 4.10'da verilmektedir.

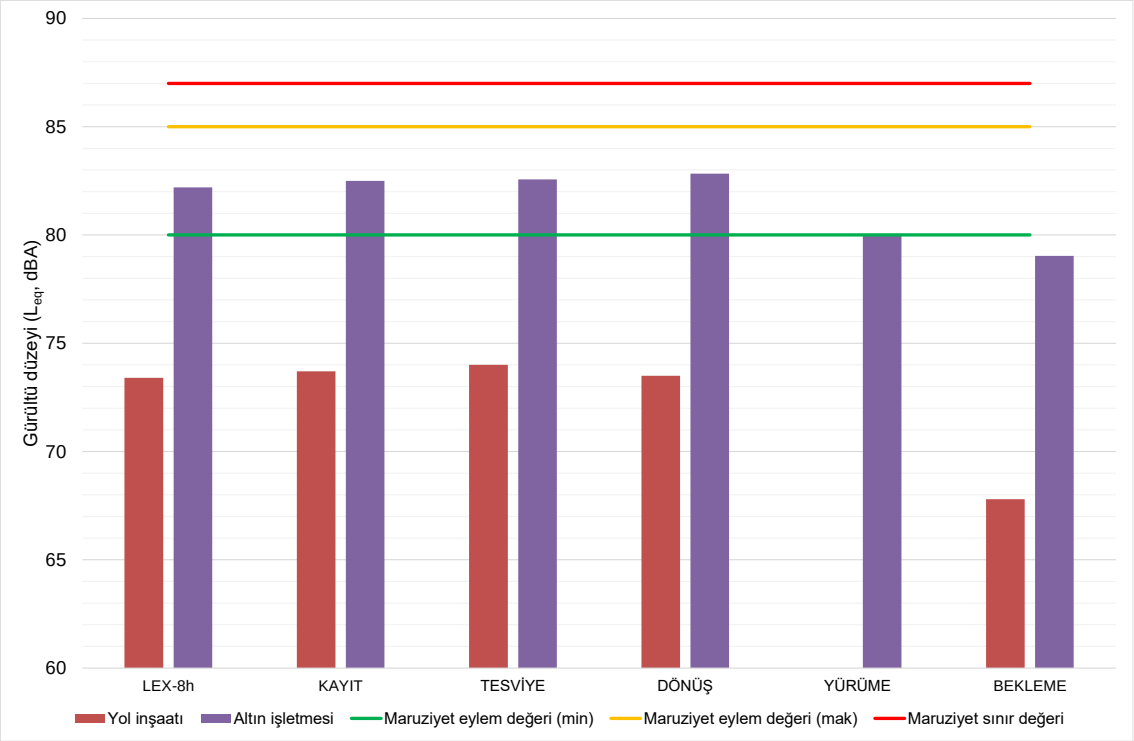
Tez çalışmasında örneklenen tüm greyderler evreler bazında değerlendirildiğinde en yüksek gürültü maruziyeti 80,5 dBA ile DÖNÜŞ evresinde oluşmaktadır. Bunu 80,4 dBA ile TESVİYE, 80,0 dBA ile YÜRÜME izlemektedir. En düşük gürültü maruziyeti 76,2 dBA ile BEKLEME evresinde meydana gelmektedir.

Gürültü maruziyeti işletmelere göre değerlendirildiğinde ise en yüksek gürültü düzeyinin yol inşaatında TESVİYE, açık altın işletmesinde DÖNÜŞ evresinde oluştuğu görülmektedir. Diğer yandan en düşük gürültü maruziyeti yol inşaatı ve açık altın işletmesinde BEKLEME evresinde meydana gelmiştir.

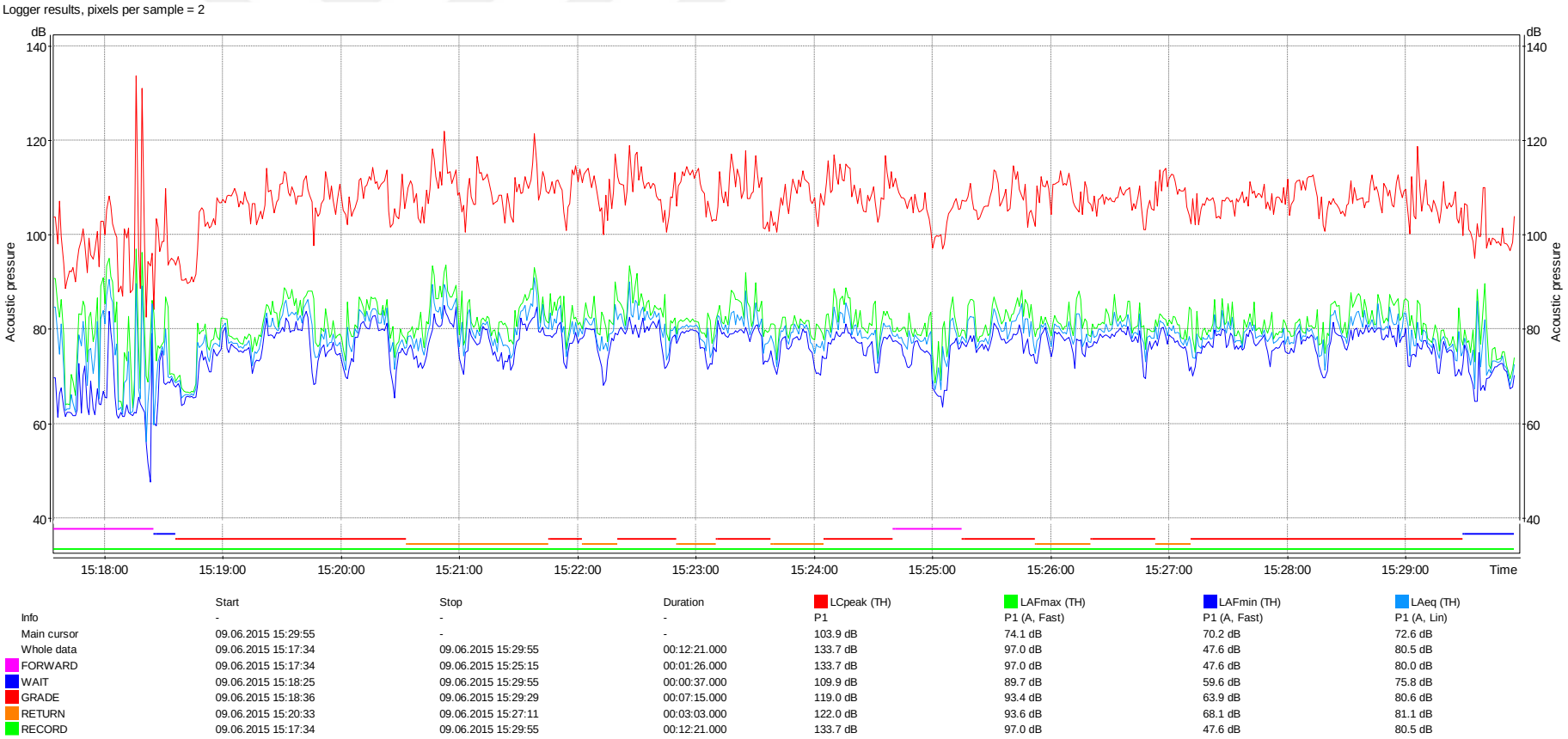
Ölçüm yapılan greyderlere ait tipik bir gürültü-zaman kütüğü Şekil 4.11'de sunulmuştur. Zaman kütüğü, tipik greyder döngüsünü oluşturan evrelere ayrılmış olup her evrede maruz kalınan gürültü düzeyi Şekil 4.11 üzerinden incelenebilir. Çalışmada örneklenen tüm araçlara ait bireysel gürültü ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.16 Çalışmada örneklenen greyderlerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)

	GREYDER	LEX-8h	KAYIT	TESVİYE	DÖNÜŞ	YÜRÜME	BEKLEME
①	No_1	73,4	73,7	74,0	73,5	-	67,8
②	No_2	79,2	79,5	79,3	80,2	-	78,5
	No_3	80,2	80,5	80,6	81,1	80,0	75,8
	No_4	87,2	87,5	87,8	87,2	-	82,8
	En düşük	73,4	73,7	74,0	73,5	80,0	67,8
	En yüksek	87,2	87,5	87,8	87,2	80,0	82,8
	Genel ortalama	80,0	80,3	80,4	80,5	80,0	76,2
①	Yol inşaatı	73,4	73,7	74,0	73,5	-	67,8
②	Altın işletmesi	82,2	82,5	82,6	82,8	80,0	79,0



Şekil 4.10 Greyder operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı



	Start	Stop	Duration	LCpeak (TH)	LAFmax (TH)	LAFmin (TH)	LAeq (TH)
Info	-	-	-	P1	P1 (A, Fast)	P1 (A, Fast)	P1 (A, Lin)
Main cursor	09.06.2015 15:29:55	-	-	103.9 dB	74.1 dB	70.2 dB	72.6 dB
Whole data	09.06.2015 15:17:34	09.06.2015 15:29:55	00:12:21.000	133.7 dB	97.0 dB	47.6 dB	80.5 dB
FORWARD	09.06.2015 15:17:34	09.06.2015 15:25:15	00:01:26.000	133.7 dB	97.0 dB	47.6 dB	80.0 dB
WAIT	09.06.2015 15:18:25	09.06.2015 15:29:55	00:00:37.000	109.9 dB	89.7 dB	59.6 dB	75.8 dB
GRADE	09.06.2015 15:18:36	09.06.2015 15:29:29	00:07:15.000	119.0 dB	93.4 dB	63.9 dB	80.6 dB
RETURN	09.06.2015 15:20:33	09.06.2015 15:27:11	00:03:03.000	122.0 dB	93.6 dB	68.1 dB	81.1 dB
RECORD	09.06.2015 15:17:34	09.06.2015 15:29:55	00:12:21.000	133.7 dB	97.0 dB	47.6 dB	80.5 dB

Şekil 4.11 Greyderlerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_3)

Çizelge 4.17 Çalışmada örneklenen greyderlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
1	Yol inşaatı	Kayıt	00:14:37	A, L_{tepe} C, Hızlı	119,7	97,7	59,8	62,9	73,7	103,1	74,9	71,8	66,9	61,5	73,4	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	119,7	109,9	78,9	93,1	90,9	120,4	93,9	88,9	84,4	81,0	90,7	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	122,6	111,4	81,4	95,1	95,1	124,5	98,3	93,1	88,4	83,8	94,8	2,0
		Tesviye	00:07:51	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,3	97,7	60,9	-	74,0							
		Dönüş	00:06:07	A, L_{tepe} C, Hızlı	119,7	93,5	63,0	-	73,5							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Bekleme	00:00:39	A, L_{tepe} C, Hızlı	104,7	79,2	59,8	-	67,8							
2	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:14:58	A, L_{tepe} C, Hızlı	134,8	92,2	45,9	75,7	79,5	109	82,3	78,2	71,3	50,3	79,2	2,1
				A, L_{tepe} C, Hızlı	134,8	92,2	45,9	75,7	79,5	109	82,3	78,2	71,3	50,3	79,2	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	142,4	133,3	64,3	90,1	101,5	131	103,2	97,5	89,1	70,7	101,2	2,1
		Tesviye	00:08:02	A, L_{tepe} C, Hızlı	134,8	91,7	51,3	-	79,3							
		Dönüş	00:05:02	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,5	92,2	68,0	-	80,2							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Bekleme	00:01:54	A, L_{tepe} C, Hızlı	114,2	89,2	46,0	-	78,5							
3	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:12:21	A, L_{tepe} C, Hızlı	133,8	97,1	47,7	74,1	80,5	109,2	83,3	78,5	70,6	61,7	80,2	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	133,8	97,1	47,7	74,1	80,5	109,2	83,3	78,5	70,6	61,7	80,2	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	140,1	131	69,3	98,1	103,2	131,9	105,8	99,7	89,2	78,3	102,9	2,1
		Tesviye	00:07:15	A, L_{tepe} C, Hızlı	119,0	93,4	63,9	-	80,6							
		Dönüş	00:03:03	A, L_{tepe} C, Hızlı	122,0	93,6	68,1	-	81,1							
		Yürüme	00:01:26	A, L_{tepe} C, Hızlı	133,7	97,0	47,6	-	80,0							
		Bekleme	00:00:37	A, L_{tepe} C, Hızlı	109,9	89,7	59,6	-	75,8							
4	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:17:19	A, L_{tepe} C, Hızlı	136,2	99,2	70,6	72,7	87,5	117,6	90,3	87,0	78,5	72,7	87,2	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	136,2	99,2	70,6	72,7	87,5	117,6	90,3	87,0	78,5	72,7	87,2	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	143,3	133,7	88,1	92,3	109,6	139,8	112,5	107,7	98,6	91,5	109,3	2,0
		Tesviye	00:09:38	A, L_{tepe} C, Hızlı	136,2	99,1	76,2	-	87,8							
		Dönüş	00:07:23	A, L_{tepe} C, Hızlı	124,9	96,8	70,6	-	87,2							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Bekleme	00:00:18	A, L_{tepe} C, Hızlı	108,1	94,0	71,8	-	82,8							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

4.8 Titreşimli Silindirler

Tez çalışması kapsamında 3 adet titreşimli silindirden gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Silindir döngüsünün aşağıdaki evrelerden oluştuğu kabul edilerek, ölçümlerin tipik makine çalışmasını kapsamasına dikkat edilmiş ve araçların iş döngüsünü temsil edecek süre boyunca kayıt alınmıştır. Gürültü ölçümü alınan titreşimli silindirlerin teknik özellikleri Çizelge 4.18'de verilmiştir.

a) Tüm kayıt (RECORD; Silindirlerin tipik iş döngüsündeki tüm evreleri kapsamakta ve ölçüm yapılan toplam süredeki gürültü maruziyetini göstermektedir. Ancak hareketin başında operatörün koltuğa yerleşme ve hareketin sonunda koltuktan kalkma çabalarından kaynaklanabilen çok yüksek gürültü ayıklanarak, analizlerden çıkartılmıştır.)
b) İleri yürüme (FORWARD; Silindirin normal çalışma temposundan daha hızlı ve titreşim modunda olmadan ilerleme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
c) Bekleme (WAIT; Silindir herhangi bir evre içerisinde iken durmak ve motor devinimi askıda iken hareketsiz olarak beklemek durumunda kaldığında, ayrı bir evre olarak alınmakta ve bu sırada maruz kalınan gürültü kaydedilmektedir.)
d) İleri hareket (COMPACT FORWARD; Silindirin yavaş ilerleme hızında ve titreşim modunda zemini sıkıştırma amacıyla ileri yönlü olarak yaptığı hareket sırasında maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
e) Geri hareket (COMPACT BACKWARD; Silindirin yavaş ilerleme hızında ve titreşim modunda zemini sıkıştırma amacıyla geri yönlü olarak yaptığı hareket sırasında maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
f) Geri yürüme (RETURN; Silindirin normal çalışma temposundan daha hızlı ve titreşim modunda olmadan geriye doğru ilerleme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)

Çizelge 4.18 Çalışmada ölçüm alınan titreşimli silindirlerin teknik özellikleri

İşyeri	Silindir no	İmal yılı	Çalışılan malzeme	Motor gücü (HP)	Merkezkaç kuvveti (kN)	Çalışma kütlesi (ton)
Yol inşaatı	1	2006	Sıkıştırılmış toprak yol	133	-	12,30
Altın işletmesi	2	2010	Sıkıştırılmış az ayrışmış kayaç tumba	174	332	18,84
Altın işletmesi	3	2010	Sıkıştırılmış toprak basamak	174	332	18,84

Titreşimli silindirlere ait gürültü maruziyeti sonuçları, ortalama değerler üzerinden, Çizelge 4.19'da verilmiştir. Operatör kabininde kaydedilen eşdeğer ses basıncı değerlerinin (L_{eq}) 76,0 dBA ile 83,9 dBA arasında sıralandığı, ortalama gürültü düzeyinin ise 79,1 dBA olduğu görülmektedir. Diğer yandan 8 saatlik bir vardiyada operatörün 7,5 saat gürültüye maruz kaldığı kabul edildiğinde

günlük gürültü maruziyeti (L_{EX-8h}) 75,8 dBA ile 83,6 dBA arasında değişmekte ve ortalama gürültü düzeyi 78,8 dBA olmaktadır. Bu değer maruziyet etkin değeri (85 dBA) ile sınır değerinden (87 dBA) düşüktür.

Titreşimli silindirlere ait gürültü maruziyeti sonuçları işletmeler bazında incelendiğinde yol inşaatında çalışan silindir operatörlerinin daha yüksek (83,6 dBA) ancak açık altın işletmesindeki makine operatörlerinin daha düşük (76,4 dBA) gürültüye maruz kaldığı tespit edilmiştir. Silindirlerin işletmelere göre evresel bazda gürültü maruziyeti Şekil 4.12'de verilmektedir.

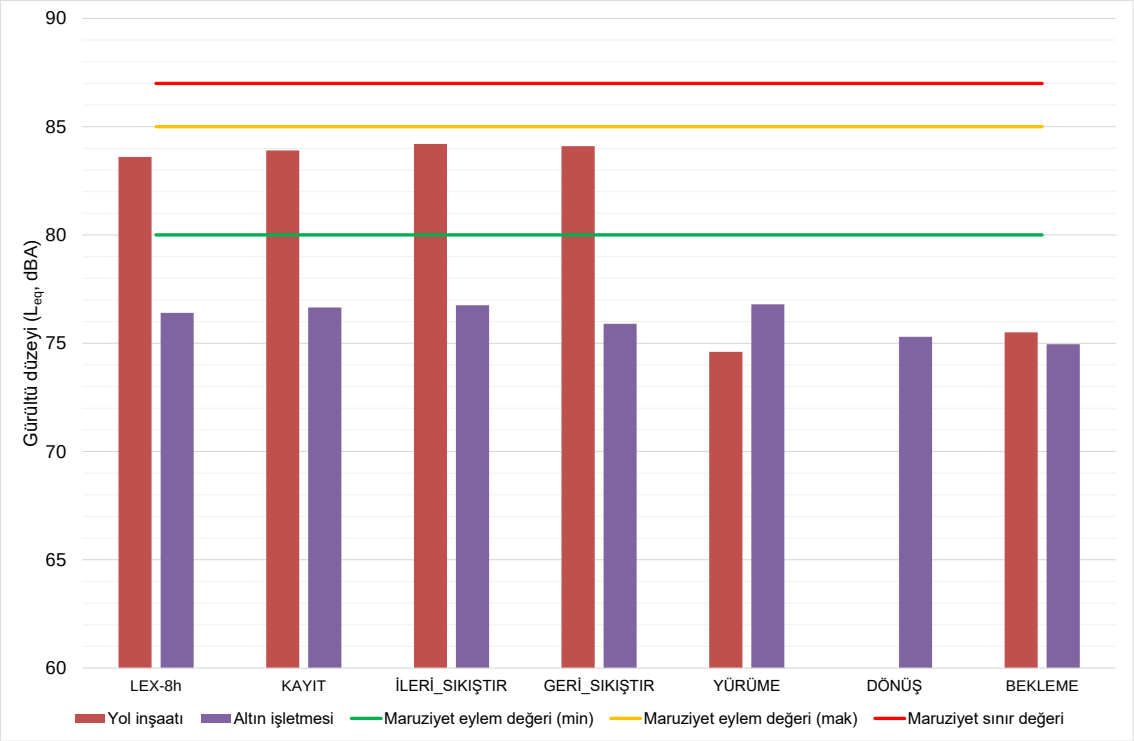
Tez çalışmasında örneklenen tüm lastik tekerlekli titreşimli silindirler evreler bazında değerlendirildiğinde en yüksek gürültü maruziyeti 80,0 dBA ile GERİ_SIKIŞTIR evresinde oluşmaktadır. Bunu 79,2 dBA ile İLERİ_SIKIŞTIR, 75,7 dBA ile YÜRÜME ve 75,3 dBA ile DÖNÜŞ izlemektedir. En düşük gürültü maruziyeti 75,1 dBA ile BEKLEME evresinde meydana gelmektedir.

Gürültü maruziyeti işletmelere göre değerlendirildiğinde ise en yüksek gürültü düzeyinin yol inşaatında İLERİ_SIKIŞTIR, açık altın işletmesinde YÜRÜME ve İLERİ_SIKIŞTIR evrelerinde oluştuğu görülmektedir. Diğer yandan en düşük gürültü maruziyeti yol inşaatında YÜRÜME ve açık altın işletmesinde BEKLEME evrelerinde meydana gelmiştir.

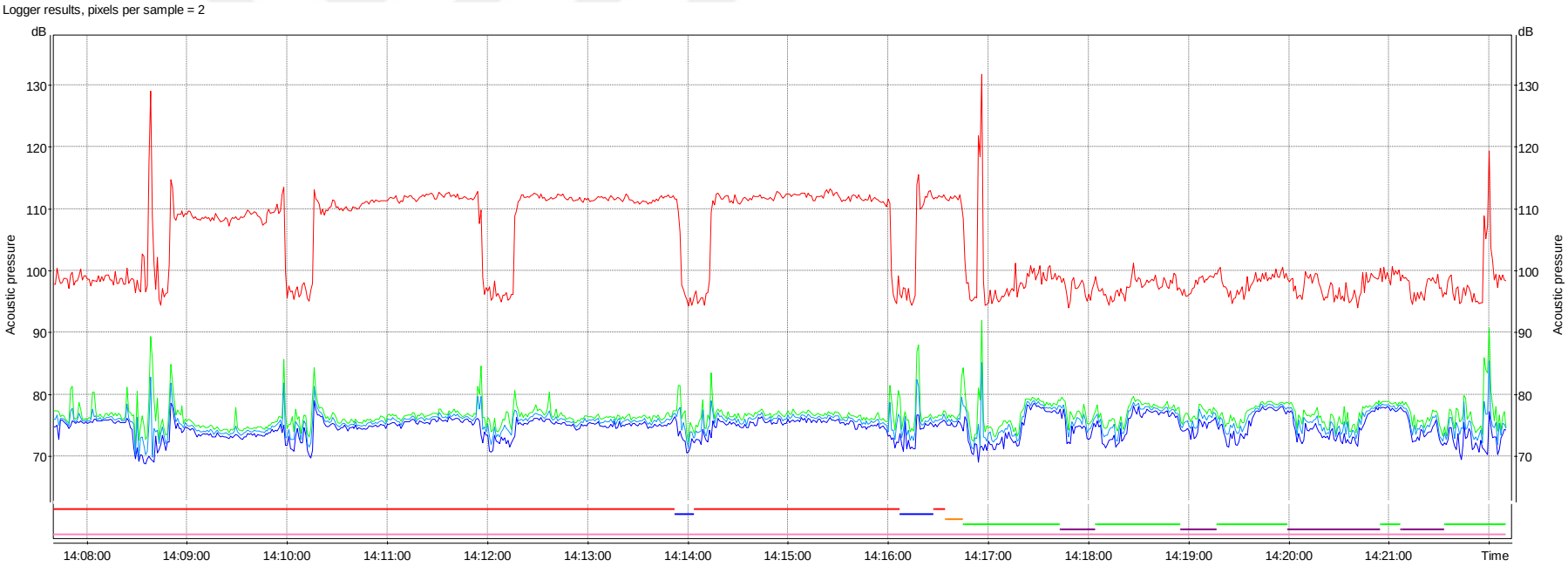
Ölçüm yapılan silindirlere ait tipik bir gürültü-zaman kütüğü Şekil 4.13'de sunulmuştur. Zaman kütüğü, tipik silindir döngüsünü oluşturan evrelere ayrılmış olup her evrede maruz kalınan gürültü düzeyi Şekil 4.13 üzerinden incelenebilir. Çalışmada örneklenen tüm araçlara ait bireysel gürültü ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.19 Çalışmada örneklenen titreşimli silindirlerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)

	SİLİNDİR	LEX-8h	KAYIT	İLERİ_SIKIŞTIR	GERİ_SIKIŞTIR	YÜRÜME	DÖNÜŞ	BEKLEME
①	No_1	83,6	83,9	84,2	84,1	74,6	-	75,5
②	No_2	77,0	77,3	77,7	-	-	74,8	73,3
	No_3	75,8	76,0	75,8	75,9	76,8	75,8	76,6
	En küçük	75,8	76,0	75,8	75,9	74,6	74,8	73,3
	En büyük	83,6	83,9	84,2	84,1	76,8	75,8	76,6
	Genel ortalama	78,8	79,1	79,2	80,0	75,7	75,3	75,1
①	Yol inşaatı	83,6	83,9	84,2	84,1	74,6	-	75,5
②	Altın işletmesi	76,4	76,7	76,8	75,9	76,8	75,3	75,0



Şekil 4.12 Titreşimli silindir operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı



	Start	Stop	Duration	LCpeak (TH)	LAFmax (TH)	LAFmin (TH)	LAeq (TH)
Info	-	-	-	P1	P1 (A, Fast)	P1 (A, Fast)	P1 (A, Lin)
Main cursor	10.06.2015 14:22:10	-	-	98.3 dB	74.7 dB	74.3 dB	74.5 dB
Whole data	10.06.2015 14:07:40	10.06.2015 14:22:10	00:14:30.000	131.8 dB	92.0 dB	68.8 dB	76.0 dB
COMPACT_FORTH	10.06.2015 14:07:40	10.06.2015 14:16:34	00:08:22.000	129.0 dB	89.4 dB	68.8 dB	75.8 dB
COMPACT_BACK	10.06.2015 14:13:52	10.06.2015 14:16:27	00:00:32.000	115.5 dB	88.0 dB	70.5 dB	75.9 dB
WAIT	10.06.2015 14:16:34	10.06.2015 14:16:45	00:00:11.000	112.3 dB	84.4 dB	74.2 dB	76.6 dB
FORWARD	10.06.2015 14:16:45	10.06.2015 14:22:10	00:03:20.000	131.8 dB	92.0 dB	69.0 dB	76.8 dB
RETURN	10.06.2015 14:17:43	10.06.2015 14:21:33	00:02:05.000	100.5 dB	79.6 dB	71.7 dB	75.8 dB
RECORD	10.06.2015 14:07:40	10.06.2015 14:22:10	00:14:30.000	131.8 dB	92.0 dB	68.8 dB	76.0 dB

Şekil 4.13 Titreşimli silindirlerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_3)

Çizelge 4.20 Çalışmada örneklenen titreşimli silindirlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
1	Yol inşaatı	Kayıt	00:10:20	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,8	89,3	60,8	75,0	83,9	111,8	86,5	83,8	72,4	62,4	83,6	2,1
				C, L_{tepe} C, Hızlı	116,8	111,3	77,9	85,7	105,6	133,5	108,0	105,5	84,4	79,4	105,3	2,2
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	119,1	113,6	80,0	87,8	108,2	136,1	110,7	108,2	88,1	81,6	107,9	2,2
		İleri_sıkıştır	00:07:31	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,8	89,4	68,7	-	84,2							
		Geri_sıkıştır	00:02:00	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,2	88,4	78,8	-	84,1							
		Yürüme	00:00:33	A, L_{tepe} C, Hızlı	102,8	88,5	61,2	-	74,6							
		Dönüş	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Bekleme	00:00:16	A, L_{tepe} C, Hızlı	105,3	87,1	60,8	-	75,5							
2	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:14:18	A, L_{tepe} C, Hızlı	129,2	93,8	48,3	74,6	77,3	106,6	79,8	76,3	71,4	53,6	77,0	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	129,2	93,8	48,3	74,6	77,3	106,6	79,8	76,3	71,4	53,6	77,0	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	143,0	135,0	67,1	89,9	109,6	139,0	111,8	106,8	89,1	75,7	109,4	2,3
		İleri_sıkıştır	00:12:00	A, L_{tepe} C, Hızlı	129,2	93,8	52,4	-	77,7							
		Geri_sıkıştır	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Dönüş	00:01:15	A, L_{tepe} C, Hızlı	121,4	86,0	69,9	-	74,8							
		Bekleme	00:01:03	A, L_{tepe} C, Hızlı	118,3	89,7	48,4	-	73,3							
3	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:14:30	A, L_{tepe} C, Hızlı	131,8	92,0	68,8	74,5	76,1	105,5	77,8	75,7	73,1	70,4	75,8	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	131,8	92,0	68,8	74,5	76,1	105,5	77,8	75,7	73,1	70,4	75,8	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	140,9	132,7	83,6	91,6	107,3	136,7	110,5	95,6	88,1	85,2	107,1	2,3
		İleri_sıkıştır	00:08:22	A, L_{tepe} C, Hızlı	129,0	89,4	68,8	-	75,8							
		Geri_sıkıştır	00:00:32	A, L_{tepe} C, Hızlı	115,5	88,0	70,5	-	75,9							
		Yürüme	00:03:20	A, L_{tepe} C, Hızlı	131,8	92,0	69,0	-	76,8							
		Dönüş	00:02:05	A, L_{tepe} C, Hızlı	100,5	79,6	71,7	-	75,8							
		Bekleme	00:00:11	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,3	84,4	74,2	-	76,6							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

4.9 Deliciler

Tez çalışması kapsamında 3 adet deliciden gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Delici döngüsünün aşağıdaki evrelerden oluştuğu kabul edilerek, ölçümlerin tipik makine çalışmasını kapsamasına dikkat edilmiş ve araçların iş döngüsünü temsil edecek süre boyunca kayıt alınmıştır. Gürültü ölçümü alınan delicilerin teknik özellikleri Çizelge 4.21'de verilmiştir.

a) Tüm kayıt (RECORD; Delicilerin tipik iş döngüsündeki tüm evreleri kapsamakta ve ölçüm yapılan toplam süredeki gürültü maruziyetini göstermektedir. Ancak hareketin başında operatörün koltuğa yerleşme ve hareketin sonunda koltuktan kalkma çabalarından kaynaklanabilen çok yüksek gürültü ayıklanarak, analizlerden çıkartılmıştır.)
b) İleri yürüme (FORWARD; Delicinin diğer bir patlatma deliğine doğru ilerleme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
c) Bekleme (WAIT; Delici herhangi bir evre içerisinde iken durmak ve motor devinimi askıda iken hareketsiz olarak beklemek durumunda kaldığında, ayrı bir evre olarak alınmakta ve bu sırada maruz kalınan gürültü kaydedilmektedir.)
d) Delmeye hazırlık (PREPARE TO DRILL; Delicinin delme işlemine başlamadan önce hazırlık amacıyla yaptığı hareket sırasında maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
e) Delme (DRILL; Delme işlemi gerçekleştirilirken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
f) Tij değiştirme (ROD CHANGE; Delicii tij değiştirirken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)

Çizelge 4.21 Çalışmada ölçüm alınan delicilerin teknik özellikleri

İşyeri	Delici no	İmal yılı	Çalışılan malzeme	Motor gücü (HP)	Delme aralığı (mm)	Çalışma kütlesi (ton)
Demir işletmesi	1	1998	Toprak	260	76 - 127	12,50
Altın işletmesi	2	2011	Az ayrışmış kayaç	225	76 - 127	15,30
Altın işletmesi	3	2013	Az ayrışmış kayaç	225	64 - 115	15,50

Delicilere ait gürültü maruziyeti sonuçları, ortalama değerler üzerinden, Çizelge 4.22'de verilmiştir. Operatör kabininde kaydedilen eşdeğer ses basıncı değerlerinin (L_{eq}) 74,2 dBA ile 86,6 dBA arasında sıralandığı, ortalama gürültü düzeyinin ise 80,3 dBA olduğu görülmektedir. Diğer yandan 8 saatlik bir vardiyada operatörün 7,5 saat gürültüye maruz kaldığı kabul edildiğinde günlük gürültü maruziyeti ($L_{EX\text{-}8h}$) 74,0 dBA ile 86,3 dBA arasında değişmekte ve ortalama gürültü düzeyi 80,0 dBA olmaktadır. Bu değer maruziyet etkin değeri (85 dBA) ile sınır değerinden (87 dBA) düşüktür.

Delicilere ait gürültü maruziyeti sonuçları işletmeler bazında incelendiğinde açık demir işletmesindeki çalışan delici operatörlerinin daha yüksek (86,6 dBA) ancak açık altın işletmesindeki makine operatörlerinin daha düşük (77,1 dBA) gürültüye maruz kaldığı tespit edilmiştir. Delicilerin işletmelere göre evresel bazda gürültü maruziyeti Şekil 4.14'de verilmektedir.

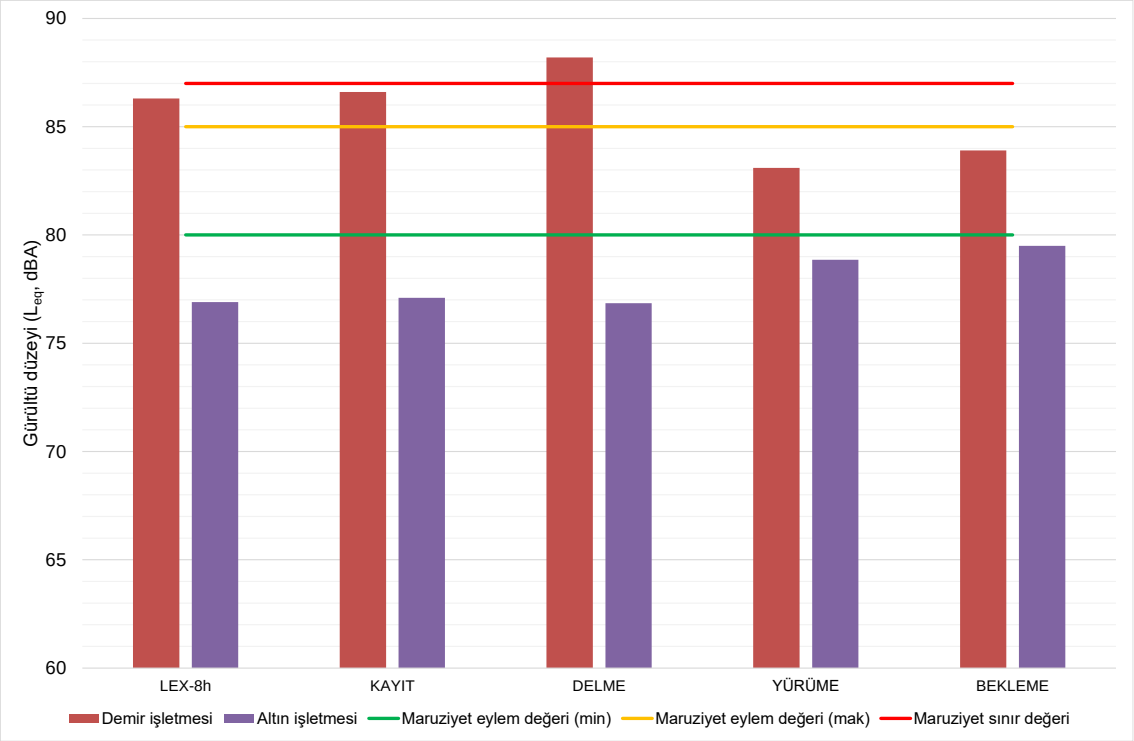
Tez çalışmasında örneklenen tüm deliciler evreler bazında değerlendirildiğinde en yüksek gürültü maruziyeti 81,7 dBA ile BEKLEME evresinde oluşmaktadır. Bunu 80,6 dBA ile DELME izlemektedir. En düşük gürültü maruziyeti 80,3 dBA ile YÜRÜME evresinde meydana gelmektedir.

Gürültü maruziyeti işletmelere göre değerlendirildiğinde ise en yüksek gürültü düzeyinin açık demir işletmesinde DELME, açık altın işletmesinde BEKLEME evrelerinde oluştuğu görülmektedir. Diğer yandan en düşük gürültü maruziyeti açık demir işletmesinde YÜRÜME ve açık altın işletmesinde DELME evrelerinde meydana gelmiştir.

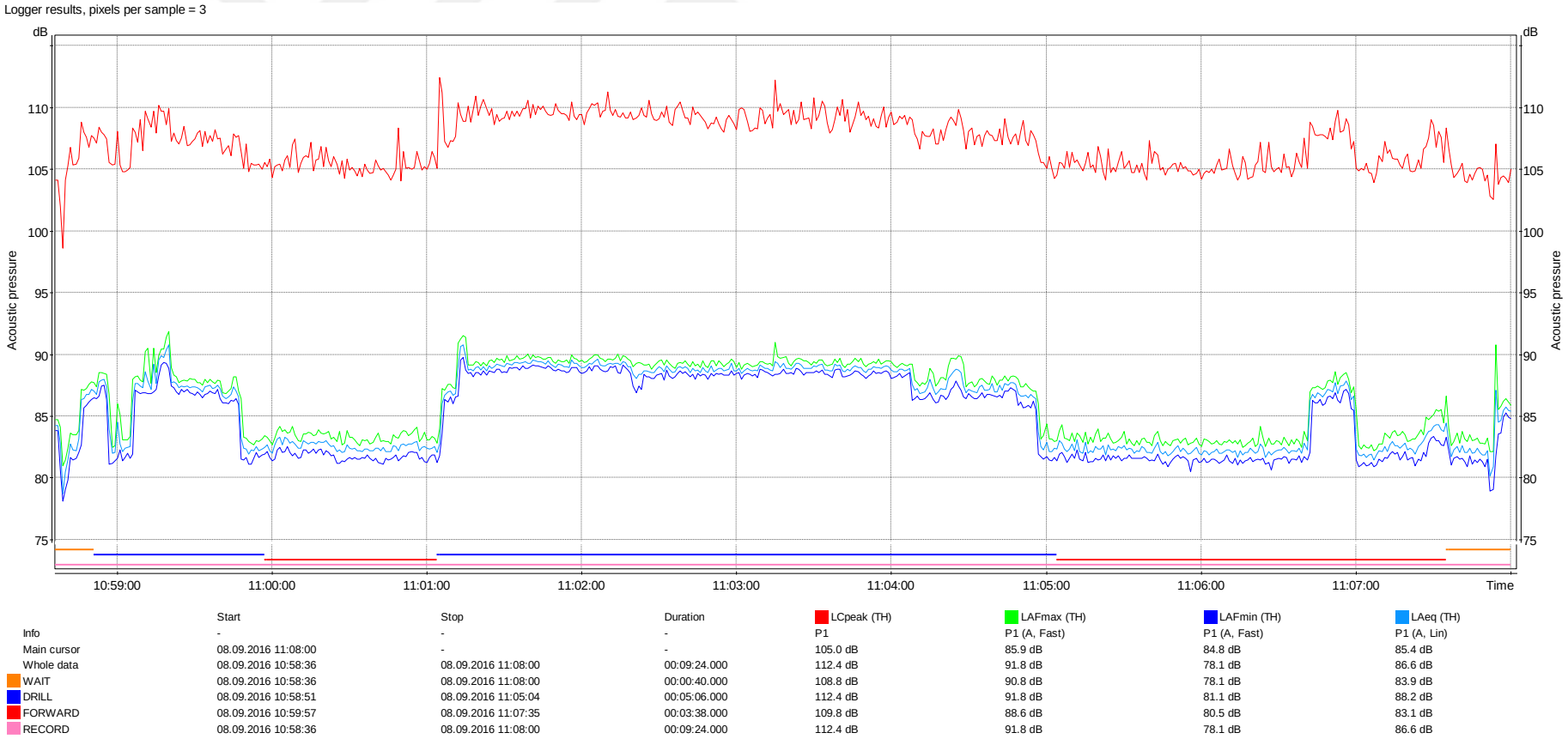
Ölçüm yapılan delicilere ait tipik bir gürültü-zaman kütüğü Şekil 4.15'de sunulmuştur. Zaman kütüğü, tipik delici döngüsünü oluşturan evrelere ayrılmış olup her evrede maruz kalınan gürültü düzeyi Şekil 4.15 üzerinden incelenebilir. Çalışmada örneklenen tüm araçlara ait bireysel gürültü ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.23'de verilmiştir.

Çizelge 4.22 Çalışmada örneklenen delicilerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)

	DELİCİ	LEX-8h	KAYIT	DELME	YÜRÜME	BEKLEME
①	No_1	86,3	86,6	88,2	83,1	83,9
②	No_2	74,0	74,2	73,6	77,0	-
	No_3	79,8	80,0	80,1	80,7	79,5
	En düşük	74,0	74,2	73,6	77,0	79,5
	En yüksek	86,3	86,6	88,2	83,1	83,9
	Genel ortalama	80,0	80,3	80,6	80,3	81,7
①	Demir işletmesi	86,3	86,6	88,2	83,1	83,9
②	Altın işletmesi	76,9	77,1	76,9	78,9	79,5



Şekil 4.14 Delici operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı



	Start	Stop	Duration	LCpeak (TH)	LAFmax (TH)	LAFmin (TH)	LAeq (TH)
Info	-	-	-	P1	P1 (A, Fast)	P1 (A, Fast)	P1 (A, Lin)
Main cursor	08.09.2016 11:08:00	-	-	105.0 dB	85.9 dB	84.8 dB	85.4 dB
Whole data	08.09.2016 10:58:36	08.09.2016 11:08:00	00:09:24.000	112.4 dB	91.8 dB	78.1 dB	86.6 dB
WAIT	08.09.2016 10:58:36	08.09.2016 11:08:00	00:00:40.000	108.8 dB	90.8 dB	78.1 dB	83.9 dB
DRILL	08.09.2016 10:58:51	08.09.2016 11:05:04	00:05:06.000	112.4 dB	91.8 dB	81.1 dB	88.2 dB
FORWARD	08.09.2016 10:59:57	08.09.2016 11:07:35	00:03:38.000	109.8 dB	88.6 dB	80.5 dB	83.1 dB
RECORD	08.09.2016 10:58:36	08.09.2016 11:08:00	00:09:24.000	112.4 dB	91.8 dB	78.1 dB	86.6 dB

Şekil 4.15 Delicilerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_1)

Çizelge 4.23 Çalışmada örneklenen delicilerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
1	Açık demir işletmesi	Kayıt	00:09:24	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,5	91,9	78,1	85,5	86,6	114,1	89,4	86,4	81,7	80,7	86,3	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	112,5	102,9	87,2	94,0	98,1	125,6	99,9	98,0	95,5	92,8	97,8	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	114,2	104,1	88,2	94,1	98,5	126,0	100,5	98,2	96,1	93,2	98,2	2,0
		Delme	00:05:06	A, L_{tepe} C, Hızlı	112,4	91,8	81,1	-	88,2							
		Yürüme	00:03:38	A, L_{tepe} C, Hızlı	109,8	88,6	80,5	-	83,1							
		Bekleme	00:00:40	A, L_{tepe} C, Hızlı	108,8	90,8	78,1	-	83,9							
2	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:13:59	A, L_{tepe} C, Hızlı	134,1	99,9	63,9	69,1	74,3	103,5	75,3	73,0	68,5	66,9	74,0	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	134,1	99,9	63,9	69,1	74,3	103,5	75,3	73,0	68,5	66,9	74,0	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	143,6	134,4	73,5	82,9	98,7	128,0	88,3	83,3	77,3	74,5	98,4	2,0
		Delme	00:12:08	A, L_{tepe} C, Hızlı	134,1	99,9	63,8	-	73,6							
		Yürüme	00:01:51	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,0	91,9	66,5	-	77,0							
		Bekleme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
3	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:07:56	A, L_{tepe} C, Hızlı	137,4	97,8	66,2	76,9	80,0	106,8	81,8	79,8	76,0	70,3	79,8	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	137,4	97,8	66,2	76,9	80,0	106,8	81,8	79,8	76,0	70,3	79,8	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	145,9	136,1	79,7	97,3	103,0	129,8	91,4	88,8	86,0	82,6	102,7	2,0
		Delme	00:07:20	A, L_{tepe} C, Hızlı	137,5	97,8	66,2	-	80,1							
		Yürüme	00:00:07	A, L_{tepe} C, Hızlı	100,5	82,4	79,2	-	80,7							
		Bekleme	00:00:29	A, L_{tepe} C, Hızlı	111,9	88,0	68,3	-	79,5							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

4.10 Hidrolik Kırıcılar

Tez çalışması kapsamında 3 adet hidrolik kırıcıdan gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Kırıcı döngüsünün aşağıdaki evrelerden oluştuğu kabul edilerek, ölçümlerin tipik makine çalışmasını kapsamasına dikkat edilmiş ve araçların iş döngüsünü temsil edecek süre boyunca kayıt alınmıştır. Gürültü ölçümü alınan hidrolik kırıcıların teknik özellikleri Çizelge 4.24'de verilmiştir.

a) Tüm kayıt (RECORD; Kırıcıların tipik iş döngüsündeki tüm evreleri kapsamakta ve ölçüm yapılan toplam süredeki gürültü maruziyetini göstermektedir. Ancak hareketin başında operatörün koltuğa yerleşme ve hareketin sonunda koltuktan kalkma çabalarından kaynaklanabilen çok yüksek gürültü ayıklanarak, analizlerden çıkartılmıştır.)
b) İleri yürüme (FORWARD; Hidrolik kırıcının diğer bir patara doğru ilerleme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
c) Bekleme (WAIT; Hidrolik kırıcı herhangi bir evre içerisinde iken durmak ve motor devinimi askıda iken hareketsiz olarak beklemek durumunda kaldığında, ayrı bir evre olarak alınmakta ve bu sırada maruz kalınan gürültü kaydedilmektedir.)
d) Kırma (BREAK; Kırma işlemi gerçekleştirilirken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)

Çizelge 4.24 Çalışmada ölçüm alınan hidrolik kırıcıların teknik özellikleri

İşyeri	Kırıcı no	İmal yılı	Çalışılan malzeme	Motor gücü (HP)	Çalışma kütlesi (ton)
Kireçtaşı işletmesi	1	2014	Sert kireçtaşı patarları (ocak)	271	38,35
Altın işletmesi	2	2009	Sert kireçtaşı patarları (yol)	379	45,38
Altın işletmesi	3	2013	Sert kireçtaşı şev kesme (yol)	188	26,90

Kırıcılara ait gürültü maruziyeti sonuçları, ortalama değerler üzerinden, Çizelge 4.25'de verilmiştir. Operatör kabininde kaydedilen eşdeğer ses basıncı değerlerinin (L_{eq}) 81,6 dBA ile 84,0 dBA arasında sıralandığı, ortalama gürültü düzeyinin ise 83,0 dBA olduğu görülmektedir. Diğer yandan 8 saatlik bir vardiyada operatörün 7,5 saat gürültüye maruz kaldığı kabul edildiğinde günlük gürültü maruziyeti ($L_{EX\text{-}8h}$) 81,3 dBA ile 83,7 dBA arasında değişmekte ve ortalama gürültü düzeyi 82,7 dBA olmaktadır. Bu değer maruziyet etkin değeri (85 dBA) ile sınır değerinden (87 dBA) düşüktür.

Hidrolik kırıcılara ait gürültü maruziyeti sonuçları işletmeler bazında incelendiğinde açık kireçtaşı işletmesindeki çalışan kırıcı operatörlerinin daha düşük (81,6 dBA) ancak açık altın işletmesindeki makine operatörlerinin daha yüksek (83,7 dBA) gürültüye maruz kaldığı tespit edilmiştir. Kırıcıların işletmelere göre evresel bazda gürültü maruziyeti Şekil 4.16'da verilmektedir.

Tez çalışmasında örneklenen tüm kırıcılar evreler bazında değerlendirildiğinde en yüksek gürültü maruziyeti 83,5 dBA ile YÜRÜME evresinde oluşmaktadır. Bunu 83,3 dBA ile KIRMA

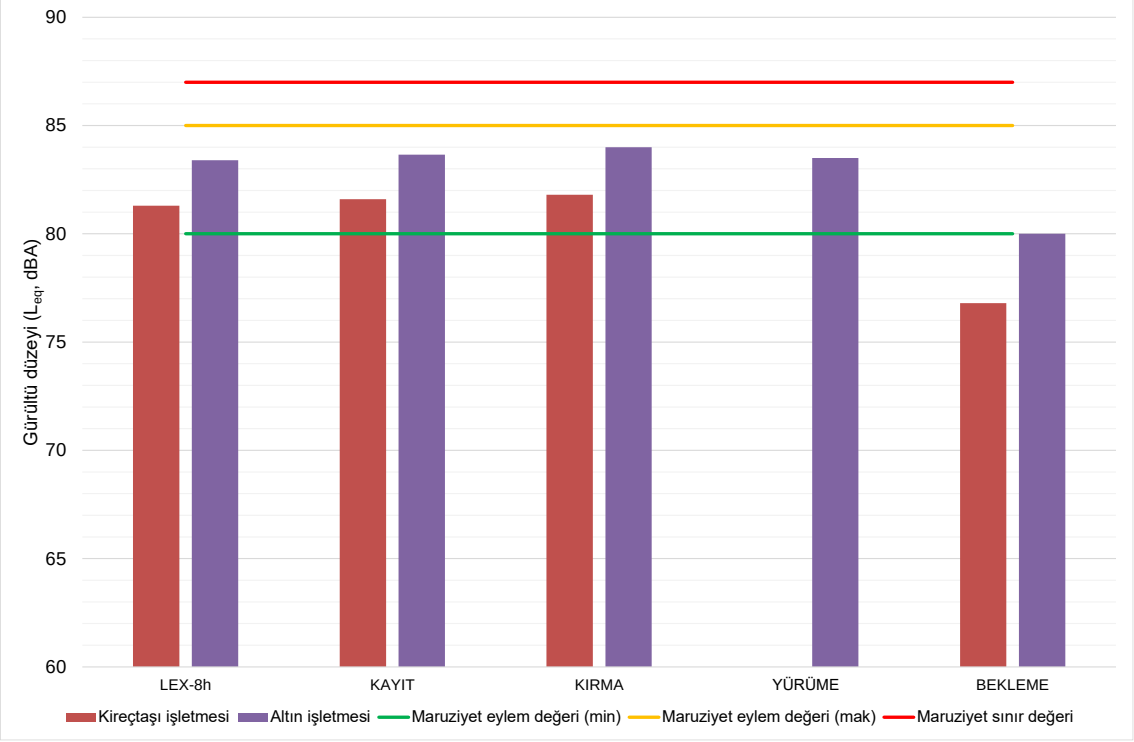
izlemektedir. En düşük gürültü maruziyeti 78,9 dBA ile BEKLEME evresinde meydana gelmektedir.

Gürültü maruziyeti işletmelere göre değerlendirildiğinde ise en yüksek gürültü düzeyinin açık kireçtaşı ve altın işletmelerinde KIRMA evresinde oluştuğu görülmektedir. Diğer yandan en düşük gürültü maruziyeti yine her iki işletmede BEKLEME evresinde meydana gelmiştir.

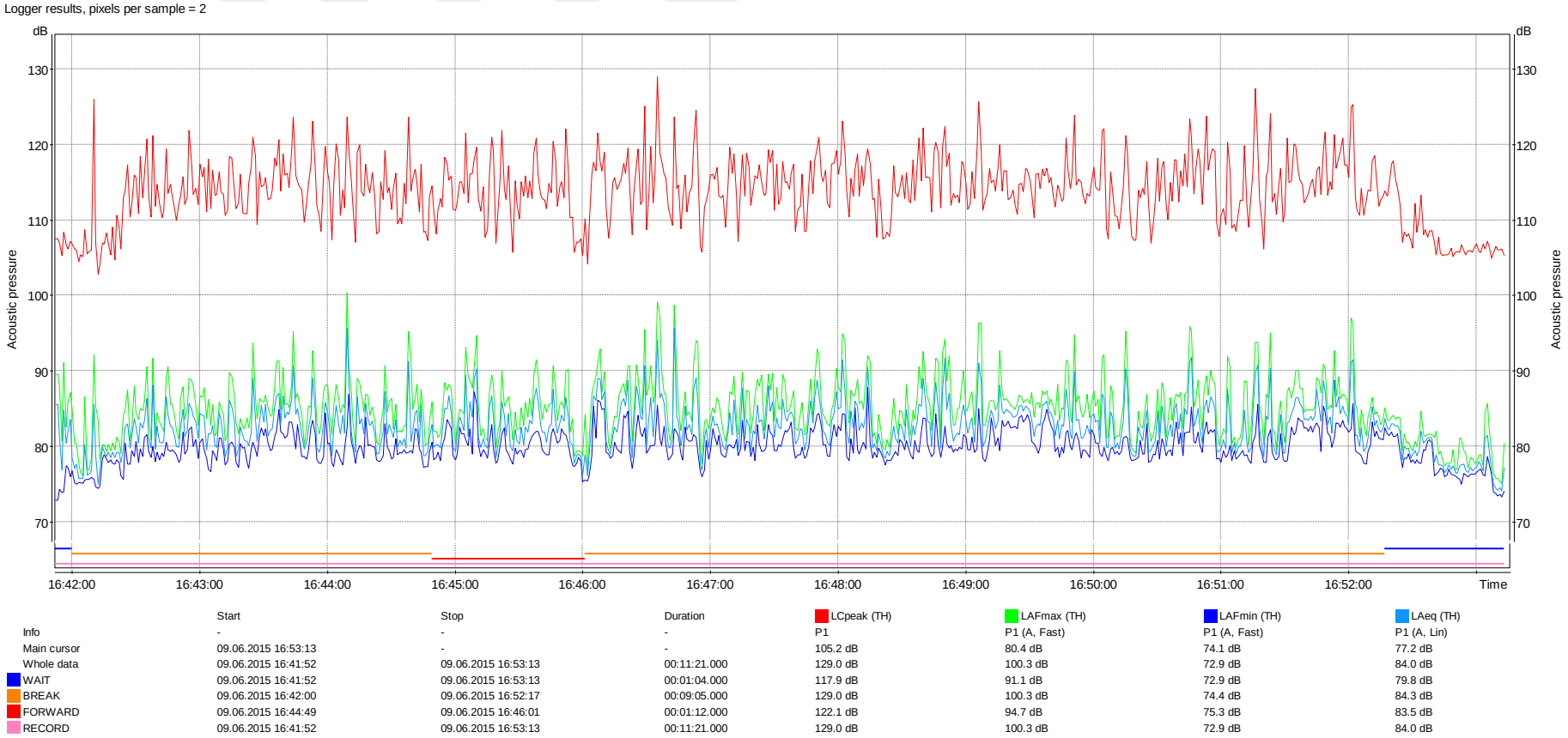
Ölçüm yapılan hidrolik kırıcılara ait tipik bir gürültü-zaman kütüğü Şekil 4.17'de sunulmuştur. Zaman kütüğü, tipik kırıcı döngüsünü oluşturan evrelere ayrılmış olup her evrede maruz kalınan gürültü düzeyi Şekil 4.17 üzerinden incelenebilir. Çalışmada örneklenen tüm araçlara ait bireysel gürültü ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.25 Çalışmada örneklenen hidrolik kırıcıların eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)

	HİDROLİK KIRICI	LEX-8h	KAYIT	KIRMA	YÜRÜME	BEKLEME
①	No_1	81,3	81,6	81,8	-	76,8
②	No_2	83,7	84,0	84,3	83,5	79,8
	No_3	83,1	83,3	83,7	-	80,2
	En düşük	81,3	81,6	81,8	83,5	76,8
	En yüksek	83,7	84,0	84,3	83,5	80,2
	Genel ortalama	82,7	83,0	83,3	83,5	78,9
①	Kireçtaşı işletmesi	81,3	81,6	81,8	-	76,8
②	Altın işletmesi	83,4	83,7	84,0	83,5	80,0



Şekil 4.16 Hidrolik kırıcı operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı



	Start	Stop	Duration	LCpeak (TH)	LAFmax (TH)	LAFmin (TH)	LAeq (TH)
Info	-	-	-	P1	P1 (A, Fast)	P1 (A, Fast)	P1 (A, Lin)
Main cursor	09.06.2015 16:53:13	-	-	105.2 dB	80.4 dB	74.1 dB	77.2 dB
Whole data	09.06.2015 16:41:52	09.06.2015 16:53:13	00:11:21.000	129.0 dB	100.3 dB	72.9 dB	84.0 dB
WAIT	09.06.2015 16:41:52	09.06.2015 16:53:13	00:01:04.000	117.9 dB	91.1 dB	72.9 dB	79.8 dB
BREAK	09.06.2015 16:42:00	09.06.2015 16:52:17	00:09:05.000	129.0 dB	100.3 dB	74.4 dB	84.3 dB
FORWARD	09.06.2015 16:44:49	09.06.2015 16:46:01	00:01:12.000	122.1 dB	94.7 dB	75.3 dB	83.5 dB
RECORD	09.06.2015 16:41:52	09.06.2015 16:53:13	00:11:21.000	129.0 dB	100.3 dB	72.9 dB	84.0 dB

Şekil 4.17 Hidrolik kırıcıların tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_2)

Çizelge 4.26 Çalışmada örneklenen hidrolik kırıcıların ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
1	Açık kireçtaşı işletmesi	Kayıt	00:15:16	A, L_{tepe} C, Hızlı	134,5	99,8	66,1	74,0	81,6	111,3	84,2	77,8	72,5	69,0	81,3	2,0
				C, L_{tepe} C, Hızlı	134,5	125,2	80,7	85,2	103,5	133,1	106,9	100,9	89,6	84,4	103,2	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	143,4	133,9	81,8	85,8	108,7	138,3	111,9	105,4	92,7	85,4	108,4	2,1
		Kırma	00:14:33	A, L_{tepe} C, Hızlı	125,6	99,8	68,4	-	81,8							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Bekleme	00:00:43	A, L_{tepe} C, Hızlı	134,4	98,1	66,1	-	76,8							
2	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:11:21	A, L_{tepe} C, Hızlı	129,0	100,3	72,8	78,8	84,0	112,3	86,7	81,6	78,0	75,0	83,7	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	129,0	100,3	72,8	78,8	84,0	112,3	86,7	81,6	78,0	75,0	83,7	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	136,9	129,2	94,2	97,4	108,2	136,5	111,7	105,2	98,6	96,1	107,9	2,0
		Kırma	00:09:05	A, L_{tepe} C, Hızlı	129,0	100,3	74,4	-	84,3							
		Yürüme	00:01:12	A, L_{tepe} C, Hızlı	122,1	94,7	75,3	-	83,5							
		Bekleme	00:01:04	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,9	91,1	72,9	-	79,8							
3	Açık altın işletmesi	Kayıt	00:13:44	A, L_{tepe} C, Hızlı	132,2	100,4	69,6	73,4	83,4	112,6	85,7	81,5	76,0	72,9	83,1	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	132,2	100,4	69,6	73,4	83,4	112,6	85,7	81,5	76,0	72,9	83,1	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	135,4	125,5	85,8	87,3	105,5	134,7	109,1	101,8	90,4	87,5	105,1	2,1
		Kırma	00:11:44	A, L_{tepe} C, Hızlı	132,0	100,2	71,5	-	83,7							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Bekleme	00:02:00	A, L_{tepe} C, Hızlı	120,1	92,6	69,4	-	80,2							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

4.11 Döner Kepçeli Ekskavatörler

Tez çalışması kapsamında 3 adet DKE'den gürültü ölçümü kaydedilmiştir. DKE döngüsünün aşağıdaki evrelerden oluştuğu kabul edilerek, ölçümlerin tipik makine çalışmasını kapsamasına dikkat edilmiş ve kazıcıların iş döngüsünü temsil edecek süre boyunca kayıt alınmıştır. Gürültü ölçümü alınan DKE'lerin teknik özellikleri Çizelge 4.27'de verilmiştir.

a) Tüm kayıt (RECORD; Kazıcıların tipik iş döngüsündeki tüm evreleri kapsamakta ve ölçüm yapılan toplam süredeki gürültü maruziyetini göstermektedir. Ancak hareketin başında operatörün koltuğa yerleşme ve hareketin sonunda koltuktan kalkma çabalarından kaynaklanabilen çok yüksek gürültü ayıklanarak, analizlerden çıkartılmıştır.)
b) İleri yürüme (FORWARD; DKE diğer bir aynaya doğru ilerleme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
c) Kazı (DIG; Kazı işlemi gerçekleştirilirken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)

Çizelge 4.27 Çalışmada ölçüm alınan DKE'lerin teknik özellikleri

İşyeri	DKE no	İmal yılı	Çalışılan malzeme	Motor gücü (HP)	Kova kapasitesi (L)	Çalışma kütlesi (ton)
Kömür işletmesi	1	1981	Kil (ıslak)	5364	1750	3115
Kömür işletmesi	2	1981	Kil (ıslak)	5364	1750	3115
Kömür işletmesi	3	1981	Konglomera ve toprak (kuru)	5364	1750	3115

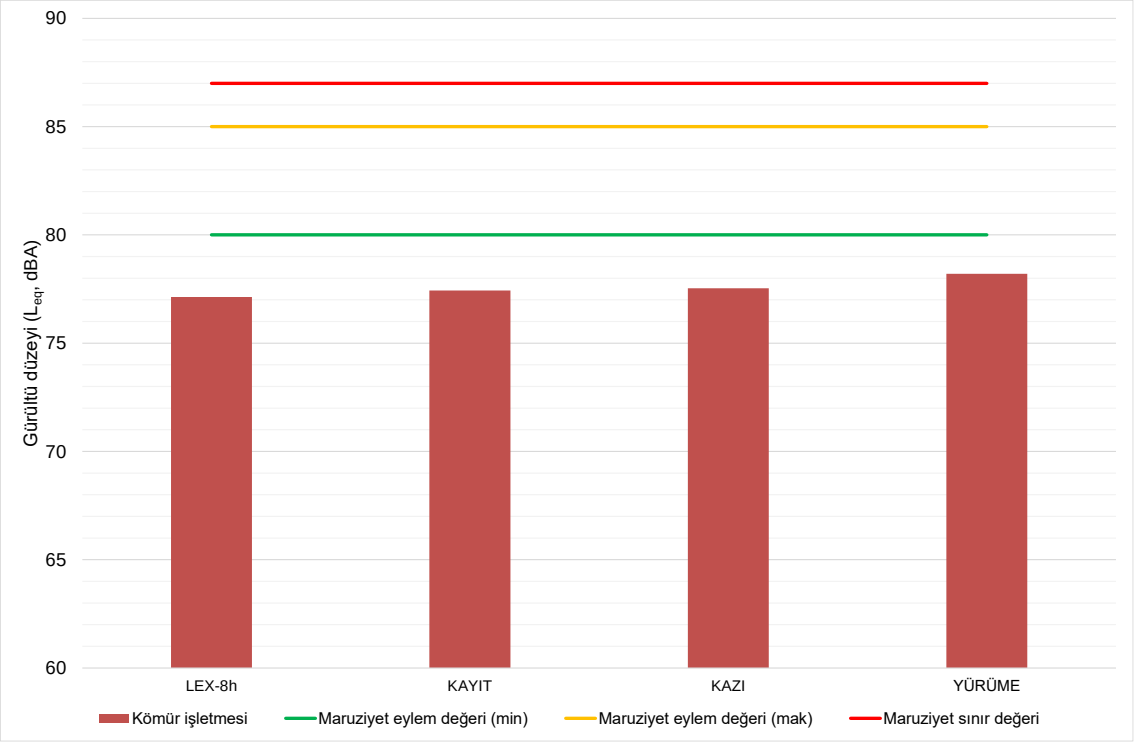
DKE'lere ait gürültü maruziyeti sonuçları, ortalama değerler üzerinden, Çizelge 4.28'de verilmiştir. Operatör kabininde kaydedilen eşdeğer ses basıncı değerlerinin (L_{eq}) 73,4 dBA ile 80,2 dBA arasında sıralandığı, ortalama gürültü düzeyinin ise 77,4 dBA olduğu görülmektedir. Diğer yandan 8 saatlik bir vardiyada operatörün 7,5 saat gürültüye maruz kaldığı kabul edildiğinde günlük gürültü maruziyeti ($L_{EX\text{-}8h}$) 73,1 dBA ile 79,9 dBA arasında değişmekte ve ortalama gürültü düzeyi 77,1 dBA olmaktadır. Bu değer maruziyet etkin değeri (85 dBA) ile sınır değerinden (87 dBA) düşüktür. DKE'lerin işletmeye göre evresel bazda gürültü maruziyeti Şekil 4.18'de verilmektedir.

Tez çalışmasında örneklenen tüm DKE'ler evreler bazında değerlendirildiğinde en yüksek gürültü maruziyeti 78,2 dBA ile YÜRÜME evresinde oluşmaktadır. En düşük gürültü maruziyeti ise 77,5 dBA ile KAZI evresinde meydana gelmektedir.

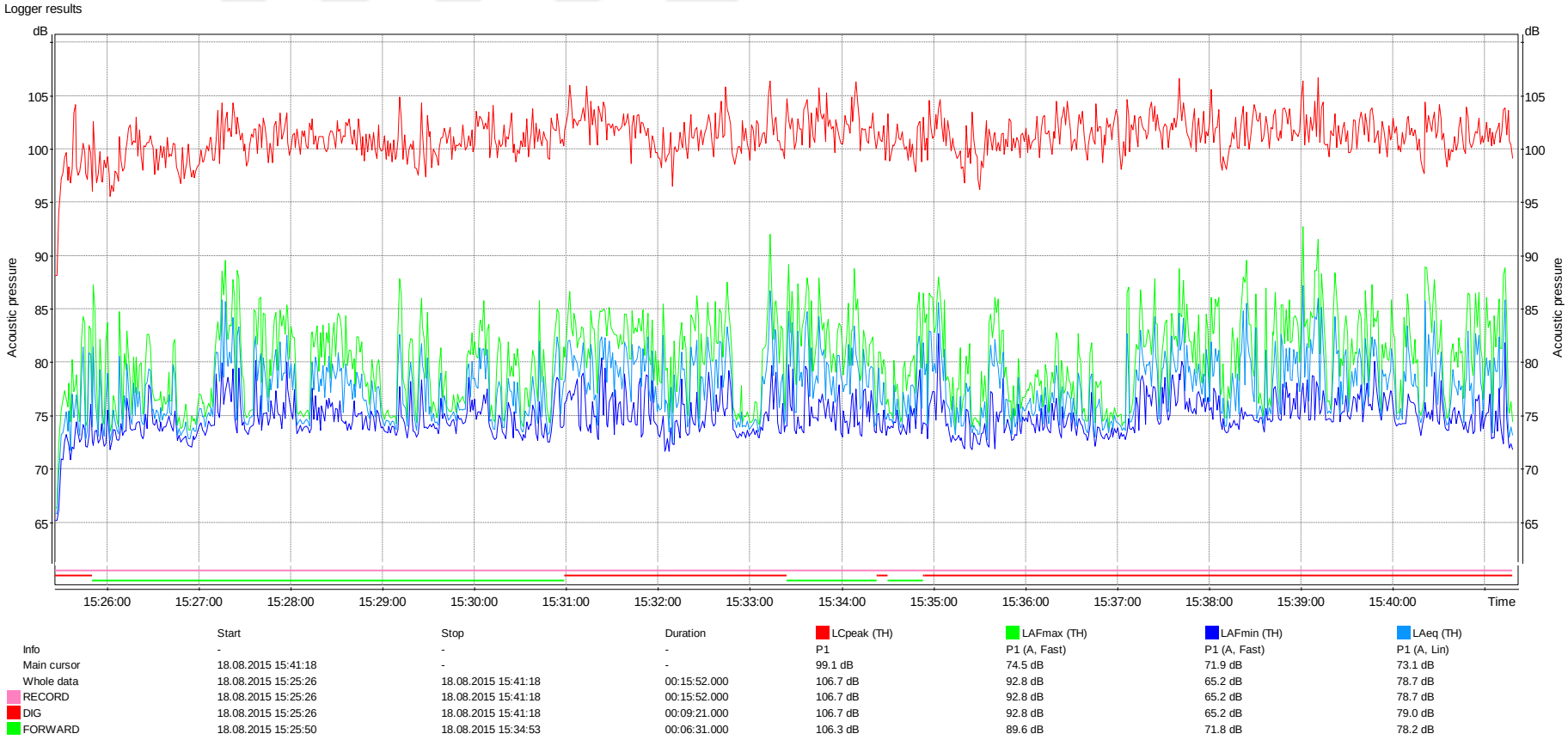
Ölçüm yapılan DKE'lere ait tipik bir gürültü-zaman kütüğü Şekil 4.19'da sunulmuştur. Zaman kütüğü, tipik kırıcı döngüsünü oluşturan evrelere ayrılmış olup her evrede maruz kalınan gürültü düzeyi Şekil 4.19 üzerinden incelenebilir. Çalışmada örneklenen tüm araçlara ait bireysel gürültü ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4.28 Çalışmada örneklenen DKE'lerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)

	DKE	LEX-8h	KAYIT	KAZI	YÜRÜME
①	No_1	79,9	80,2	80,2	-
	No_2	78,4	78,7	79,0	78,2
	No_3	73,1	73,4	73,4	-
	En düşük	73,1	73,4	73,4	78,2
	En yüksek	79,9	80,2	80,2	78,2
	Genel ortalama	77,1	77,4	77,5	78,2
①	Kömür işletmesi	77,1	77,4	77,5	78,2



Şekil 4.18 DKE operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı



	Start	Stop	Duration	LCpeak (TH)	LAFmax (TH)	LAFmin (TH)	LAeq (TH)
Info	-	-	-	P1	P1 (A, Fast)	P1 (A, Fast)	P1 (A, Lin)
Main cursor	18.08.2015 15:41:18	-	-	99.1 dB	74.5 dB	71.9 dB	73.1 dB
Whole data	18.08.2015 15:25:26	18.08.2015 15:41:18	00:15:52.000	106.7 dB	92.8 dB	65.2 dB	78.7 dB
RECORD	18.08.2015 15:25:26	18.08.2015 15:41:18	00:15:52.000	106.7 dB	92.8 dB	65.2 dB	78.7 dB
DIG	18.08.2015 15:25:26	18.08.2015 15:41:18	00:09:21.000	106.7 dB	92.8 dB	65.2 dB	79.0 dB
FORWARD	18.08.2015 15:25:50	18.08.2015 15:34:53	00:06:31.000	106.3 dB	89.6 dB	71.8 dB	78.2 dB

Şekil 4.19 Döner kepçeli ekskavatörlerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_2)

Çizelge 4.29 Çalışmada örneklenen döner kepçeli ekskavatörlerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
1	Açık kömür işletmesi	Kayıt	00:30:55	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,1	97,6	61,7	66,5	80,2	112,8	84,1	72,8	65,5	63,7	79,9	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	116,1	97,6	61,7	66,5	80,2	112,8	84,1	72,8	65,5	63,7	79,9	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	128,8	121,0	86,4	96,8	99,7	132,4	102,8	98,4	93,9	90,1	99,5	2,0
		Kazı	00:30:55	A, L_{tepe} C, Hızlı	116,2	97,7	61,7	-	80,2							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
2	Açık kömür işletmesi	Kayıt	00:15:52	A, L_{tepe} C, Hızlı	106,7	92,8	65,3	71,9	78,7	108,5	82,0	75,9	73,4	72,0	78,4	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	106,7	92,8	65,3	71,9	78,7	108,5	82,0	75,9	73,4	72,0	78,4	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	114,0	108,4	77,9	99,0	99,1	128,9	102,2	97,8	92,9	89,1	98,8	2,0
		Kazı	00:09:21	A, L_{tepe} C, Hızlı	106,7	92,8	65,2	-	79,0							
		Yürüme	00:06:31	A, L_{tepe} C, Hızlı	106,3	89,6	71,8	-	78,2							
3	Açık kömür işletmesi	Kayıt	00:21:18	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,1	90,9	59,5	70,3	73,4	104,4	76,6	68,0	64,1	61,2	73,1	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	117,1	90,9	59,5	70,3	73,4	104,4	76,6	68,0	64,1	61,2	73,1	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	126,3	118,7	87,5	104,9	103,8	134,9	106,8	101,8	96,5	91,4	103,5	2,0
		Kazı	00:21:18	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,2	90,9	59,5	-	73,4							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

4.12 DKE Aktarma Araçları

Tez çalışması kapsamında 3 adet DKE aktarma aracından gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Aktarma aracı döngüsünün aşağıdaki evrelerden oluştuğu kabul edilerek, ölçümlerin tipik makine çalışmasını kapsamasına dikkat edilmiş ve birimlerin iş döngüsünü temsil edecek süre boyunca kayıt alınmıştır. Gürültü ölçümü alınan aktarma araçlarının teknik özellikleri Çizelge 4.30'da verilmiştir.

a) Tüm kayıt (RECORD; Aktarma araçlarının tipik iş döngüsündeki tüm evreleri kapsamakta ve ölçüm yapılan toplam süredeki gürültü maruziyetini göstermektedir. Ancak hareketin başında operatörün koltuğa yerleşme ve hareketin sonunda koltuktan kalkma çabalarından kaynaklanabilen çok yüksek gürültü ayıklanarak, analizlerden çıkartılmıştır.)
b) İleri yürüme (FORWARD; Aktarma aracı basamak bandı boyunca ilerleme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
c) İletim (TRANSFER; İletim işlemi gerçekleştirilirken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)

Çizelge 4.30 Çalışmada ölçüm alınan aktarma araçlarının teknik özellikleri

İşyeri	Araç no	İmal yılı	Çalışılan malzeme	Motor gücü (HP)	İletim kapasitesi (L)	Çalışma kütlesi (ton)
Kömür işletmesi	1	1981	Kil (ıslak)	-	3000	-
Kömür işletmesi	2	1981	Kil (ıslak)	-	3000	-
Kömür işletmesi	3	1981	Konglomera ve toprak (kuru)	-	3000	-

Aktarma araçlarına ait gürültü maruziyeti sonuçları, ortalama değerler üzerinden, Çizelge 4.31'de verilmiştir. Operatör kabininde kaydedilen eşdeğer ses basıncı değerlerinin (L_{eq}) 75,6 dBA ile 80,7 dBA arasında sıralandığı, ortalama gürültü düzeyinin ise 78,3 dBA olduğu görülmektedir. Diğer yandan 8 saatlik bir vardiyada operatörün 7,5 saat gürültüye maruz kaldığı kabul edildiğinde günlük gürültü maruziyeti ($L_{EX\text{-}8h}$) 75,4 dBA ile 80,4 dBA arasında değişmekte ve ortalama gürültü düzeyi 78,0 dBA olmaktadır. Bu değer maruziyet etkin değeri (85 dBA) ile sınır değerinden (87 dBA) düşüktür. DKE aktarma araçlarının işletmeye göre evresel bazda gürültü maruziyeti Şekil 4.20'de verilmektedir.

Tez çalışmasında örneklenen tüm aktarma araçları evreler bazında değerlendirildiğinde en yüksek gürültü maruziyeti 78,4 dBA ile İLETİM evresinde oluşmaktadır. En düşük gürültü maruziyeti ise 77,8 dBA ile YÜRÜME evresinde meydana gelmektedir.

Ölçüm yapılan aktarma araçlarına ait tipik bir gürültü-zaman kütüğü Şekil 4.21'de sunulmuştur. Zaman kütüğü, tipik araç döngüsünü oluşturan evrelere ayrılmış olup her evrede maruz kalınan

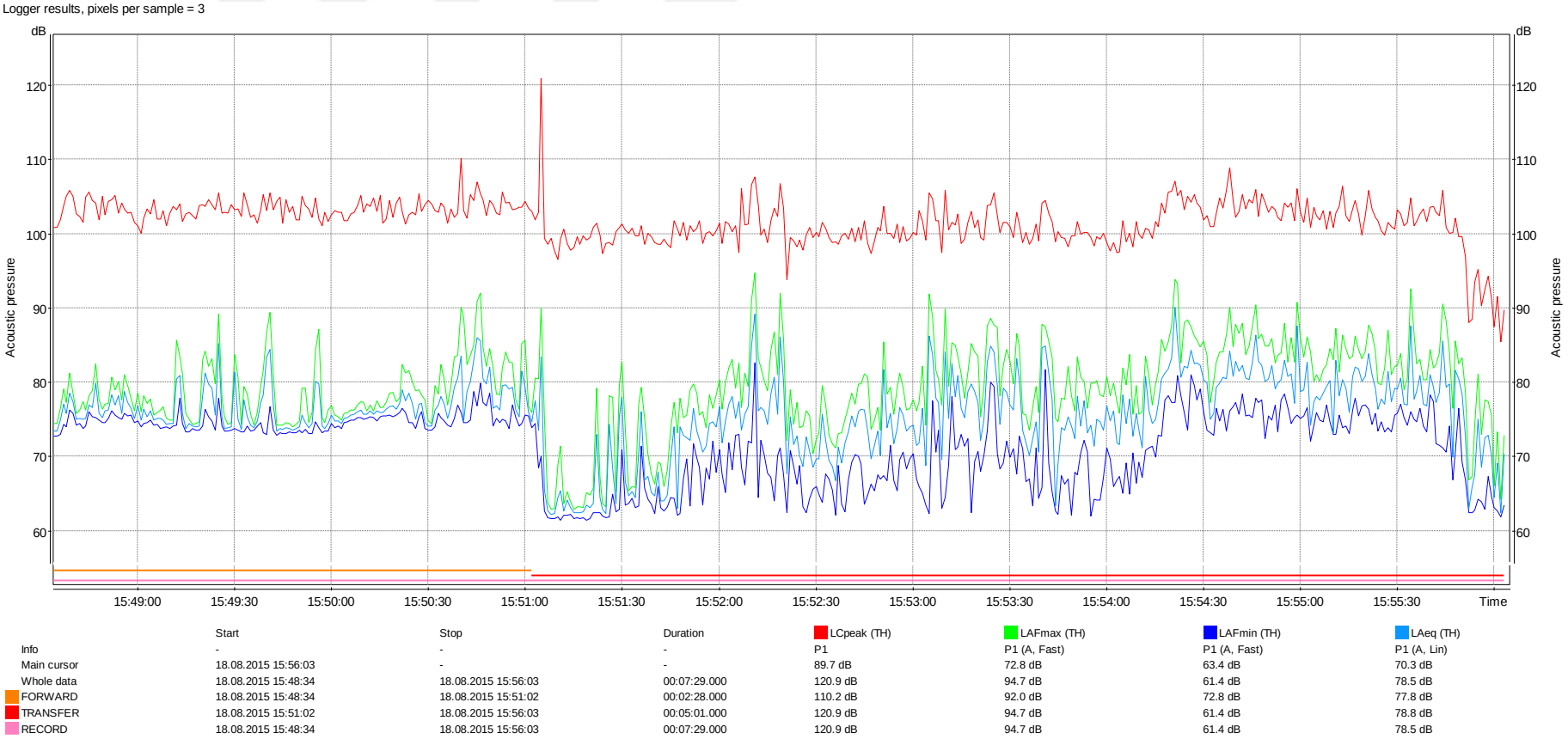
gürültü düzeyi Şekil 4.21 üzerinden incelenebilir. Çalışmada örneklenen tüm araçlara ait bireysel gürültü ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Çizelge 4.31 Çalışmada örneklenen DKE aktarma araçlarının eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)

	AKTARMA ARACI	LEX-8h	KAYIT	İLETİM	YÜRÜME
ⓘ	No_1	80,4	80,7	80,7	-
	No_2	78,2	78,5	78,8	77,8
	No_3	75,4	75,6	75,6	-
	En düşük	75,4	75,6	75,6	77,8
	En yüksek	80,4	80,7	80,7	77,8
	Genel ortalama	78,0	78,3	78,4	77,8
ⓘ	Kömür işletmesi	78,0	78,3	78,4	77,8



Şekil 4.20 DKE aktarma aracı operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı



	Start	Stop	Duration	LCpeak (TH)	LAFmax (TH)	LAFmin (TH)	LAeq (TH)
Info	-	-	-	P1	P1 (A, Fast)	P1 (A, Fast)	P1 (A, Lin)
Main cursor	18.08.2015 15:56:03	-	-	89.7 dB	72.8 dB	63.4 dB	70.3 dB
Whole data	18.08.2015 15:48:34	18.08.2015 15:56:03	00:07:29.000	120.9 dB	94.7 dB	61.4 dB	78.5 dB
FORWARD	18.08.2015 15:48:34	18.08.2015 15:51:02	00:02:28.000	110.2 dB	92.0 dB	72.8 dB	77.8 dB
TRANSFER	18.08.2015 15:51:02	18.08.2015 15:56:03	00:05:01.000	120.9 dB	94.7 dB	61.4 dB	78.8 dB
RECORD	18.08.2015 15:48:34	18.08.2015 15:56:03	00:07:29.000	120.9 dB	94.7 dB	61.4 dB	78.5 dB

Şekil 4.21 DKE aktarma araçlarının tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_2)

Çizelge 4.32 Çalışmada örneklenen DKE aktarma araçlarının ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
1	Açık kömür işletmesi	Kayıt	00:10:06	A, L_{tepe} C, Hızlı	111,5	99,0	71,5	73,3	80,7	108,5	83,5	74,6	72,4	71,7	80,4	2,1
				A, L_{tepe} C, Hızlı	111,5	99,0	71,5	73,3	80,7	108,5	83,5	74,6	72,4	71,7	80,4	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	114,3	106,8	90,6	100,8	99,4	127,2	102,1	98,6	94,8	91,5	99,1	2,0
		Transfer	00:10:06	A, L_{tepe} C, Hızlı	111,5	99,0	71,5	-	80,7							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
2	Açık kömür işletmesi	Kayıt	00:07:29	A, L_{tepe} C, Hızlı	120,9	94,7	61,4	68,3	78,5	105,0	81,9	74,7	64,0	61,9	78,2	2,1
				A, L_{tepe} C, Hızlı	120,9	94,7	61,4	68,3	78,5	105,0	81,9	74,7	64,0	61,9	78,2	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	129,1	122,1	82,2	82,8	97,9	124,5	100,4	96,6	92,7	83,8	97,7	2,0
		Transfer	00:05:01	A, L_{tepe} C, Hızlı	120,9	94,7	61,4	-	78,8							
		Yürüme	00:02:28	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,2	92,0	72,8	-	77,8							
3	Açık kömür işletmesi	Kayıt	00:07:04	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,4	92,8	60,3	63,3	75,7	101,9	78,5	69,9	64,0	62,0	75,4	2,1
				A, L_{tepe} C, Hızlı	117,4	92,8	60,3	63,3	75,7	101,9	78,5	69,9	64,0	62,0	75,4	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	127,6	121,5	88,5	97,4	100,8	127,0	103,4	98,1	93,6	89,6	100,5	2,0
		Transfer	00:07:04	A, L_{tepe} C, Hızlı	117,4	92,8	60,3	-	75,7							
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

4.13 Dökücüler

Tez çalışması kapsamında 3 adet dökücüden gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Dökücü döngüsünün aşağıdaki evrelerden oluştuğu kabul edilerek, ölçümlerin tipik makine çalışmasını kapsamasına dikkat edilmiş ve birimlerin iş döngüsünü temsil edecek süre boyunca kayıt alınmıştır. Gürültü ölçümü alınan dökücülerin teknik özellikleri Çizelge 4.33'de verilmiştir.

a) Tüm kayıt (RECORD; Dökücülerin tipik iş döngüsündeki tüm evreleri kapsamakta ve ölçüm yapılan toplam süredeki gürültü maruziyetini göstermektedir. Ancak hareketin başında operatörün koltuğa yerleşme ve hareketin sonunda koltuktan kalkma çabalarından kaynaklanabilen çok yüksek gürültü ayıklanarak, analizlerden çıkartılmıştır.)
b) Döküm (TRANSFER; Döküm işlemi gerçekleştirilirken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)

Çizelge 4.33 Çalışmada ölçüm alınan dökücülerin teknik özellikleri

İşyeri	Dökücü no	İmal yılı	Çalışılan malzeme	Motor gücü (HP)	İletim kapasitesi (L)	Çalışma kütlesi (ton)
Kömür işletmesi	1	1981	Kil (gevşek)	-	5600	861
Kömür işletmesi	2	1981	Kil (gevşek)	-	5600	861
Kömür işletmesi	3	1981	Kil (gevşek)	-	5600	861

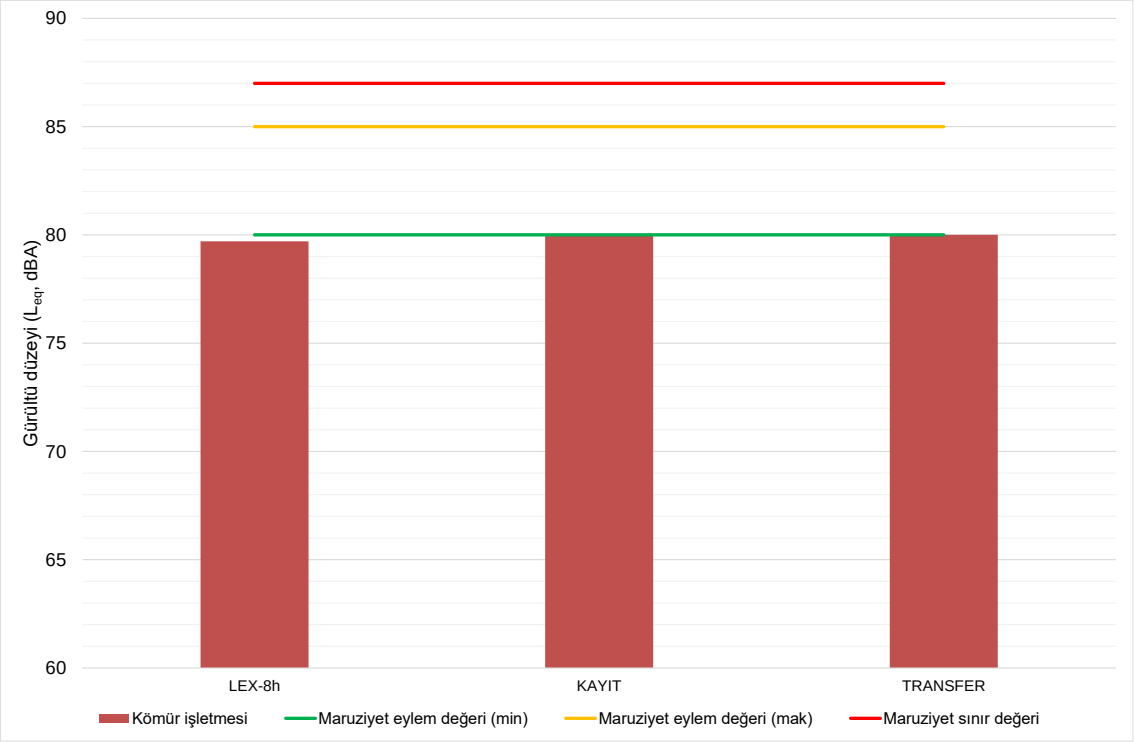
Dökücülere ait gürültü maruziyeti sonuçları, ortalama değerler üzerinden, Çizelge 4.34'de verilmiştir. Operatör kabininde kaydedilen eşdeğer ses basıncı değerlerinin (L_{eq}) 78,3 dBA ile 81,3 dBA arasında sıralandığı, ortalama gürültü düzeyinin ise 80,0 dBA olduğu görülmektedir. Diğer yandan 8 saatlik bir vardiyada operatörün 7,5 saat gürültüye maruz kaldığı kabul edildiğinde günlük gürültü maruziyeti ($L_{EX\text{-}8h}$) 78,0 dBA ile 81,0 dBA arasında değişmekte ve ortalama gürültü düzeyi 79,7 dBA olmaktadır. Bu değer maruziyet etkin değeri (85 dBA) ile sınır değerinden (87 dBA) düşüktür. Dökücülerin işletmeye göre evresel bazda gürültü maruziyeti Şekil 4.22'de verilmektedir.

Tez çalışmasında örneklenen tüm dökücüler tek evreye sahiptir. Böylece en yüksek ve en düşük gürültü maruziyeti 80,0 dBA ile TRANSFER evresinde oluşmaktadır.

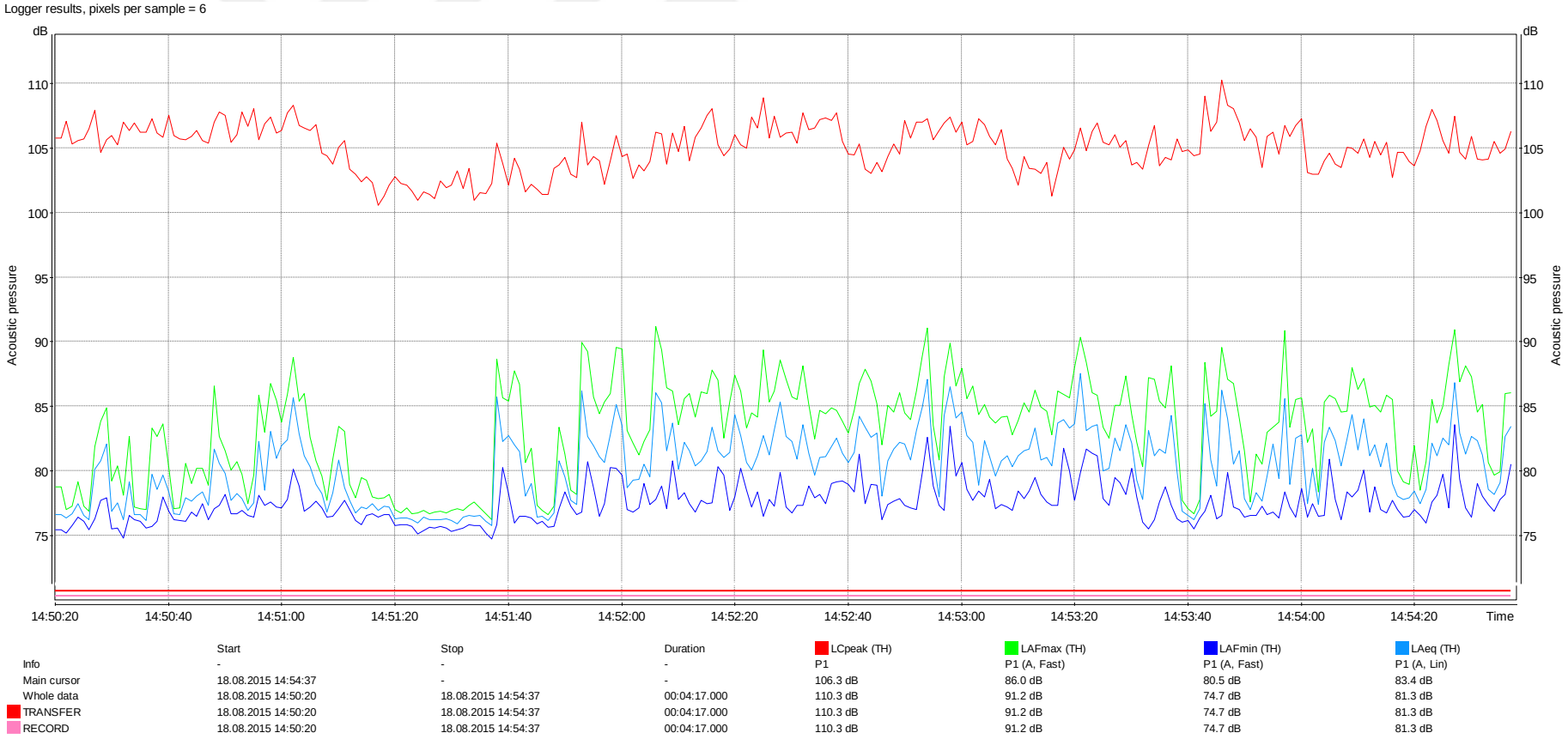
Ölçüm yapılan dökücülere ait tipik bir gürültü-zaman kütüğü Şekil 4.23'de sunulmuştur. Zaman kütüğü, tipik araç döngüsünü oluşturan evrelere ayrılmış olup her evrede maruz kalınan gürültü düzeyi Şekil 4.23 üzerinden incelenebilir. Çalışmada örneklenen tüm araçlara ait bireysel gürültü ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.35'de verilmiştir.

Çizelge 4.34 Çalışmada örneklenen dökücülerin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)

	DÖKÜCÜ	LEX-8h	KAYIT	TRANSFER
①	No_1	80,1	80,4	80,4
	No_2	78,0	78,3	78,3
	No_3	81,0	81,3	81,3
	En düşük	78,0	78,3	78,3
	En yüksek	81,0	81,3	81,3
	Genel ortalama	79,7	80,0	80,0
①	Kömür işletmesi	79,7	80,0	80,0



Şekil 4.22 Dökücü operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı



	Start	Stop	Duration	LCpeak (TH)	LAFmax (TH)	LAFmin (TH)	LAeq (TH)
Info	-	-	-	P1	P1 (A, Fast)	P1 (A, Fast)	P1 (A, Lin)
Main cursor	18.08.2015 14:54:37	-	-	106.3 dB	86.0 dB	80.5 dB	83.4 dB
Whole data	18.08.2015 14:50:20	18.08.2015 14:54:37	00:04:17.000	110.3 dB	91.2 dB	74.7 dB	81.3 dB
TRANSFER	18.08.2015 14:50:20	18.08.2015 14:54:37	00:04:17.000	110.3 dB	91.2 dB	74.7 dB	81.3 dB
RECORD	18.08.2015 14:50:20	18.08.2015 14:54:37	00:04:17.000	110.3 dB	91.2 dB	74.7 dB	81.3 dB

Şekil 4.23 Dökücülerin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_3)

Çizelge 4.35 Çalışmada örneklenen dökücülerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
1	Açık kömür işletmesi	Kayıt	00:05:02	A, L_{tepe} C, Hızlı	109,6	96,7	72,5	75,3	80,4	105,2	83,2	76,3	74,1	73,0	80,1	2,1
				A, L_{tepe} C, Hızlı	109,6	96,7	72,5	75,3	80,4	105,2	83,2	76,3	74,1	73,0	80,1	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	112,8	104,0	88,9	93,6	97,6	122,4	100,3	96,9	93,2	90,0	97,3	2,0
		Transfer	00:05:02	A, L_{tepe} C, Hızlı	109,6	96,7	72,5	-	80,4							
2	Açık kömür işletmesi	Kayıt	00:05:24	A, L_{tepe} C, Hızlı	108,6	94,3	73,2	74,2	78,3	103,4	80,0	76,5	75,1	74,0	78,0	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	108,6	94,3	73,2	74,2	78,3	103,4	80,0	76,5	75,1	74,0	78,0	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	109,7	100,8	89,2	95,2	96,0	121,1	98,2	95,6	92,6	90,1	95,7	2,0
		Transfer	00:05:24	A, L_{tepe} C, Hızlı	108,6	94,3	73,2	-	78,3							
3	Açık kömür işletmesi	Kayıt	00:04:17	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,3	91,2	74,7	83,0	81,3	105,4	84,9	78,5	76,2	75,1	81,0	2,0
				A, L_{tepe} C, Hızlı	110,3	91,2	74,7	83,0	81,3	105,4	84,9	78,5	76,2	75,1	81,0	2,0
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	113,7	106,1	92,5	98,3	100,8	124,9	103,6	100,1	96,1	92,5	100,5	2,0
		Transfer	00:04:17	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,3	91,2	74,7	-	81,3							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

4.14 Kömür Yükleyici ve Sericiler

Tez çalışması kapsamında 2 adet DKE tipi kömür yükleyici birimi (coal loader) ile 1 adet kömür serici (coal spreader) biriminden gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Termik santral kömür stok sahasında raylar üzerinde işletilen ve benzer çalışma yapısına sahip araçların döngülerinin aşağıdaki evrelerden oluştuğu kabul edilerek, ölçümlerin tipik makine çalışmasını kapsamasına dikkat edilmiş ve birimlerin iş döngüsünü temsil edecek süre boyunca kayıt alınmıştır. Gürültü ölçümü alınan yükleyici/sericilerin teknik özellikleri Çizelge 4.36'da verilmiştir.

a) Tüm kayıt (RECORD; Yükleyici/serici birimlerinin tipik iş döngüsündeki tüm evreleri kapsamakta ve ölçüm yapılan toplam süredeki gürültü maruziyetini göstermektedir. Ancak hareketin başında operatörün koltuğa yerleşme ve hareketin sonunda koltuktan kalkma çabalarından kaynaklanabilen çok yüksek gürültü analizlerden çıkartılmıştır.)
b) İleri yürüme (FORWARD; Birim ray boyunca öne doğru ilerleme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
c) Dönme (SWING; Her iki trapezoidal stok yığını arasında taraftan tarafa dönüş işlemi gerçekleştirilirken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
d) Yükleme (LOAD; Stoktan DKE tipi kazıcı çark ile kömür yükleme işlemi gerçekleştirilirken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
e) İletim (TRANSFER; Stoğa kömür döküm işlemi gerçekleştirilirken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)
f) Geri yürüme (RETURN; Birim ray boyunca geri yönlü ilerleme hareketi yaparken maruz kalınan gürültüyü temsil etmek için kaydedilmektedir.)

Çizelge 4.36 Çalışmada ölçüm alınan yükleyici/sericilerin teknik özellikleri

İşyeri	Birim no	Araç	İmal yılı	Çalışılan malzeme	Motor gücü (HP)	İletim kapasitesi (L)	Çalışma kütlesi (ton)
Kömür işletmesi	1	Yükleyici	1981	Kömür	-	3050	-
Kömür işletmesi	2	Yükleyici	1981	Kömür	-	3050	-
Kömür işletmesi	3	Serici	1981	Kömür	-	5600	-

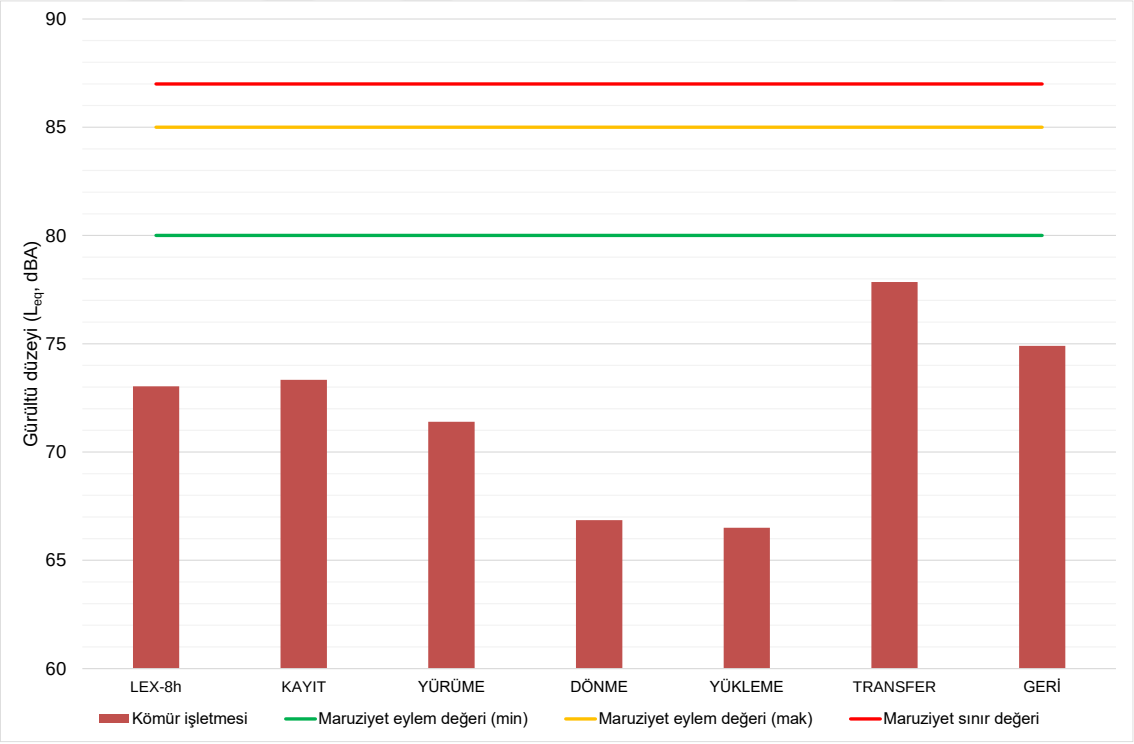
Yükleyici ve sericilere ait gürültü maruziyeti sonuçları, ortalama değerler üzerinden, Çizelge 4.37'de verilmiştir. Operatör kabininde kaydedilen eşdeğer ses basıncı değerlerinin (L_{eq}) 67,6 dBA ile 77,6 dBA arasında sıralandığı, ortalama gürültü düzeyinin ise 73,3 dBA olduğu görülmektedir. Diğer yandan 8 saatlik bir vardiyada operatörün 7,5 saat gürültüye maruz kaldığı kabul edildiğinde günlük gürültü maruziyeti ($L_{EX\text{-}8h}$) 67,3 dBA ile 74,5 dBA arasında değişmekte ve ortalama gürültü düzeyi 73,0 dBA olmaktadır. Bu değer maruziyet etkin değeri (85 dBA) ile sınır değerinden (87 dBA) düşüktür. Yükleyici ve serici birimlerinin işletmeye göre evresel bazda gürültü maruziyeti Şekil 4.24'de verilmektedir.

Tez çalışmasında örneklenen tüm yükleyici/serici birimleri evreler bazında değerlendirildiğinde en yüksek gürültü maruziyeti 77,9 dBA ile TRANSFER evresinde oluşmaktadır. Bunu, 74,9 dBA ile GERİ, 71,4 dBA ile YÜRÜME ve 66,9 dBA ile DÖNME evreleri izlemektedir. En düşük gürültü maruziyeti ise 66,5 dBA ile YÜKLEME evresinde meydana gelmektedir.

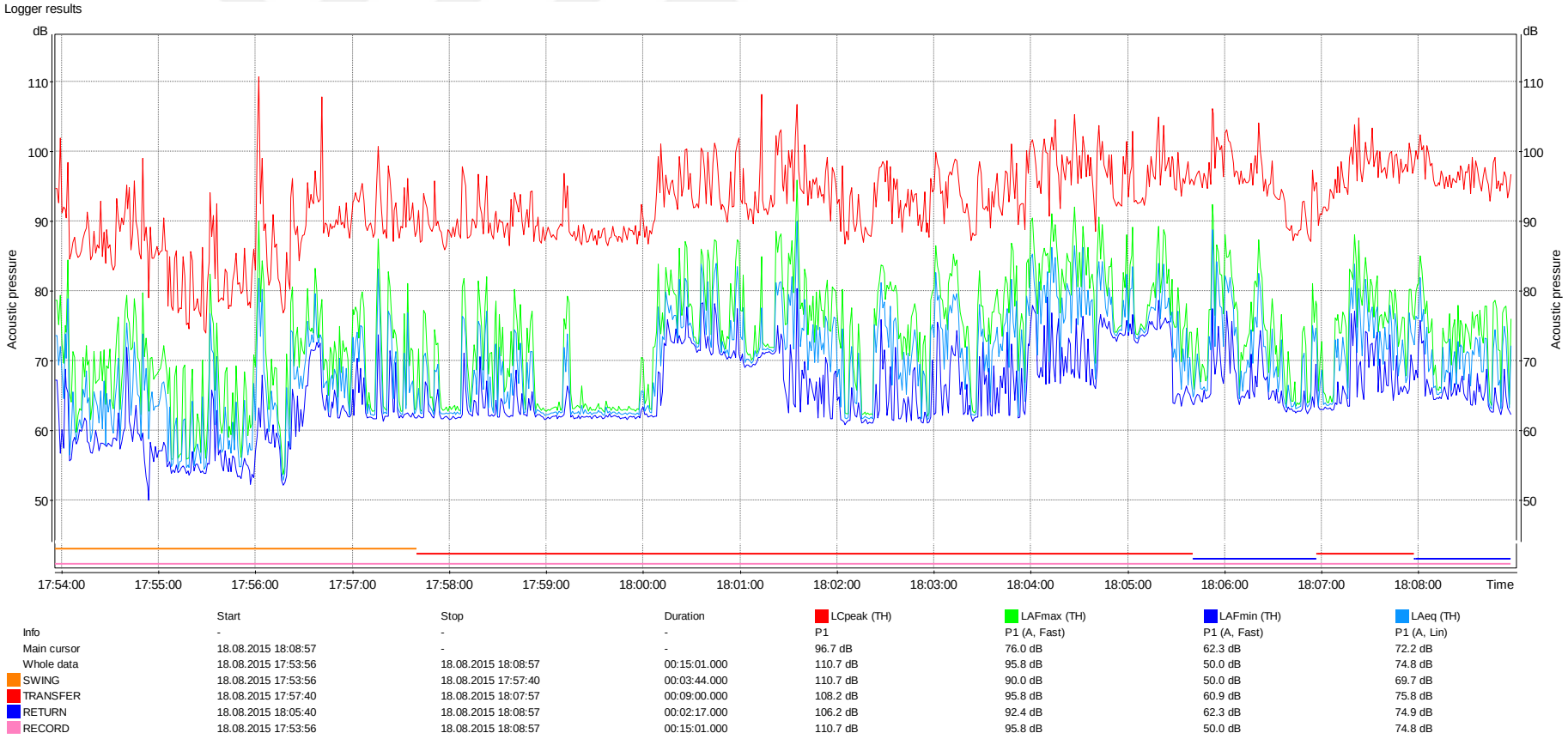
Ölçüm yapılan yükleyici/serici birimlere ait tipik bir gürültü-zaman kütüğü Şekil 4.25'de sunulmuştur. Zaman kütüğü, serici döngüsünü oluşturan tipik evrelere ayrılmış olup her evrede maruz kalınan gürültü düzeyi Şekil 4.25 üzerinden incelenebilir. Çalışmada örneklenen tüm araçlara ait bireysel gürültü ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.37 Çalışmada örneklenen yükleyici/serici birimlerinin eşdeğer gürültü düzeyleri (dBA)

	YÜKLEYİCİ/SERİCİ	LEX-8h	KAYIT	YÜRÜME	DÖNME	YÜKLEME	TRANSFER	GERİ
①	No_1 (Yükleyici)	67,3	67,6	71,4	64,0	-	-	-
	No_2 (Yükleyici)	77,3	77,6	-	-	66,5	79,9	-
	No_3 (Serici)	74,5	74,8	-	69,7	-	75,8	74,9
	En düşük	67,3	67,6	71,4	64,0	66,5	75,8	74,9
	En yüksek	77,3	77,6	71,4	69,7	66,5	79,9	74,9
	Genel ortalama	73,0	73,3	71,4	66,9	66,5	77,9	74,9
①	Kömür işletmesi	73,0	73,3	71,4	66,9	66,5	77,9	74,9



Şekil 4.24 Yükleyici/serici operatörleri üzerinde oluşan gürültü maruziyetinin işletmelere dağılımı



	Start	Stop	Duration	LCpeak (TH)	LAFmax (TH)	LAFmin (TH)	LAeq (TH)
Info	-	-	-	P1	P1 (A, Fast)	P1 (A, Fast)	P1 (A, Lin)
Main cursor	18.08.2015 18:08:57	-	-	96.7 dB	76.0 dB	62.3 dB	72.2 dB
Whole data	18.08.2015 17:53:56	18.08.2015 18:08:57	00:15:01.000	110.7 dB	95.8 dB	50.0 dB	74.8 dB
SWING	18.08.2015 17:53:56	18.08.2015 17:57:40	00:03:44.000	110.7 dB	90.0 dB	50.0 dB	69.7 dB
TRANSFER	18.08.2015 17:57:40	18.08.2015 18:07:57	00:09:00.000	108.2 dB	95.8 dB	60.9 dB	75.8 dB
RETURN	18.08.2015 18:05:40	18.08.2015 18:08:57	00:02:17.000	106.2 dB	92.4 dB	62.3 dB	74.9 dB
RECORD	18.08.2015 17:53:56	18.08.2015 18:08:57	00:15:01.000	110.7 dB	95.8 dB	50.0 dB	74.8 dB

Şekil 4.25 Kömür yükleyici/serici birimlerinin tipik bir gürültü-zaman kütüğü (No_3)

Çizelge 4.38 Çalışmada örneklenen kömür yükleyici ve kömür sericilerin ölçülen ve hesaplanan gürültü parametreleri

No	Ocak	Evre	Süre ss:dd:nn	Filtre, dedektör	L_{tepe} (dB)	L_{max} (dB)	L_{min} (dB)	SPL (dB)	L_{eq} (dB)	SEL (dB)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	L_{99} (dBA)	$L_{EX,8h}$ (dBA)	σ* (dBA)
1	Açık kömür işletmesi (yük)	Kayıt	00:03:36	A, L_{tepe} C, Hızlı	100,9	88,5	50,7	51,0	67,6	91,0	69,8	61,0	53,5	51,3	67,3	2,2
				A, L_{tepe} C, Hızlı	100,9	88,5	50,7	51,0	67,6	91,0	69,8	61,0	53,5	51,3	67,3	2,2
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	101,7	90,8	64,8	65,2	76,8	100,1	80,6	73,2	67,6	64,9	76,5	2,1
		Yürüme	00:01:02	A, L_{tepe} C, Hızlı	100,9	88,5	56,0	-	71,4							
		Dönme	00:02:34	A, L_{tepe} C, Hızlı	94,9	79,3	50,7	-	64,0							
		Yükleme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Transfer	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
2	Açık kömür işletmesi (yük)	Kayıt	00:03:09	A, L_{tepe} C, Hızlı	105,8	92,9	50,7	53,0	77,6	100,3	82,9	70,9	54,4	51,1	77,3	3,1
				A, L_{tepe} C, Hızlı	105,8	92,9	50,7	53,0	77,6	100,3	82,9	70,9	54,4	51,1	77,3	3,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	114,2	107,0	67,8	74,0	85,2	108,0	87,8	82,6	71,9	69,0	85,0	2,3
		Yürüme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Dönme	-	A, L_{tepe} C, Hızlı	-	-	-	-	-							
		Yükleme	00:01:22	A, L_{tepe} C, Hızlı	98,4	80,7	50,7	-	66,5							
		Transfer	00:01:47	A, L_{tepe} C, Hızlı	105,8	92,9	56,7	-	79,9							
3	Açık kömür işletmesi (se)	Kayıt	00:15:01	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,8	95,9	50,1	71,1	74,8	104,3	77,7	66,5	60,3	54,0	74,5	2,1
				A, L_{tepe} C, Hızlı	110,8	95,9	50,1	71,1	74,8	104,3	77,7	66,5	60,3	54,0	74,5	2,1
				Z, L_{tepe} Z, Hızlı	117,6	108,3	63,6	91,0	87,3	116,9	91,5	83,5	77,0	66,6	87,0	2,1
		Dönme	00:03:44	A, L_{tepe} C, Hızlı	110,7	90,0	50,0	-	69,7							
		Transfer	00:09:00	A, L_{tepe} C, Hızlı	108,2	95,8	60,9	-	75,8							
		Geri	00:02:17	A, L_{tepe} C, Hızlı	106,2	92,4	62,3	-	74,9							

σ*: Genişletilmiş belirsizlik (TS EN ISO 9612)

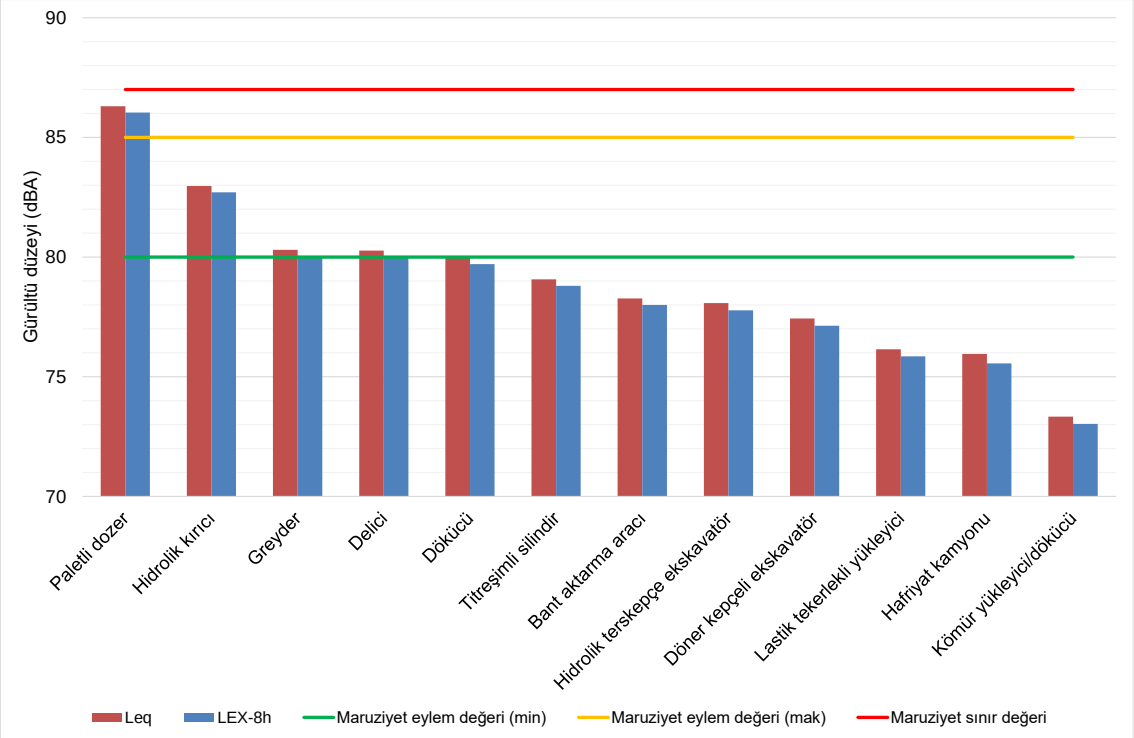
4.15 Tüm İş Makineleri

Tez çalışması kapsamında maden işletmelerinde kullanılan farklı tip ve modelde toplam 67 adet iş makinesinden gürültü ölçümü kaydedilmiştir. Tüm araç gruplarının gürültü düzeyleri Şekil 4.26'da verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Paletli dozer operatörleri maruziyet eylem değerinin üzerinde gürültüye maruz kalmaktadır. Yapılan tez çalışmasında ortalama eşdeğer gürültü düzeyi (L_{eq}) 86,3 dBA olarak hesaplanmıştır. 8 saatlik eşdeğer gürültü düzeyi ($L_{EX\text{-}8h}$) ise 86,0 dBA'dir. Paletli dozerler örneklenen iş makineleri arasında gürültü düzeyi en yüksek araçlar olduğu gibi ölçüm sonuçları 87 dBA sınırına çok yakın çıkmıştır.

b) Hidrolik kırıcılar, greyderler, deliciler ve DKE dökücülerinin gürültü düzeyi, önlem alınma sınırı olan 80,0 dBA'e eşit ya da yüksektir.

c) Titreşimli silindirler, DKE'ler, DKE aktarma araçları, DKE kömür yükleyici/sericiler, hidrolik terskepçe ekskavatörler, lastik tekerlekli yükleyiciler ve hafriyat kamyonları operatörleri, önlem sınırı olan 80,0 dBA'den düşük gürültü düzeyine maruz bırakmaktadır.



Şekil 4.26 Tüm iş makinelerinin gürültü değerleri

5. FREKANS-GÜRÜLTÜ İLİŞKİSİ

5.1 Giriş

Normal sağlıklı genç bir insanın kulağı 20 Hz – 20000 Hz frekans aralığındaki sesleri duymakla birlikte aynı şiddette fakat farklı frekanstaki sesleri eş şiddetle algılamamaktadır. Genellikle insan kulağı orta frekanslı seslere, yüksek ve düşük frekanslı seslerden daha duyarlıdır. Bu nedenle gürültü düzeylerini belirlemenin yanında, gürültünün frekansı da önem kazanmaktadır. Kişisel korumada etkin olan kulaklıkların gürültü şiddetini; düşük frekanslarda 30 dBA, yüksek frekanslarda 50 dBA, dış kulak yoluna konulan poliüretan tıkaçlar düşük frekanslarda 25 dBA, yüksek frekanslarda 40 dBA kadar azalttığı bilinmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994). Görüleceği üzere, yüksek frekanslı seslerde kulak koruyucuları gürültüyü daha fazla azalttığından gürültünün insan kulağına olan etkisi değerlendirilirken, sesin frekansı da göz önünde tutulmalıdır.

Gürültünün insan sağlığına vermiş olduğu zararların başında geçici ve kalıcı işitme kaybıdır. Kalıcı işitme kaybı, kişinin gürültülü ortamdan uzaklaşmasına rağmen herhangibir iyileşme göstermiyorsa, bu artık o kişide kalıcı bir meslek hastalığı halini almış demektir. İnsanda ilk işitme kaybı belirtileri 4000 Hz'de görülmeye başlanmaktadır (Sharland, 1972). Bunun başlıca nedeni, dış kulağın ve kulak kanalının 2000 Hz – 4000 Hz arasında tınlaşıma geçerek ses basınç düzeyini 20 dBA kadar artırmasıdır. Bu durum bir kaç saat sürdüğünde insanda geçici işitme kaybı meydana gelmektedir. Gürültülü ortamda bulunma süresi yıllara uzadığında ise insandaki geçici işitme kaybı, kalıcı işitme kaybına dönüşmektedir.

Bu bölümde tez çalışması kapsamında ölçümleri yapılan ekipmanlara ait frekans-gürültü ilişkisi belirlenmeye çalışılmış ve ilgili değerlendirmeler verilmiştir.

5.2 Frekansın Gürültü Üzerindeki Etkisi

Frekansı yüksek olan sesler ince, düşük olan sesler ise kalın olarak nitelendirilmektedir. Doğada rastladığımız sesler genellikle karmaşık seslerden oluşmaktadır. Gürültü ile ilgili önlem alınmasında frekans analizi önemli bir yer tutmaktadır. Bu sayede karmaşık bir sesin frekans dağılımı incelendiğinde, o sesin daha çok hangi frekanslardaki seslerden oluştuğu anlaşılabilmektedir. Gürültü kontrolu açısından, birçok durumda gürültünün frekans dağılımını bilmek gerekmektedir (Ziel, 1976; Brüel & Kjaer, 1984; Özgüven, 1986; Cheremisinoff, 1996; Brüel & Kjær, 1998; CCOHS, 1999; MSHA, 2000; Malchaire, 2001; Michael ve Michael, 2006).

Gürültü, frekans dağılımına ve ses düzeylerinin zamanla değişimine göre sınıflandırılabilmektedir.

1) Frekans dağılımına göre sınıflandırma: Geniş ve dar bant gürültü olmak üzere iki tip gürültüden söz edilebilmektedir.
    a) Geniş bant gürültü: Gürültüyü meydana getiren seslerin frekansının, tüm frekans aralığı boyunca yayıldığı gürültüye denmektedir. Her frekanstaki katkının aynı olduğu geniş bant

gürültü ise “Beyaz Gürültü” olarak tanımlanmaktadır. Buna en iyi örnek makine gürültüsüdür.

b) Dar bant gürültü: Bu tür gürültünün frekans dağılımı, belli bir frekans bandında toplanmış bir grafik göstermektedir. Diğer bir deyişle, gürültüyü oluşturan saf seslerden frekansı belli bir aralıkta toplanmış olanlar baskındır.

2) Ses düzeyinin zamanla değişimine göre sınıflandırma: Ses düzeyinin zamanla değişimine göre gürültü, kararlı ve kararsız olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılabilmektedir.

a) Kararlı Gürültü: Gürültü düzeyinde zamanla önemli bir değişmenin olmadığı durumdur. Sabit hız ve güçte çalışan herhangi bir motorun meydana getireceği gürültü bu tür gürültüye en iyi örnek olarak gösterilmektedir.

b) Kararsız Gürültü: Gürültü düzeyinde sürekli ve önemli değişiklikler olan gürültü türüdür. Zamanla değişme, dalgalanma veya durup yeniden başlama (kesikli olma) şeklinde gözlenebilmektedir. Bu tür gürültü sırasıyla, “dalgalı gürültü” ve “kesikli gürültü” adını almaktadır. Dalgalı gürültü, gürültü düzeyinde önemli değişiklikler olan gürültüdür. Kesikli gürültü ise, gözlem süresinde gürültü düzeyi aniden ortam gürültü düzeyine düşen ve ortam gürültü düzeyi üzerindeki bir değeri bir saniye veya daha fazla sürede sabit olarak devam eden gürültüdür. Kararsız gürültünün diğer bir şekli de “darbe gürültüsü” dür. Her biri bir saniyeden daha az süren veya daha fazla vuruşun çıkardığı gürültü olarak ta bilinmektedir (Ertürk, 2001; Fişne, 2008; Erol ve Su, 2015).

Gürültülü ortamlarda çalışan kişilerin performasını değerlendirmede gürültünün frekansı da önemli yer tutmaktadır. Buna göre yüksek frekanslı sesler, alçak frekanslı seslere göre çalışanların işi daha fazla aksatmasına neden olmaktadır. Ek olarak aralıklı gürültüler de, aynı düzeye sahip sürekli gürültülerden daha fazla olumsuz etkilenmeye neden olmaktadır. Aralıklı gürültülerin de kendi içinde farklı olduğu ve periyodik olmayan aralıklı gürültülerin, periyodik olanlardan daha rahatsız edici olduğu belirtilmektedir (Özgüven, 1986; Güler ve Çobanoğlu, 1994; Katırcıoğlu, 1998; Devren, 1999; Ertürk, 2001; Çırpar, 2003; Engür, 2004; Öztürk, 2004; Soydal, 2006; Mutlu, 2010).

Literatürde 250 Hz’den küçük frekanslar düşük frekanslı ses, >250 Hz – 2000 Hz arası frekanslar orta frekanslı ses ve >2000 Hz frekans, yüksek frekanslı ses olarak adlandırılmaktadır (Url-13; Url-14; Bıçakcı, 2011). Kulağın en hassas işitmeye sahip olduğu frekans bölgesi 4000 Hz’dir (Ünver 1995; Alberti, 2001; Soydal, 2006). Aşırı gürültüye maruziyet sonucu ortaya çıkan işitme kaybı başlangıçta 4000 Hz’lik frekans bölgesinde oluşmakta ve etkilenme süresi arttıkça diğer komşu frekanslara doğru devam etmektedir. Duyma eşiğindeki sürekli değişme, kulaklarında koruma olmaksızın yüksek düzeyli gürültüye uzun süre maruz kalan kişilerde meydana gelmekte ve bu durum, kalıcı işitme kaybı ile sonuçlanmaktadır. Kalıcı işitme kaybına neden olan gürültülerin en önemlisi endüstriyel gürültülerdir (Katırcıoğlu, 1998; Devren, 1999; Soydal, 2006).

Gürültüye bağlı işitme kayıplarının odiyometrik eğrisi genellikle 4000 Hz ve 6000 Hz frekanslara ait eşiklerde çukurlaşmaya neden olan ve 8000 Hz’de tekrar yükselen bir görünüme sahiptir.

Gürültüye bağlı işitme kayıpları genellikle 3000 Hz – 6000 Hz frekans aralıklarında ortaya çıkmakta ve en büyük kayıp 4000 Hz frekansta görülmektedir. Gürültüye bağlı işitme kaybına en dirençli frekans 1000 Hz ve ardından da 500 Hz olarak verilmektedir (Morioka vd., 1997; Katırcıoğlu, 1998; May, 2000; Alberti, 2001). Ses şiddetinin 90 dBA'yı geçmesi durumunda hasar 2000 Hz ve 8000 Hz frekanslara yayılmaktadır.

İnsanlar, 20 Hz'den aşağı frekansa sahip dalgaları sadece titreşim olarak, 20 Hz ve 200 Hz arasında bir frekansa sahip olan dalgaları hem titreşim hem de ses olarak hissedebilmektedir. 200 Hz ile 20 kHz frekans aralığında olan dalgaları da ses olarak algılayabilmektedir (Url-15).

Badur (1997), Gaziantep il merkezinde 37 değişik noktada gürültü ölçümü yapmış bunlar arasında 10 noktanın çok gürültü açısından tehlikeli olduğunu tespit etmiştir. Bu noktalardan biri olan Boyacı Mahallesinde 35 kişi üzerinde odyolojik inceleme yaparak en çok etkilenen frekansın 4000 Hz olduğunu bulmuştur.

Eleftheriou (2002) tarafından Güney Kıbrıs'ta 3 yıllık bir çalışmada farklı endüstri alanlarında (mobilya, yiyecek, giyim, deri, metal işleri) yapılan odyometrik testler sonucunda, ölçüm yapılan işçilerin % 27,8'inde kısmen işitme zararları görülürken % 7,7'sinde ciddi işitme kaybı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra 35 yaş altındaki genç işçilerde yüksek frekanslarda işitme eşiği kaybının daha çok olduğunu görmüştür.

Starck vd. (2002) tarafından farklı frekanslardaki yüksek gürültü seviyelerinde kulak tıkaçlarının gürültü yalıtımı incelenmiş, 104 dBA – 110 dBA arasındaki gürültü seviyelerinin 80 dBA – 89 dBA aralığına düşürüldüğü gözlenmiştir.

Ertürk (2001) gürültünün ölçülmesindeki amacın bir iş yerinde gürültü düzeylerinin istenilen sınırlar içerisinde olup olmadığının kontrol edilmesi olduğunu ancak gürültü kontrol çalışmalarının istenilen amaca gürültü ölçümlerinin frekans analizi ile birlikte yapıldığında ulaşacağını belirtmiştir.

İşitme kaybının geçici ya da kalıcı olması ve kaybın derecesi, etkisinde kalınan gürültünün düzeylerine, frekans içeriklerine ve etkilenim süresine bağlı olmakla birlikte kişisel duyarlılıkta önem taşımaktadır. Yapılan araştırmalar erkeklerin kadınlardan daha fazla işitme kaybına uğrayabildiklerini göstermiştir. Ayrıca erkekler yüksek frekanslarda en fazla kalıcı işitme kaybına uğrarken, kadınlar her frekansta daha az ve eşit miktarda işitme kaybına maruz kalabilmektedirler. İşitme sisteminin duyarlı olduğu 1000 Hz ile 6000 Hz arasındaki frekanslarda baskın ses enerjisi bulunan gürültü düzeyleri, daha fazla işitme kaybına neden olmaktadır. Yüksek frekansları algılayan tüy hücreleri daha kolay hasar gördüklerinden geniş kuşak türü gürültünün etkisinde kalan kişilerde eşik kaymaları ve işitme kaybı, yüksek frekanslarda daha çok olmaktadır. Patlama türü gürültünün etkisinde kalan kişilerde bu durum belirgin olarak ortaya çıkmaktadır (Çalışkan, 2005).

Genel olarak 20 Hz – 200 Hz arasındaki alçak frekanslar, kalın sesler olarak tanımlanmaktadır. Alçak frekanslar atmosfer tarafından çok daha az yutulmakta ve bu nedenle daha uzak mesafelerde daha çok etkili olmaktadır. İnsan kulağı, alçak frekanslı seslere daha az duyarlı olduğundan düşük frekanslı sesler yorgunluk hissi oluşturarak yoğunlaşma bozukluklarına yol açmaktadır (Bilgili vd., 2011).

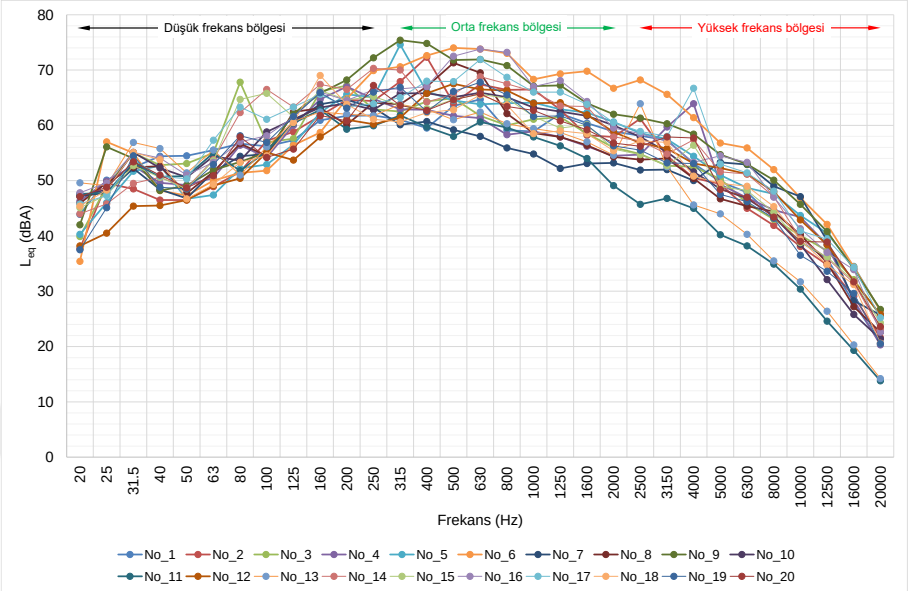
İnsan kulağının 1000 Hz ve 5000 Hz arasındaki frekans değerleri "Tetik Bölgesi" olarak adlandırılan en hassas bölgedir. İnsan, bu frekans bölgesinde oluşan sesleri, karşısında konuşan insanı görmeden de algılayabilmektedir. Telefon frekans bant genişliği 300 Hz – 3400 Hz arasındadır. Bu değer, insan kulağının hassas işitme sınırları içinde olduğu için konuşan kişinin yüzü görülmese dahi, her şahsın kendine özgü ses frekans değeri olması nedeniyle işitilen sesin kime ait olduğu rahatlıkla algılanabilmektedir (Aygör, 2015). Diğer yandan konuşma sesi frekans aralığı 500 Hz – 2000 Hz arasında değişmektedir (Url-16). Odyogram işitme testi analizleri de 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz ve 8000 Hz de yapılmaktadır (Url-17).

5.3 Hafriyat Kamyonları Frekans-Gürültü İlişkisi

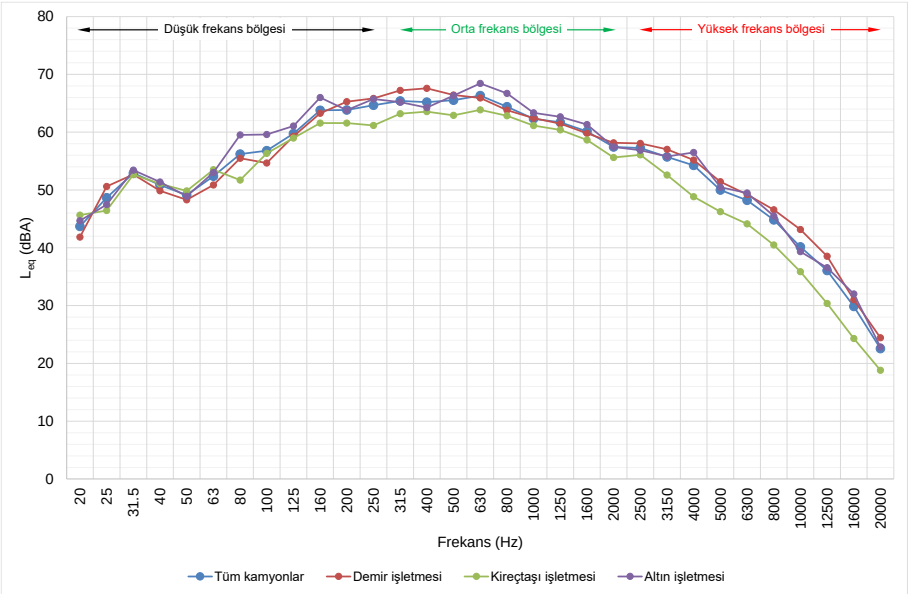
Tez çalışması kapsamında maden işletmelerinde kullanılan farklı tip ve modelde toplam 20 adet hafriyat kamyonundan gürültü ölçümleri alınmış ve frekans-gürültü ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Hafriyat kamyonlarının tümünün frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.1'de, işletmelerde kullanılan kamyonların grup ortalamasına göre frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.2'de verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Hafriyat kamyon operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi en çok orta frekanslı ses aralığına denk gelmektedir.
b) İşitme sisteminin en çok duyarlı olduğu 1000 Hz ve 6000 Hz frekans aralığındaki gürültü düzeyi azalma eğilimindedir.
c) Hafriyat kamyonlarının işletme bazında farklı çalışma koşullarındaki frekans-gürültü ilişkilerinde fazla değişkenlik bulunmamaktadır. Ancak hafriyat kamyonlarının çalıştığı yol güzergâhının düzgün olması, gürültü düzeyini nispeten düşürmektedir.
d) Hafriyat kamyon gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.
e) Tüm kamyonlar dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 35,4 dBA (No_6) ile 72,2 dBA (No_9) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 41,8 dBA (Demir işletmesi) ile 66,0 dBA (Altın işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile artmaktadır.
f) Tüm kamyonlar dikkate alındığında orta frekanslı sesler 49,1 dBA (No_11) ile 75,4 dBA (No_9) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında orta frekanslı sesler 55,6 dBA (Kireçtaşı işletmesi) ile 68,4 dBA (Altın işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.
g) Tüm kamyonlar dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 13,8 dBA (No_11) ile 68,2 dBA (No_6) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında yüksek

frekanslı sesler 18,8 dBA (Kireçtaşı işletmesi) ile 58,1 dBA (Demir işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.



Şekil 5.1 Tüm hafriyat kamyonlarının frekans-gürültü ilişkisi



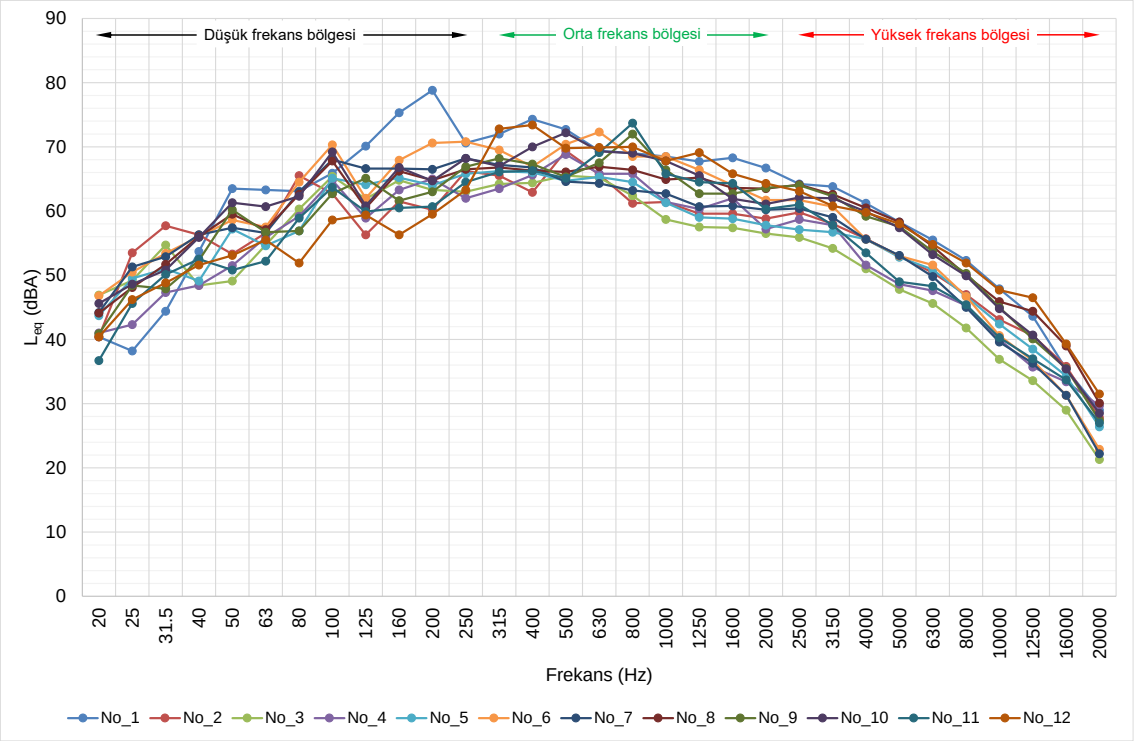
Şekil 5.2 Hafriyat kamyonlarının işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi

5.4 Hidrolik Terskepçe Ekskavatör Frekans-Gürültü İlişkisi

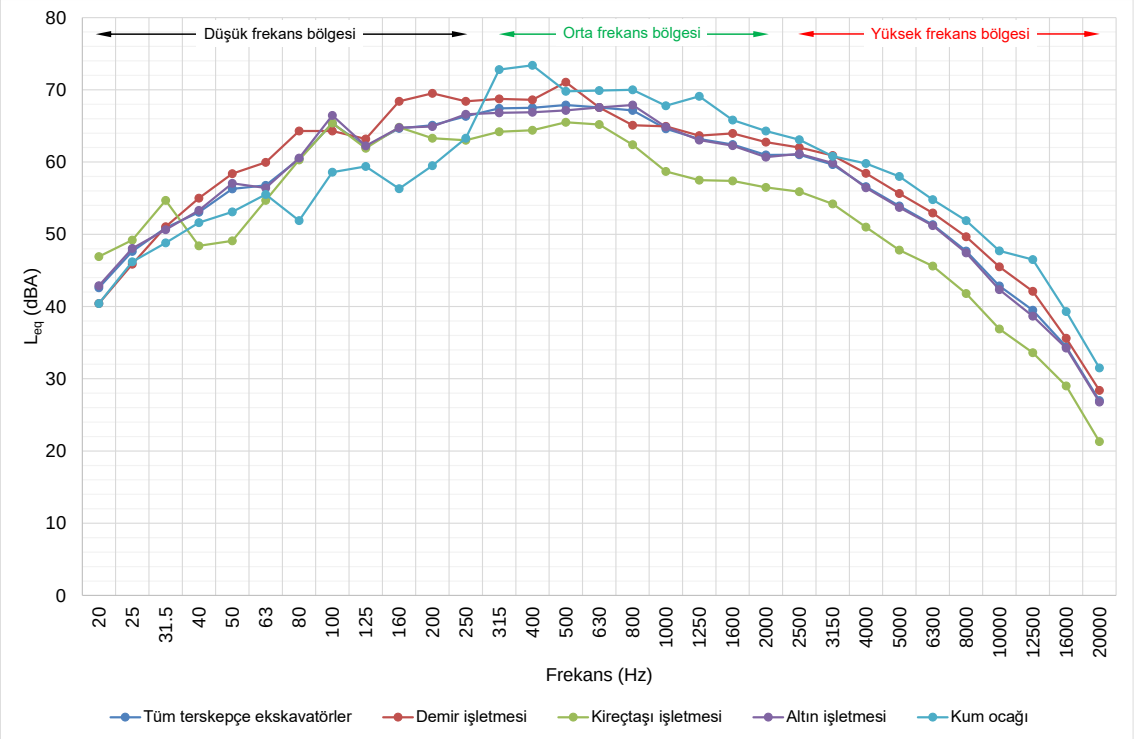
Tez çalışması kapsamında maden işletmelerinde kullanılan farklı tip ve modelde toplam 12 adet hidrolik terskepçe ekskavatörden (bir adedi terskepçe yükleyici) gürültü ölçümleri alınmış ve

frekans-gürültü ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Hidrolik terskepçe ekskavatörlerin tümünün frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.3'de, işletmelerde kullanılan ekskavatörlerin grup ortalamasına göre frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.4'de verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Hidrolik terskepçe ekskavatörlerin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi en çok orta frekanslı ses aralığına denk gelmektedir.
b) İşitme sisteminin en çok duyarlı olduğu 1000 Hz ve 6000 Hz frekans aralığındaki gürültü düzeyi azalma eğilimindedir.
c) Hidrolik terskepçe ekskavatörler işletme bazında farklı çalışma koşullarındaki frekans-gürültü ilişkilerinde fazla değişkenlik göstermemektedir. Ancak hidrolik teskepçe ekskavatörün yüklediği malzemenin cinsi ve boyutu gürültü düzeyini kısmen değiştirmektedir.
d) Hidrolik terskepçe ekskavatörlerin gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.
e) Tüm ekskavatörler dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 36,7 dBA (No_11) ile 78,8 dBA (No_1) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 40,4 dBA (Demir işletmesi) ile 69,5 dBA (Demir işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile artmaktadır.
f) Tüm ekskavatörler dikkate alındığında orta frekanslı sesler 56,5 (No_3) ile 74,3 (No_1) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında orta frekanslı sesler 56,5 dBA (Kireçtaşı işletmesi) ile 73,4 dBA (Kum ocağı) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.
g) Tüm ekskavatörler dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 21,3 dBA (No_3) ile 64,2 dBA (No_1) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 21,3 dBA (Kireçtaşı işletmesi) ile 63,1 dBA (Kum ocağı) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.



Şekil 5.3 Tüm hidrolik terskepçe ekskavatörlerin frekans-gürültü ilişkisi

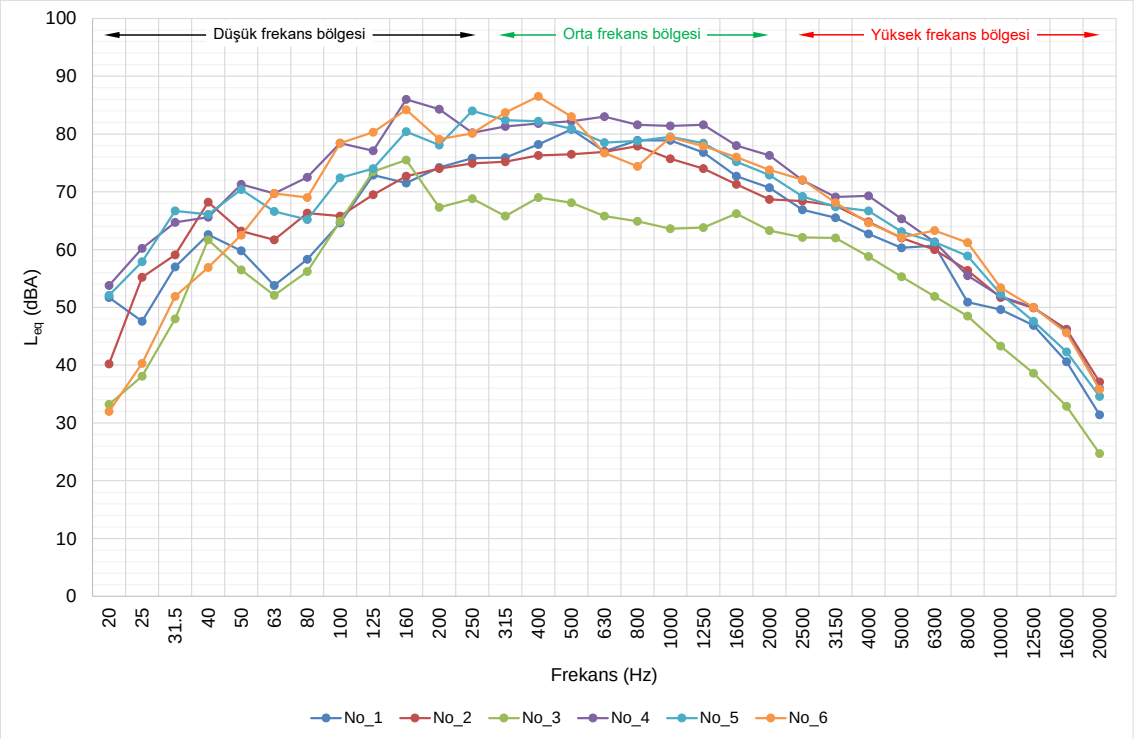


Şekil 5.4 Hidrolik terskepçe ekskavatörlerin işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi

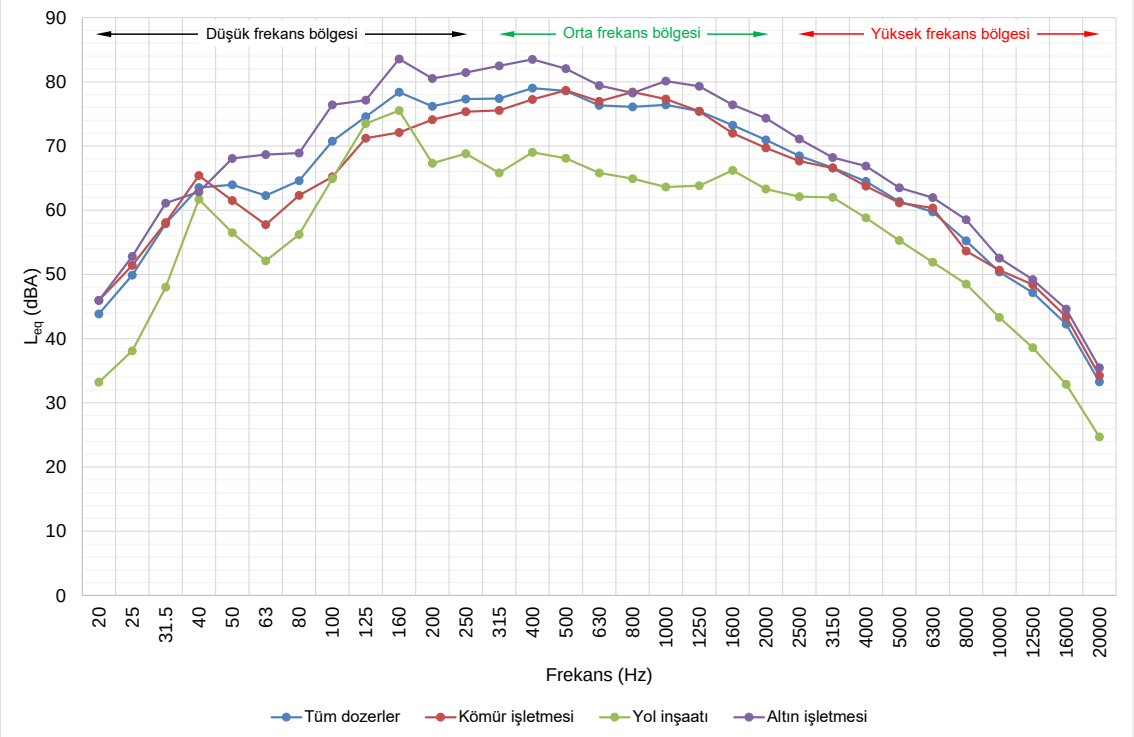
5.5 Paletli Dozer Frekans-Gürültü İlişkisi

Tez çalışması kapsamında maden işletmelerinde kullanılan farklı tip ve modelde toplam 6 adet paletli dozerden gürültü ölçümleri alınmış ve frekans-gürültü ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Paletli dozerlerin tümünün frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.5'de, işletmelerde kullanılan dozerlerin grup ortalamasına göre frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.6'da verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Paletli dozer operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi en çok düşük frekanslı ses aralığına denk gelmektedir. Dolayısıyla paletli dozer operatöründe yorgunluk hissi ve yoğunlaşma bozukluklarına yakalanma olasılığı bulunmaktadır.
b) İşitme sisteminin en çok duyarlı olduğu 1000 Hz ve 6000 Hz frekans aralığındaki gürültü düzeyi azalma eğilimindedir.
c) Paletli dozerler işletme bazında farklı çalışma koşullarındaki frekans-gürültü ilişkilerinde fazla değişkenlik göstermemektedir. Ancak paletli dozerin çalıştığı zemin koşuları ve malzeme türü gürültü düzeyini kısmen etkilemektedir.
d) Paletli dozerlerin gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.
e) Tüm dozerler dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 32,0 dBA (No_6) ile 86,0 dBA (No_4) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 33,2 dBA (Yol inşaatı) ile 83,5 dBA (Altın işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile artmaktadır.
f) Tüm dozerler dikkate alındığında orta frekanslı sesler 63,3 dBA (No_3) ile 86,5 dBA (No_6) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 63,3 dBA (Yol inşaatı) ile 83,5 dBA (Altın işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.
g) Tüm dozerler dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 24,7 dBA (No_3) ile 72,1 dBA (No_6) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 24,7 dBA (Yol inşaatı) ile 71,1 dBA (Altın işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.



Şekil 5.5 Tüm paletli dozerlerin frekans-gürültü ilişkisi

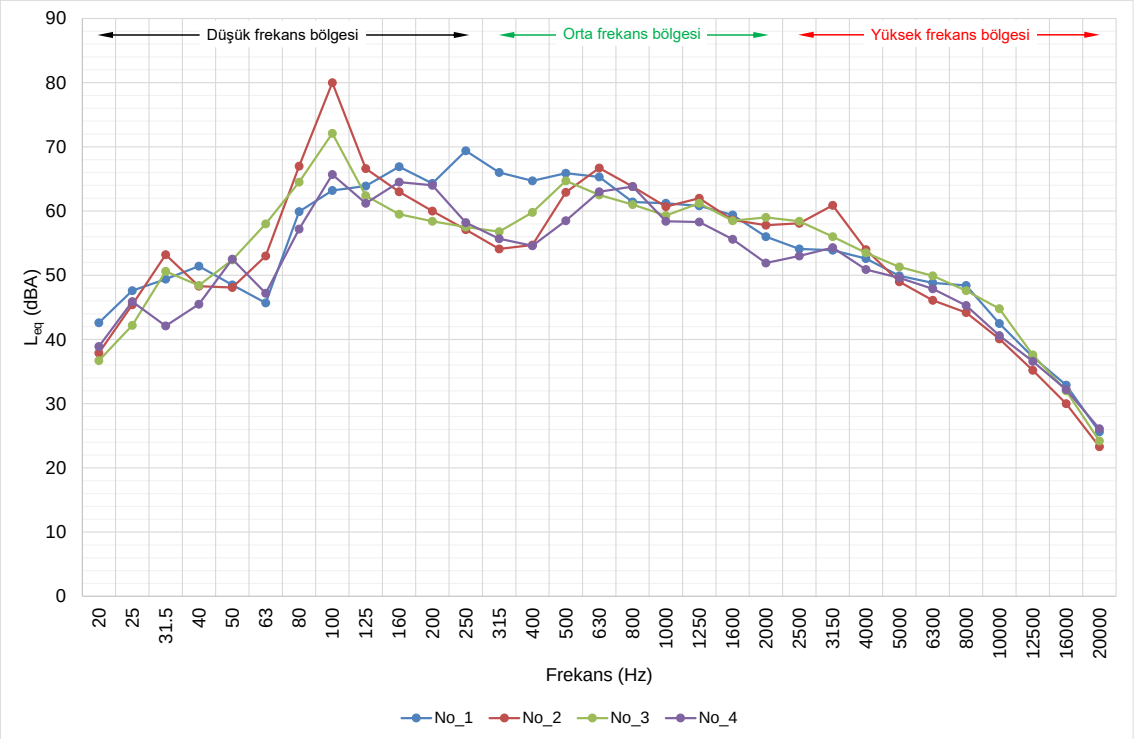


Şekil 5.6 Paletli dozerlerin işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi

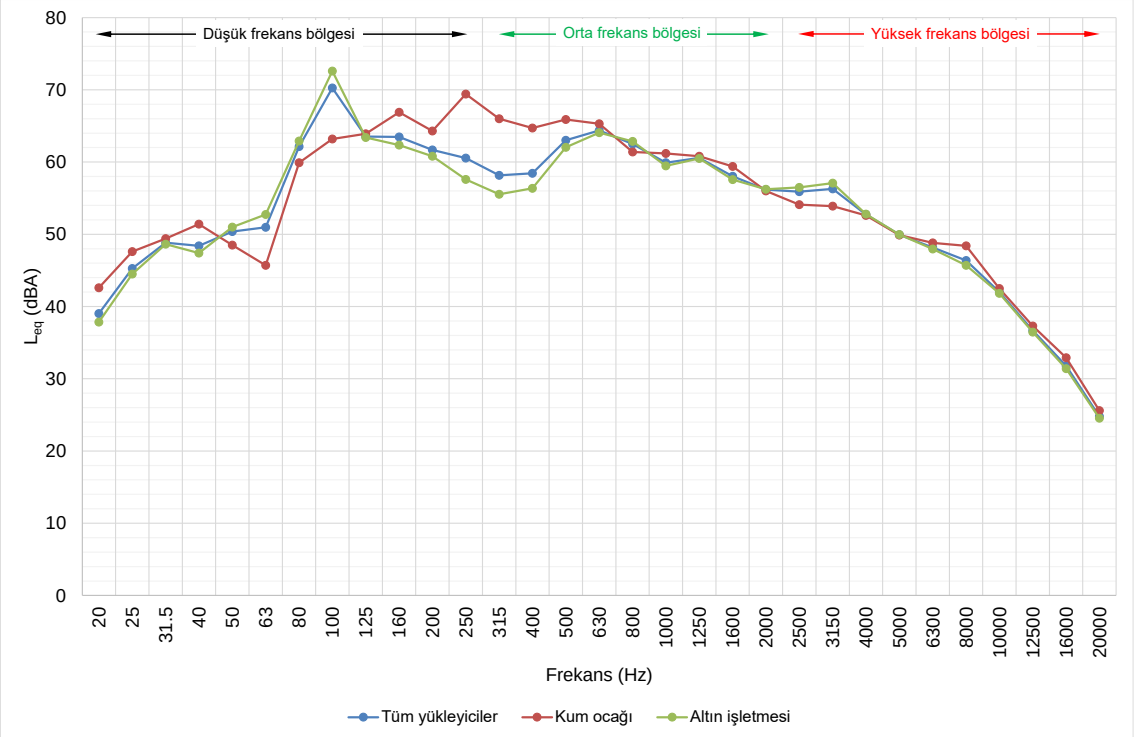
5.6 Lastik Tekerlekli Yükleyici Frekans-Gürültü İlişkisi

Tez çalışması kapsamında maden işletmelerinde kullanılan farklı tip ve modelde toplam 4 adet lastik tekerlekli yükleyiciden gürültü ölçümleri alınmış ve frekans-gürültü ilişkileri çıkarılmıştır. Lastik tekerlekli yükleyicilerin tümünün frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.7'de, işletmelerde kullanılan yükleyicilerin grup ortalamasına göre frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.8'de verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Lastik tekerlekli yükleyici operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi en çok düşük frekanslı ses aralığına denk gelmektedir. Dolayısıyla lastik tekerlekli yükleyici operatöründe yorgunluk hissi ve yoğunlaşma bozukluklarına yakalanma olasılığı bulunmaktadır.
b) İşitme sisteminin en çok duyarlı olduğu 1000 Hz ve 6000 Hz frekans aralığındaki gürültü düzeyi azalma eğilimindedir.
c) Lastik tekerlekli yükleyiciler işletme bazında farklı çalışma koşullarındaki frekans-gürültü ilişkilerinde fazla değişkenlik göstermemektedir. Ancak lastik tekerlekli yükleyici çalıştığı zemin koşulları ve malzeme türü gürültü düzeyini kısmen etkilemektedir.
d) Lastik tekerlekli yükleyici gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.
e) Tüm yükleyiciler dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 36,7 dBA (No_3) ile 80,0 dBA (No_2) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 37,8 dBA (Altın işletmesi) ile 72,6 dBA (Altın işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile artmaktadır.
f) Tüm yükleyiciler dikkate alındığında orta frekanslı sesler 51,9 dBA (No_4) ile 66,7 dBA (No_2) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında orta frekanslı sesler 55,5 dBA (Altın işletmesi) ile 66,0 dBA (Kum ocağı) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.
g) Tüm yükleyiciler dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 23,3 dBA (No_2) ile 60,9 dBA (No_2) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 24,5 dBA (Altın işletmesi) ile 57,1 dBA (Altın işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.



Şekil 5.7 Tüm lastik tekerlekli yükleyicilerin frekans-gürültü ilişkisi

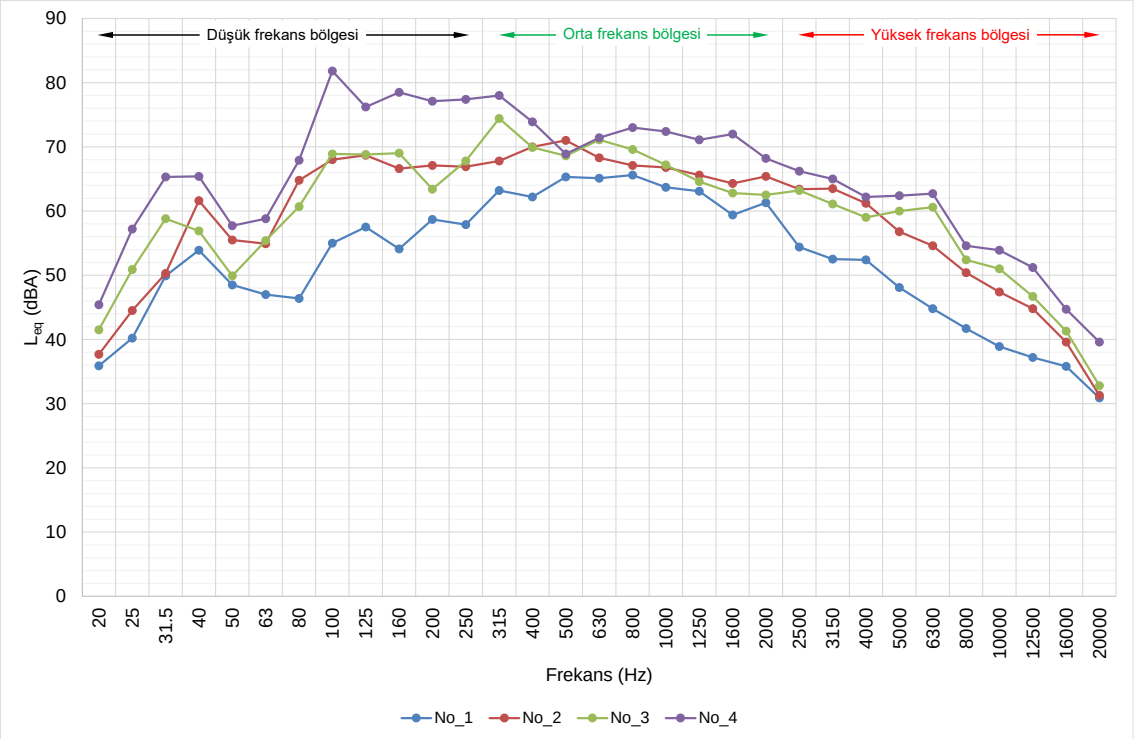


Şekil 5.8 Lastik tekerlekli yükleyicilerin işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi

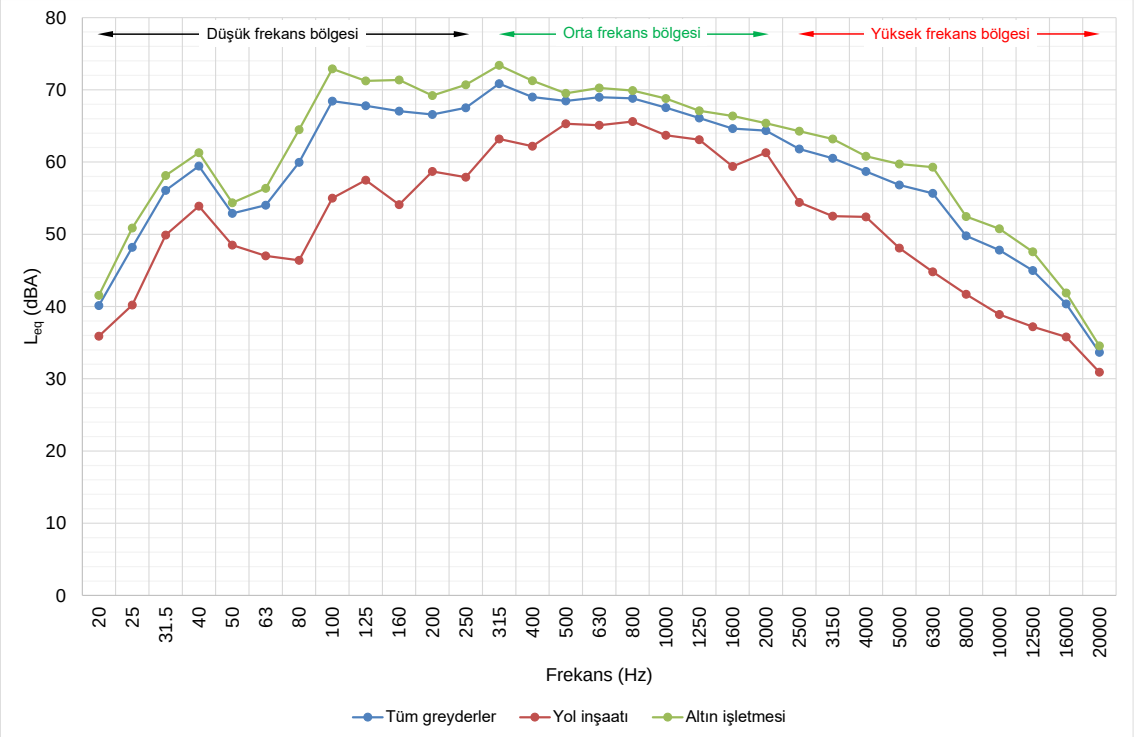
5.7 Greyder Frekans-Gürültü İlişkisi

Tez çalışması kapsamında maden işletmelerinde kullanılan farklı tip ve modelde toplam 4 adet greyderden gürültü ölçümleri alınmış ve frekans-gürültü ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Greyderlerin tümünün frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.9'da, işletmelerde kullanılan greyderlerin grup ortalamasına göre frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.10'da verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Greyder operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi en çok düşük frekanslı ses aralığına denk gelmektedir. Dolayısıyla greyder operatöründe yorgunluk hissi ve yoğunlaşma bozukluklarına yakalanma olasılığı bulunmaktadır.
b) İşitme sisteminin en çok duyarlı olduğu 1000 Hz ve 6000 Hz frekans aralığındaki gürültü düzeyi azalma eğilimindedir.
c) Greyderlerin işletme bazında farklı çalışma koşullarındaki frekans-gürültü ilişkilerinde fazla değişkenlik göstermemektedir. Ancak greyderlerin çalıştığı zemin koşuları ve malzeme türü gürültü düzeyini etkilemektedir.
d) Greyderlerin gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.
e) Tüm greyderler dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 35,9 dBA (No_1) ile 81,8 dBA (No_4) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 35,9 dBA (Yol inşaatı) ile 72,9 dBA (Altın işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile artmaktadır.
f) Tüm greyderler dikkate alındığında orta frekanslı sesler 59,4 dBA (No_1) ile 78,0 dBA (No_4) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında orta frekanslı sesler 59,4 dBA (Yol inşaatı) ile 73,4 dBA (Altın işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.
g) Tüm greyderler dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 30,9 dBA (No_1) ile 66,2 dBA (No_4) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 30,9 dBA (Yol inşaatı) ile 64,3 dBA (Altın işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.



Şekil 5.9 Tüm greyderlerin frekans-gürültü ilişkisi

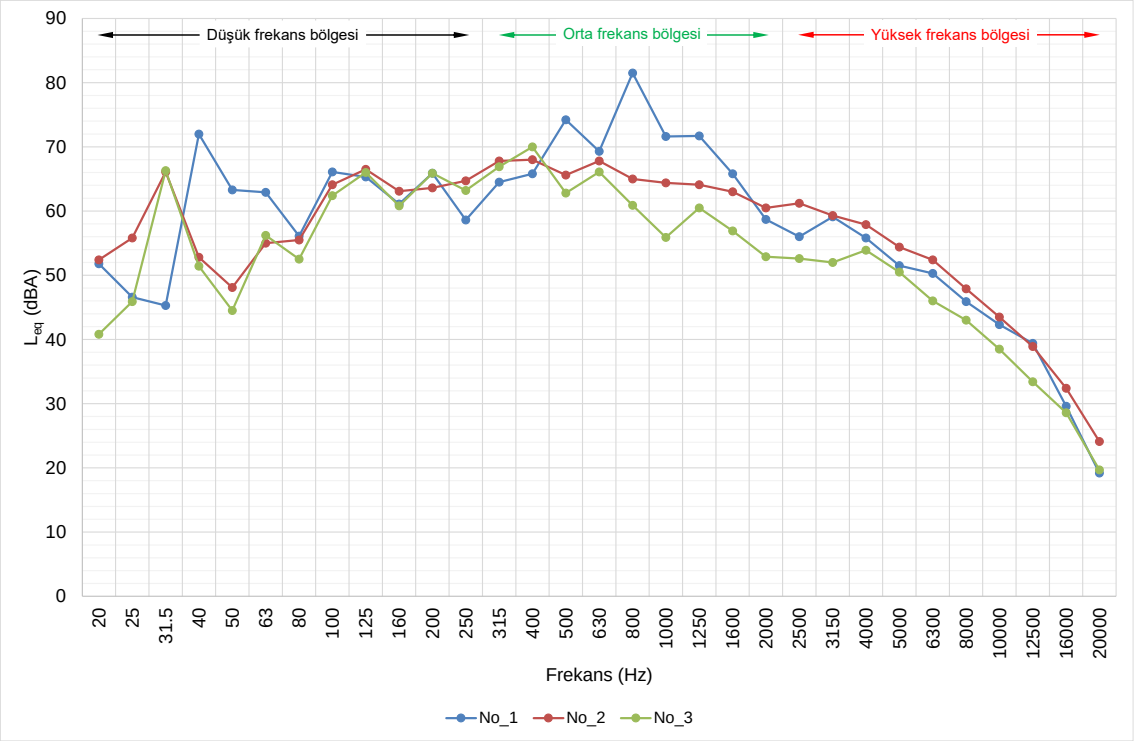


Şekil 5.10 Greyderlerin işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi

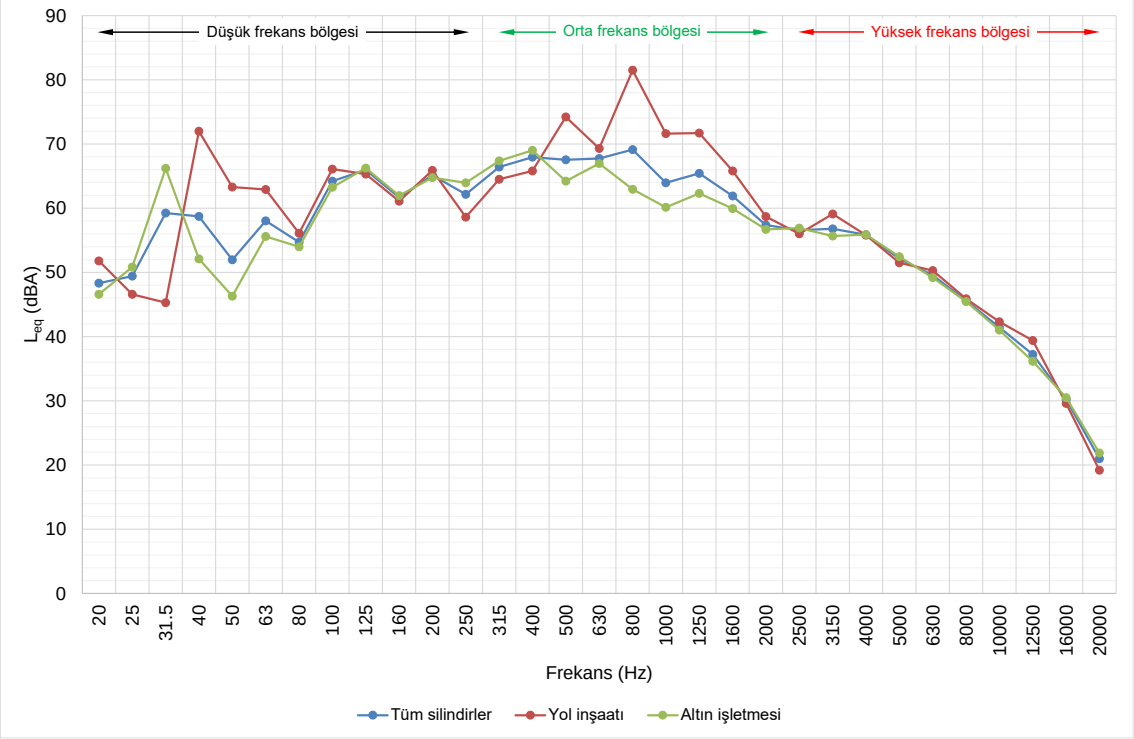
5.8 Titreşimli Silindir Frekans-Gürültü İlişkisi

Tez çalışması kapsamında maden işletmelerinde kullanılan farklı tip ve modelde toplam 3 adet titreşimli silindirden gürültü ölçümleri alınmış ve frekans-gürültü ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Titreşimli silindirlerin tümünün frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.11'de, işletmelerde kullanılan silindirlerin grup ortalamasına göre frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.12'de verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Titreşimli silindir operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi en çok orta frekanslı ses aralığına denk gelmektedir.
b) İşitme sisteminin en çok duyarlı olduğu 1000 Hz ve 6000 Hz frekans aralığındaki gürültü düzeyi azalma eğilimindedir.
c) Titreşimli silindir işletme bazında farklı çalışma koşullarındaki frekans-gürültü ilişkilerinde fazla değişkenlik göstermemektedir. Ancak titreşimli silindirlerin çalıştığı zemin koşuları ve malzeme türü gürültü düzeyini kısmen etkilemektedir.
d) Titreşimli silindirlerin gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.
e) Tüm silindirler dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 40,8 dBA (No_3) ile 72,0 dBA (No_1) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 45,3 dBA (Yol inşaatı) ile 72,0 dBA (Yol inşaatı) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile artmaktadır.
f) Tüm silindirler dikkate alındığında orta frekanslı sesler 52,9 dBA (No_3) ile 81,5 dBA (No_1) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında orta frekanslı sesler 56,7 dBA (Altın işletmesi) ile 81,5 dBA (Yol inşaatı) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.
g) Tüm silindirler dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 19,2 dBA (No_1) ile 61,2 dBA (No_2) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 19,2 dBA (Yol inşaatı) ile 59,1 dBA (Yol inşaatı) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.



Şekil 5.11 Tüm titreşimli silindirlerin frekans-gürültü ilişkisi

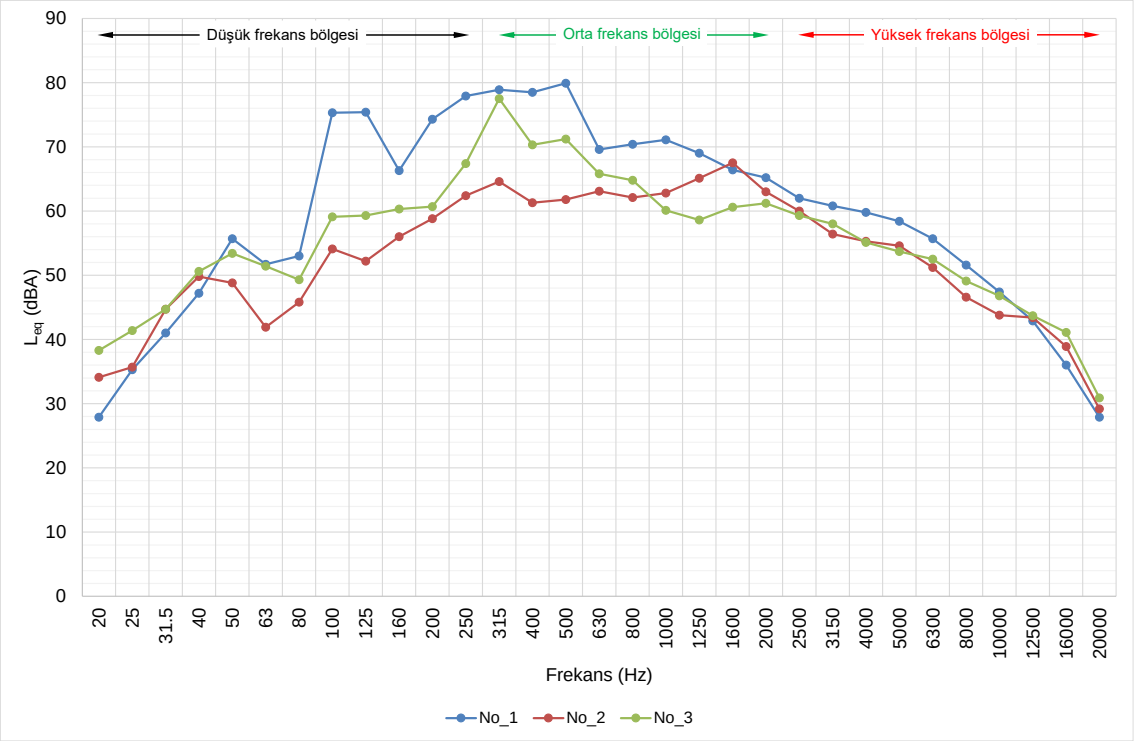


Şekil 5.12 Titreşimli silindirlerin işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi

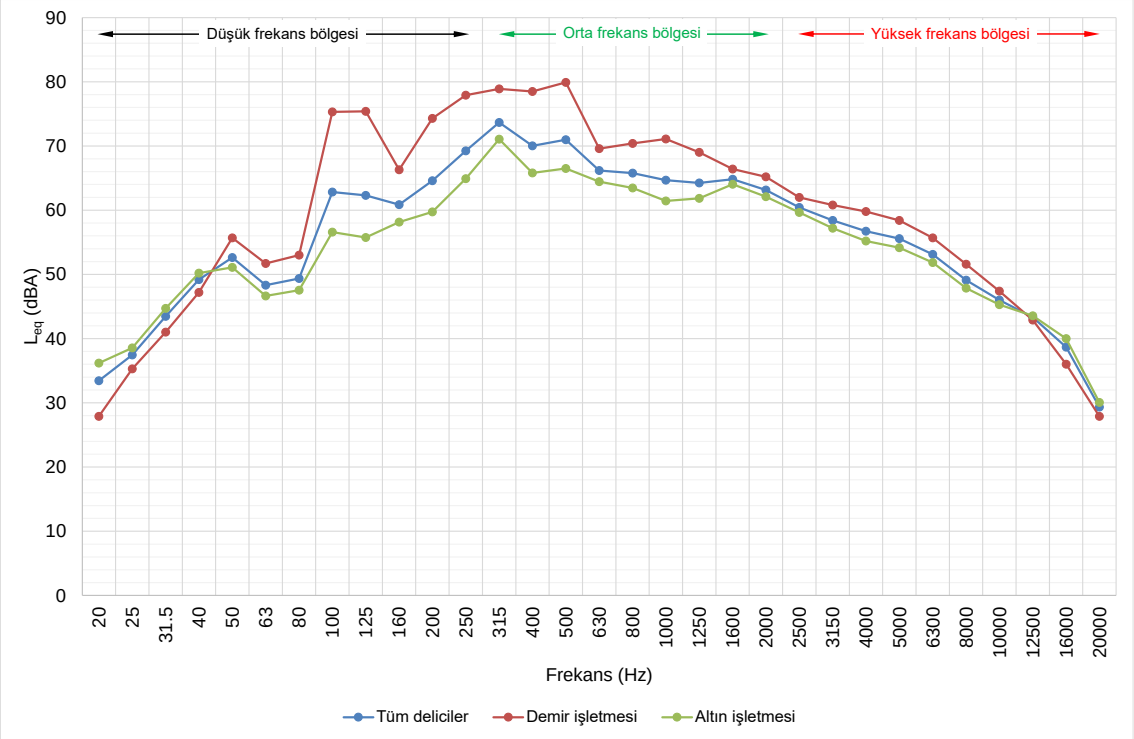
5.9 Delici Frekans-Gürültü İlişkisi

Tez çalışması kapsamında maden işletmelerinde kullanılan farklı tip ve modelde toplam 3 adet deliciden gürültü ölçümleri alınmış ve frekans-gürültü ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Delicilerin tümünün frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.13'de, işletmelerde kullanılan delicilerin grup ortalamasına göre frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.14'de verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Delici operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi en çok orta frekanslı ses aralığına denk gelmektedir.
b) İşitme sisteminin en çok duyarlı olduğu 1000 Hz ve 6000 Hz frekans aralığındaki gürültü düzeyi azalma eğilimindedir.
c) Delicilerin işletme bazında farklı çalışma koşullarındaki frekans-gürültü ilişkilerinde fazla değişkenlik göstermemektedir. Ancak delicilerin çalıştığı zemin koşuları ve malzeme türü gürültü düzeyini kısmen etkilemektedir.
d) Delicilerin gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.
e) Tüm deliciler dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 27,9 dBA (No_1) ile 77,9 dBA (No_1) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 27,9 dBA (Demir işletmesi) ile 77,9 dBA (Demir işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile artmaktadır.
f) Tüm deliciler dikkate alındığında orta frekanslı sesler 58,6 dBA (No_3) ile 79,9 dBA (No_1) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında orta frekanslı sesler 61,5 dBA (Altın işletmesi) ile 79,9 dBA (Demir işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.
g) Tüm deliciler dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 27,9 dBA (No_1) ile 62,0 dBA (No_1) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 27,9 dBA (Demir işletmesi) ile 62,0 dBA (Demir işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.



Şekil 5.13 Tüm delicilerin frekans-gürültü ilişkisi

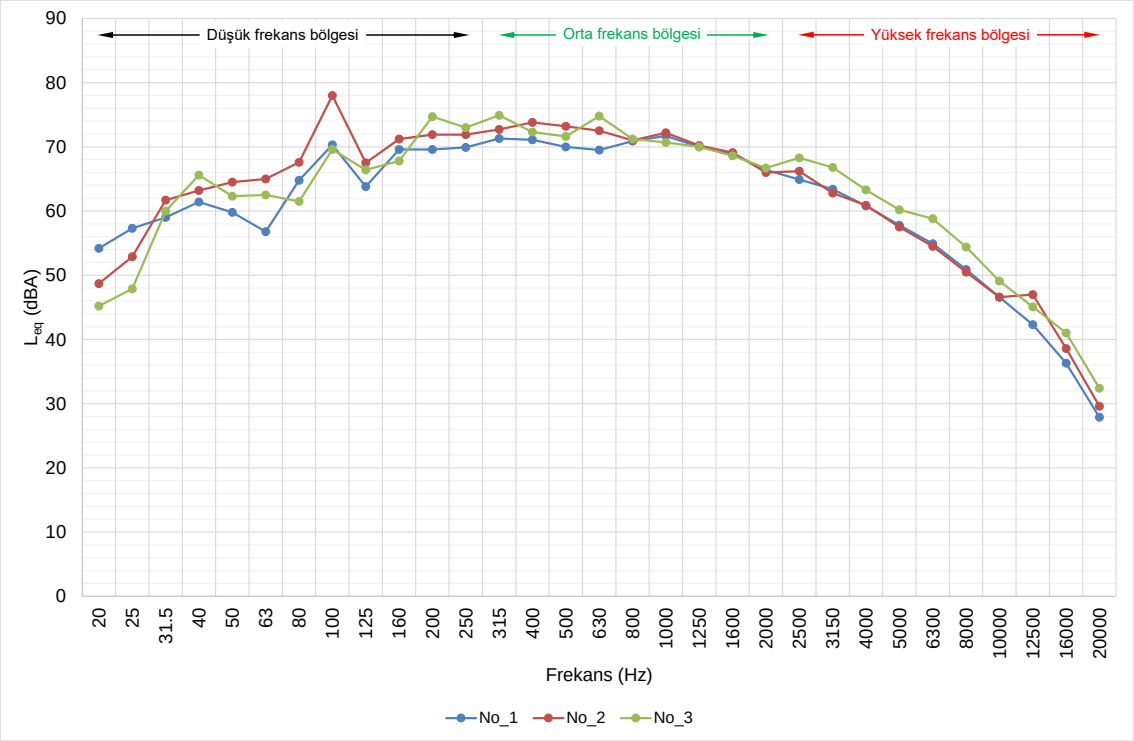


Şekil 5.14 Delicilerin işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi

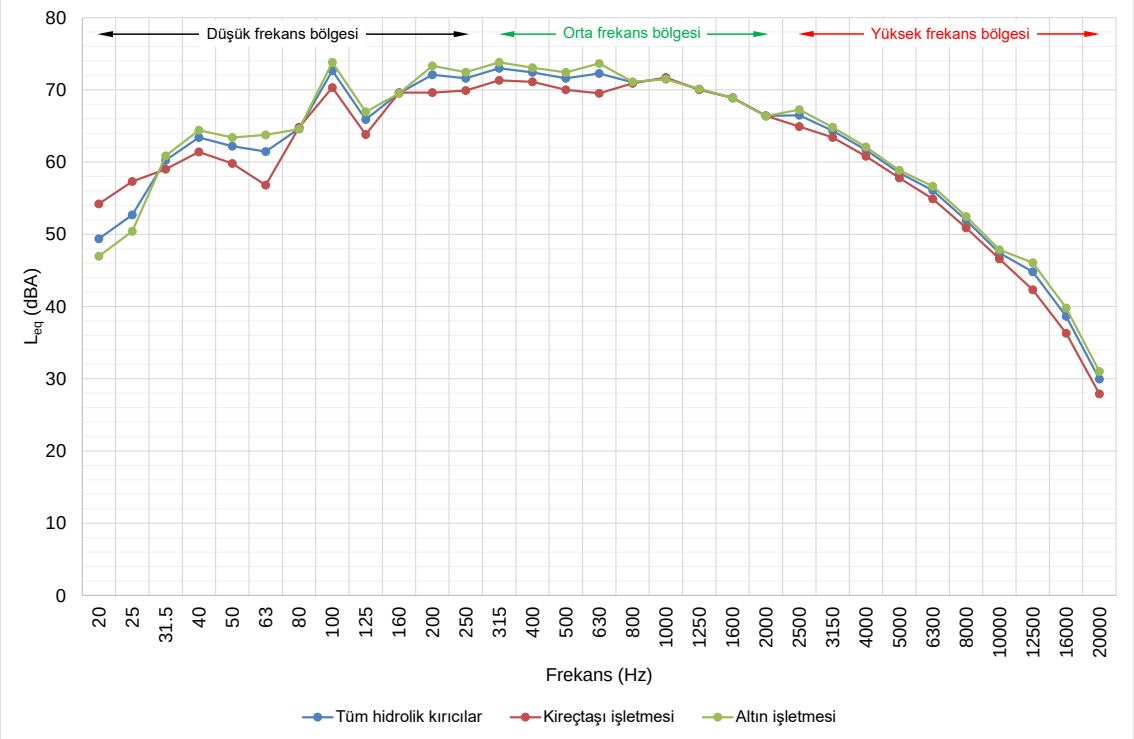
5.10 Hidrolik Kırıcıların Frekans-Gürültü İlişkisi

Tez çalışması kapsamında maden işletmelerinde kullanılan farklı tip ve modelde toplam 3 adet hidrolik kırıcıdan gürültü ölçümleri alınmış ve frekans-gürültü ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Hidrolik kırıcıların tümünün frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.15'de, işletmelerde kullanılan kırıcıların grup ortalamasına göre frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.16'da verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Hidrolik kırıcı operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi en çok orta frekanslı ses aralığına denk gelmektedir.
b) İşitme sisteminin en çok duyarlı olduğu 1000 Hz ve 6000 Hz frekans aralığındaki gürültü düzeyi azalma eğilimindedir.
c) Hidrolik kırıcıların işletme bazında farklı çalışma koşullarındaki frekans-gürültü ilişkilerinde fazla değişkenlik göstermemektedir. Ancak hidrolik kırıcıların çalıştığı zemin koşuları ve malzeme türü gürültü düzeyini kısmen etkilemektedir.
d) Hidrolik kırıcıların gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.
e) Tüm kırıcılar dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 45,2 dBA (No_3) ile 78,0 dBA (No_2) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 47,0 dBA (Altın işletmesi) ile 73,8 dBA (Altın işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile artmaktadır.
f) Tüm kırıcılar dikkate alındığında orta frekanslı sesler 68,6 dBA (No_3) ile 74,9 dBA (No_3) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında orta frekanslı sesler 68,9 dBA (Altın işletmesi) ile 73,8 dBA (Altın işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.
g) Tüm kırıcılar dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 27,9 dBA (No_1) ile 68,3 dBA (No_3) aralığındadır. İşletmelere göre gruplandırma dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 27,9 dBA (Kireçtaşı işletmesi) ile 67,3 dBA (Altın işletmesi) arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.



Şekil 5.15 Tüm hidrolik kırıcıların frekans-gürültü ilişkisi

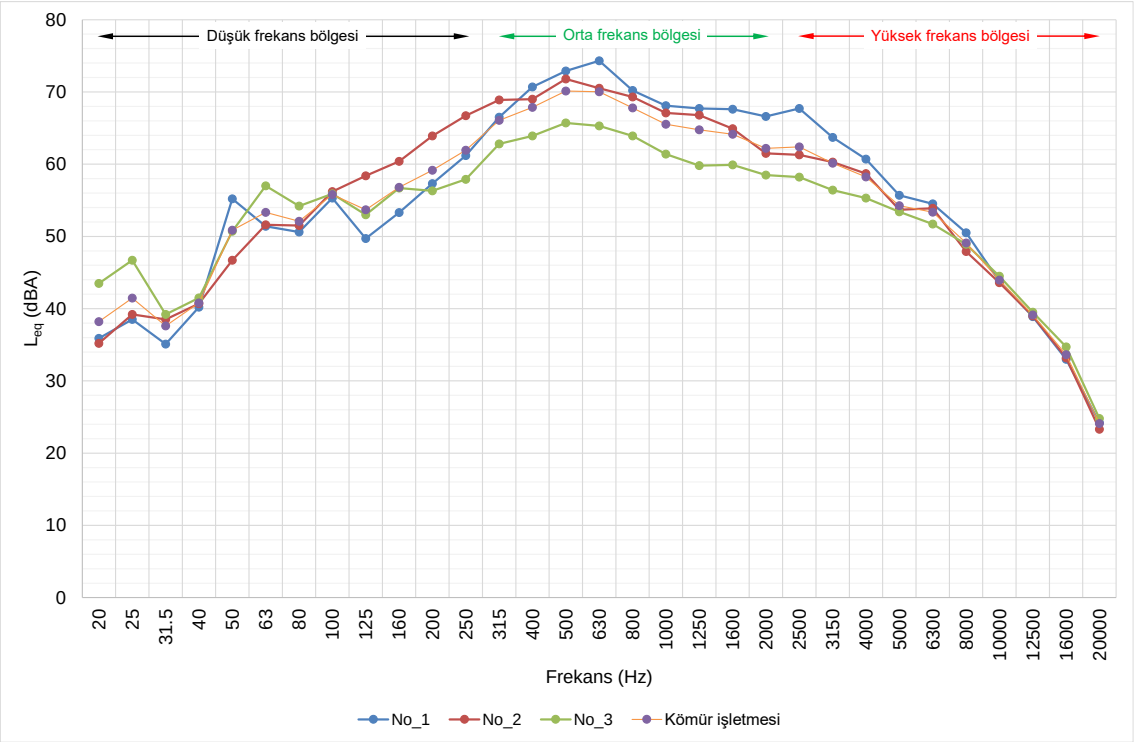


Şekil 5.16 Hidrolik kırıcıların işletmelere göre frekans-gürültü ilişkisi

5.11 Döner Kepçeli Ekskavatörlerin Frekans-Gürültü İlişkisi

Tez çalışması kapsamında kömür işletmesinde kullanılan aynı tip ve modelde toplam 3 adet döner kepçeli ekskavatörden gürültü ölçümleri alınmış ve frekans-gürültü ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Döner kepçeli ekskavatörler yalnızca kömür işletmesinde bulunduğu için tümünün ve bunların grup ortalamasına göre frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.17'de verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Döner kepçeli ekskavatörlerin operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi en çok orta frekanslı ses aralığına denk gelmektedir.
b) İşitme sisteminin en çok duyarlı olduğu 1000 Hz ve 6000 Hz frekans aralığındaki gürültü düzeyi azalma eğilimindedir.
c) Döner kepçeli ekskavatörlerin gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.
d) Tüm DKE'ler dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 35,1 dBA (No_1) ile 66,7 dBA (No_2) aralığındadır. İşletmeye göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 37,6 dBA ile 61,9 dBA arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile artmaktadır.
e) Tüm DKE'ler dikkate alındığında orta frekanslı sesler 58,5 dBA (No_3) ile 74,3 dBA (No_1) aralığındadır. İşletmeye göre gruplandırma dikkate alındığında orta frekanslı sesler 62,2 dBA ile 70,1 dBA arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.
f) Tüm DKE'ler dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 23,3 dBA (No_2) ile 67,7 dBA (No_1) aralığındadır. İşletmeye göre gruplandırma dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 24,1 dBA ile 62,4 dBA arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.

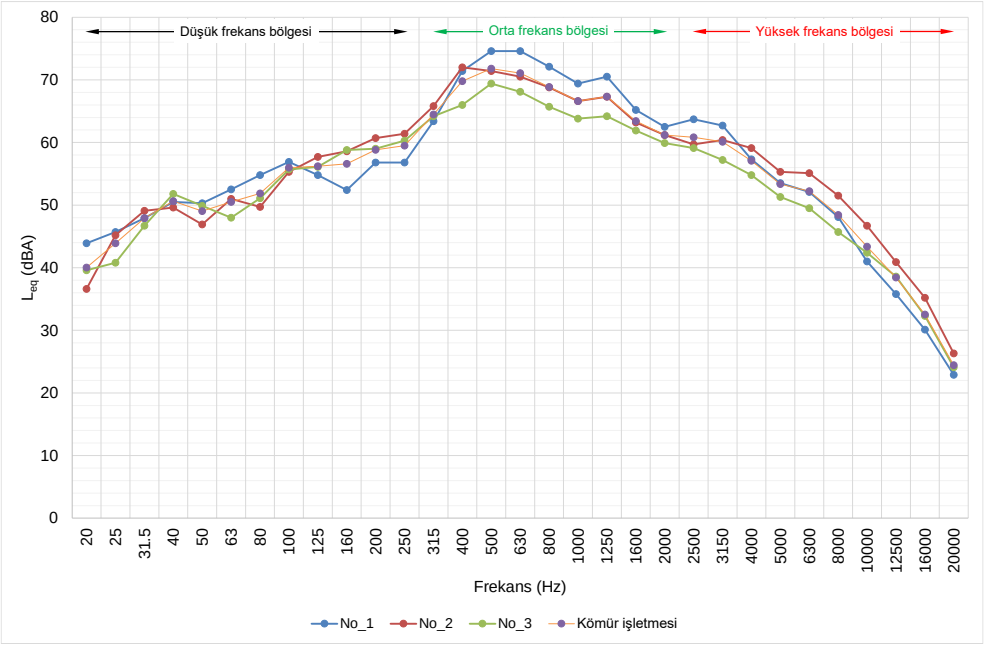


Şekil 5.17 Döner kepçeli ekskavatörlerin bireysel ve grup halinde frekans-gürültü ilişkisi

5.12 DKE Aktarma Araçlarının Frekans-Gürültü İlişkisi

Tez çalışması kapsamında kömür işletmesinde kullanılan aynı tip ve modelde toplam 3 adet DKE aktarma aracının gürültü ölçümleri alınmış ve frekans-gürültü ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Aktarma araçları yalnızca kömür işletmesinde bulunduğu için tümünün ve bunların grup ortalamasına göre frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.18'de verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) DKE aktarma aracı operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi en çok orta frekanslı ses aralığına denk gelmektedir.
b) İşitme sisteminin en çok duyarlı olduğu 1000 Hz ve 6000 Hz frekans aralığındaki gürültü düzeyi azalma eğilimindedir.
c) Aktarma araçlarının gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.
d) Tüm aktarma araçları dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 36,6 dBA (No_2) ile 61,4 dBA (No_2) aralığındadır. İşletmeye göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 40,0 dBA ile 59,5 dBA arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile artmaktadır.
e) Tüm aktarma araçları dikkate alındığında orta frekanslı sesler 59,9 dBA (No_3) ile 74,6 dBA (No_1) aralığındadır. İşletmeye göre gruplandırma dikkate alındığında orta frekanslı sesler 61,2 dBA ile 71,8 dBA arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.
f) Tüm aktarma araçları dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 22,9 dBA (No_1) ile 63,7 dBA (No_1) aralığındadır. İşletmeye göre gruplandırma dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 24,4 dBA ile 60,8 dBA arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.

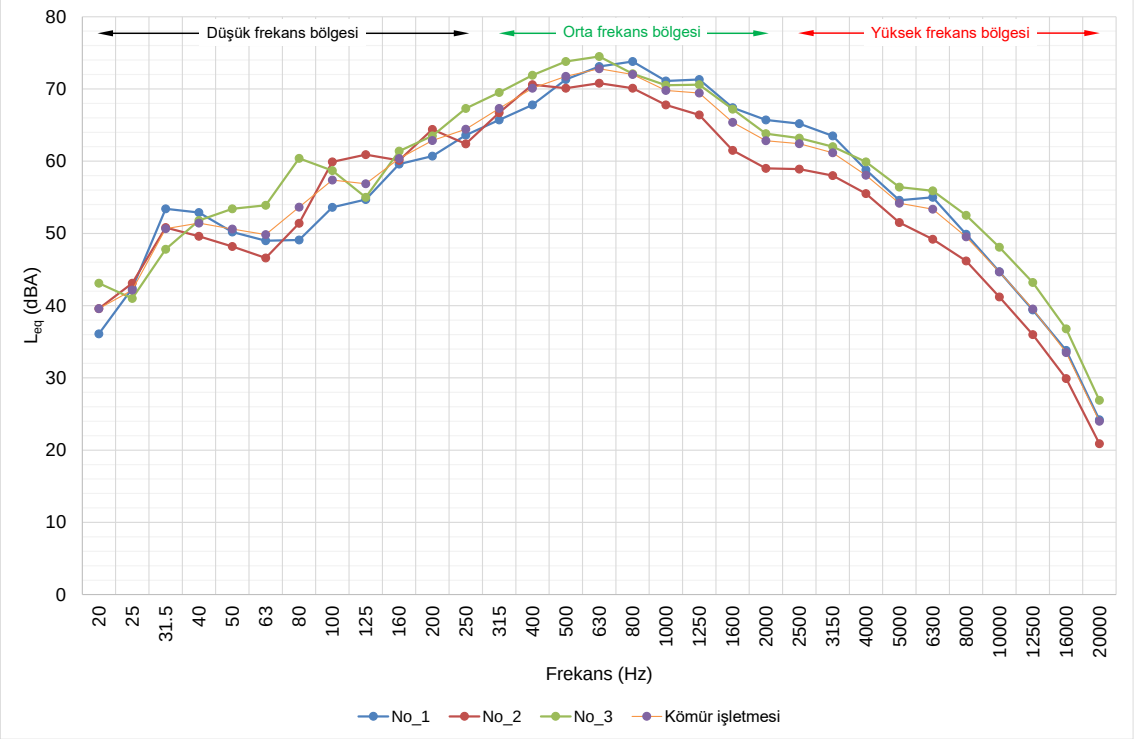


Şekil 5.18 DKE aktarma araçlarının bireysel ve grup halinde frekans-gürültü ilişkisi

5.13 Dökücülerin Frekans-Gürültü İlişkisi

Tez çalışması kapsamında kömür işletmesinde kullanılan aynı tip ve modelde toplam 3 adet dökücünün (spreader) gürültü ölçümleri alınmış ve frekans-gürültü ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Dökücüler yalnızca kömür işletmesinde bulunduğu için tümünün ve bunların grup ortalamasına göre frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.19'da verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Dökücülerin operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi en çok orta frekanslı ses aralığına denk gelmektedir.
b) İşitme sisteminin en çok duyarlı olduğu 1000 Hz ve 6000 Hz frekans aralığındaki gürültü düzeyi azalma eğilimindedir.
c) Dökücülerin gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.
d) Tüm dökücüler dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 36,1 dBA (No_1) ile 67,3 dBA (No_3) aralığındadır. İşletmeye göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 39,6 dBA ile 64,4 dBA arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile artmaktadır.
e) Tüm dökücüler dikkate alındığında orta frekanslı sesler 59,0 dBA (No_2) ile 74,5 dBA (No_3) aralığındadır. İşletmeye göre gruplandırma dikkate alındığında orta frekanslı sesler 62,8 dBA ile 72,8 dBA arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.
f) Tüm dökücüler dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 20,9 dBA (No_2) ile 65,2 dBA (No_1) aralığındadır. İşletmeye göre gruplandırma dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 24,0 dBA ile 62,4 dBA arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.

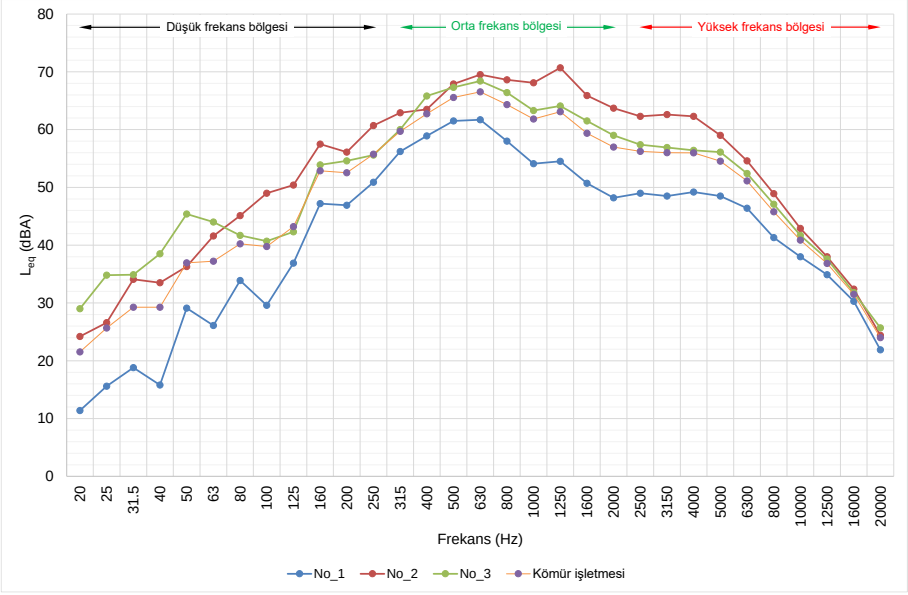


Şekil 5.19 Dökücülerin bireysel ve grup halinde frekans-gürültü ilişkisi

5.14 Kömür Yükleyici/Sericilerin Frekans-Gürültü İlişkisi

Tez çalışması kapsamında kömür işletmesinde kullanılan aynı tip ve modelde 2 adet kömür yükleyici ile bir adet sericiden gürültü ölçümleri alınmış ve frekans-gürültü ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Kömür yükleyici/sericiler yalnızca kömür işletmesinde bulunduğu için tümünün ve bunların grup ortalamasına göre frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.20'de verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Kömür yükleyici/sericilerin operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi en çok orta frekanslı ses aralığına denk gelmektedir.
b) İşitme sisteminin en çok duyarlı olduğu 1000 Hz ve 6000 Hz frekans aralığındaki gürültü düzeyi azalma eğilimindedir.
c) Kömür yükleyici/sericilerin gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.
d) Tüm kömür yükleyici/sericiler dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 11,4 dBA (No_1) ile 60,7 dBA (No_2) aralığındadır. İşletmeye göre gruplandırma dikkate alındığında düşük frekanslı sesler 21,5 dBA ile 55,7 dBA arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile artmaktadır.
e) Tüm kömür yükleyici/sericiler dikkate alındığında orta frekanslı sesler 48,2 dBA (No_1) ile 70,7 dBA (No_2) aralığındadır. İşletmeye göre gruplandırma dikkate alındığında orta frekanslı sesler 57,0 dBA ile 66,5 dBA arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.
f) Tüm kömür yükleyici/sericiler dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 21,9 dBA (No_1) ile 62,6 dBA (No_2) aralığındadır. İşletmeye göre gruplandırma dikkate alındığında yüksek frekanslı sesler 24,0 dBA ile 56,2 dBA arasındadır. Gürültü düzeyi, frekans ile azalmaktadır.



Şekil 5.20 Kömür yükleyici/sericilerin bireysel ve grup halinde frekans-gürültü ilişkisi

5.15 Tüm İş Makinesi Gruplarının Frekans-Gürültü İlişkisi

Tez çalışması kapsamında maden işletmelerinde kullanılan farklı tip ve modelde toplam 67 adet iş makinesi ölçümleri alınmış ve frekans-gürültü ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Tüm iş makinesi gruplarının frekans-gürültü ilişkisi Şekil 5.21'de verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Ölçüm yapılan tüm iş makinesi operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyleri düşük ve orta frekans aralığına denk gelmektedir.

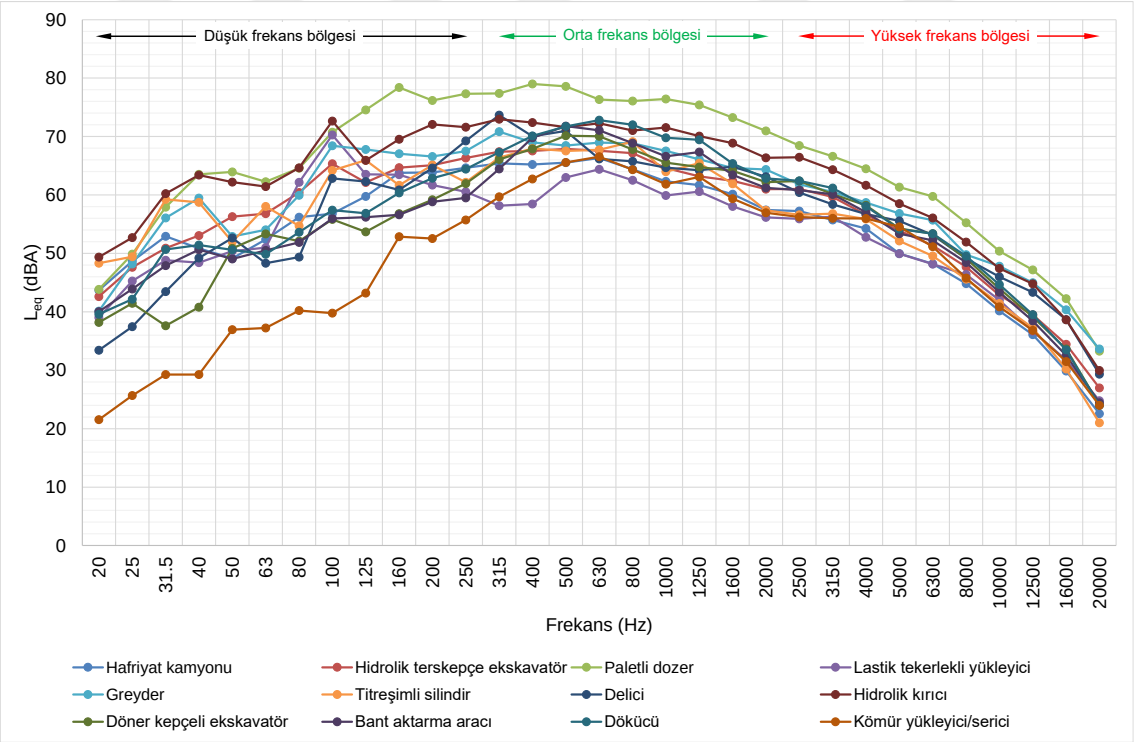
b) Tüm iş makinelerinin gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.

c) Tüm iş makinelerinde çalışan operatörlerin için işitme sisteminin en çok duyarlı olduğu 1000 Hz ve 6000 Hz frekans aralığındaki gürültü düzeyi azalma eğilimindedir.

d) Ölçüm yapılan iş makinesi grupları içerisinde özellikle paletli dozer, greyder ve lastik tekerlekli yükleyicilerin operatörlerinde yorgunluk hissi ve yoğunlaşma bozukluklarına yakalanma olasılığı diğer iş makinelerine göre daha yüksektir.

e) Ölçüm yapılan iş makinesi grupları içerisinde genel anlamda gürültü düzeyleri en düşük olan kömür yükleyici/sericileri, en yüksek olanlar ise paletli dozerlerdir.

f) Ölçüm yapılan iş makinesi gruplarında çalışan operatörlerin maruz kaldığı etkin gürültü düzeyi aralıkları odyogram işitme testi analizleri frekans aralıklarına denk gelmektedir.



Şekil 5.21 Tüm iş makinesi gruplarının frekans-gürültü ilişkisi

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında maden işletmelerinde kullanılan farklı tip ve modelde 67 adet iş makinesinden gürültü ölçümleri alınmıştır. İş makineleri arasında hafriyat kamyonu, terskepçe hidrolik ekskavatör, paletli dozer, greyder, lastik tekerlekli yükleyici, lastik tekerlekli titreşimli silindir, hidrolik kırıcı, delici, DKE, DKE aktarma aracı, dökücü, DKE kömür yükleyici, kömür serici ve terskepçe yükleyici bulunmaktadır. Gürültü ölçümleri Sivas ve komşu illerde yer alan bir yol inşaat çalışması, bir kum ocağı, bir açık kireçtaşı işletmesi, bir açık demir işletmesi, bir açık altın işletmesi ve bir açık kömür işletmesi olmak üzere toplam altı işyerinden alınmıştır.

Ölçümler, bir analiz paket programı kullanılarak iş makinelerinin çalışma evrelerine bölümlendirilerek değerlendirilmiştir. Böylece her iş makinesinde baskın gürültü maruziyetinin oluştuğu evre tespit edilmiştir. Hesaplanan gürültü parametreleri arasında L_{eq}, SEL, L_{10}, L_{50}, L_{90}, L_{99}, $L_{EX,8h}$ ve ölçüm belirsizlik faktörü (σ^*) bulunmaktadır.

İş makinesi gruplarının tümü ve işletmeler için ayrı ayrı olmak üzere ortalama değerler üzerinden frekans-gürültü ilişkileri ortaya çıkarılmıştır.

Verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

a) Tüm iş makinelerinin operatör kabininde kaydedilen eşdeğer ses basıncı değerleri, azalan sıralama ile aşağıda verilmiştir. Paletli dozer en yüksek gürültü maruziyetine neden olurken DKE kömür yükleyici/sericileri en düşük gürültü maruziyetine yol açmaktadır.

İŞ MAKİNESİ	$L_{EX\text{-}8h}$ (ortalama)	$L_{EX\text{-}8h}$ (min)	$L_{EX\text{-}8h}$ (mak)	L_{Aeq} (ortalama)	L_{Aeq} (min)	L_{Aeq} (mak)
Paletli dozer	86,0	80,1	92,1	86,3	80,3	92,4
Hidrolik kırıcı	82,7	81,3	83,7	83,0	81,6	84,0
Greyder	80,0	73,4	87,2	80,3	73,7	87,5
Delici	80,0	74,0	86,3	80,3	74,2	86,6
Dökücü	79,7	78,0	81,0	80,0	78,3	81,3
Titreşimli silindir	78,8	75,8	83,6	79,1	76,0	83,9
DKE aktarma aracı	78,0	75,4	80,4	78,3	75,6	80,7
Hidrolik terskepçe ekskavatör	77,8	74,5	83,6	78,1	74,8	83,9
Döner kepçeli ekskavatör	77,1	73,1	79,9	77,4	73,4	80,2
Lastik tekerlekli yükleyici	75,9	72,5	80,3	76,2	72,8	80,6
Hafriyat kamyonu	75,6	70,7	81,5	76,0	71,0	81,8
DKE kömür yükleyici/serici	73,0	67,3	74,5	73,3	67,6	77,6

b) İş makinesi operatörlerinin gürültü maruziyeti işletmeler bazında değişmektedir. İşletmeler bazında ortalama değerler aşağıdaki verilmiştir. DKE ve bu araç ile bütünleşik biçimde çalışan iş makinelerinin bulunduğu açık kömür işletmesi hariç tutulduğunda lastik tekerlekli yükleyici dışındaki tüm iş makineleri işletmeler bazında farklı gürültü düzeyi oluşturmuşlardır. Sonuçlar genellendiğinde açık demir ve altın işletmelerindeki iş makinelerinin, yol inşaatı, kum ocağı ve kireçtaşı işletmesine göre daha gürültülü çalıştığı görülmektedir.

İşletmeler ➔ / İş makineleri ⬇	Yol inşaat çalışması	Kum ocağı	Kireçtaşı işletmesi	Demir işletmesi	Altın işletmesi	Kömür işletmesi
Hafriyat kamyonu	-	73,0	73,6	76,9	76,6	-
Hidrolik terskepçe ekskavatör*	-	80,1	74,8	79,9	77,8	-
Paletli dozer	80,1	-	-	-	87,9	86,9
Lastik tekerlekli yükleyici	-	76,1	-	-	76,2	-
Greyder	73,7	-	-	-	82,5	-
Lastik tekerlekli titreşimli silindir	83,6	-	-	-	76,4	-
Delici	-	-	-	86,6	77,1	-
Hidrolik kırıcı	-	-	81,6	-	83,7	-
Döner kepçeli ekskavatör	-	-	-	-	-	77,4
DKE aktarma aracı	-	-	-	-	-	78,3
Dökücü	-	-	-	-	-	80,0
DKE kömür yükleyici/serici**	-	-	-	-	-	73,3

* Terskepçe yükleyici bu gruba dâhil edilmiştir.
** Her iki araç aynı gruba dâhil edilmiştir.

c) İş makinesi operatörlerinin çalışma sırasında en yüksek ve en düşük gürültü maruziyetine yol açan evreler aşağıda verilmiştir. En düşük gürültü maruziyeti genellikle bekleme evresinde oluşmuştur. Bu evrede araçlar hareketsiz ve motorları askıda çalışmaktadır.

İş makineleri	En düşük evre	En yüksek evre
Hafriyat kamyonu	YÜKLENME	TAŞIMA
Hidrolik terskepçe ekskavatör	YÜRÜME	HAZIRLIK
Paletli dozer	BEKLEME	YÜRÜME
Lastik tekerlekli yükleyici	BEKLEME	DÖNÜŞ, TESVİYE
Greyder	BEKLEME	DÖNÜŞ
Lastik tekerlekli titreşimli silindir	BEKLEME	GERİ_SIKIŞTIR
Delici	YÜRÜME	BEKLEME
Hidrolik kırıcı	BEKLEME	YÜRÜME
Döner kepçeli ekskavatör	KAZI	YÜRÜME
DKE aktarma aracı	YÜRÜME	İLETİM
Dökücü*	TRANSFER	TRANSFER
DKE kömür yükleyici/serici	DÖNME	TRANSFER

* Çalışma döngüsü tek evreden oluşmuştur.

d) İşletmeler bazında en düşük gürültü maruziyetinin çoğunlukla bekleme evresinde, en yüksek gürültü maruziyetinin ise genellikle araçların temel işlevlerini yaparken oluştuğu söylenebilir.
e) Paletli dozer, lastik tekerlekli yükleyici ve greyder operatörlerinin maruz kaldığı maksimum gürültü düzeyi düşük frekanslı ses aralığına, diğerleri ise orta frekanslı ses aralığına denk gelmektedir.
f) Özellikle paletli dozer, greyder ve lastik tekerlekli yükleyicilerin operatörlerinde yorgunluk hissi ve yoğunlaşma bozukluklarına yakalanma olasılığı diğer iş makinelerine göre daha yüksektir.
g) Ölçüm yapılan tüm iş makinelerinin gürültü değerleri geniş frekans aralığındadır.
h) Ses düzeyinin zamanla değişimine göre sınıflandırma yapıldığında ölçüm yapılan tüm iş makinelerinin gürültüleri kararsız gürültü sınıfına girmektedir.

6.2 Öneriler

Madencilik, işitme kaynaklı meslek hastalığının yoğun olduğu sektörlerden birisidir. Bu sektörde çalışanlar, gürültü kaynaklı işitme kaybının bir meslek hastalığına dönüşebileceği konusunda alınması gereken önlemler ile ilgili olarak düzenli aralıklarla bilgilendirilmelidir. Geçici işitme kaybının tedavisi mümkün iken, kalıcı işitme kaybının tedavisi mümkün olamamaktadır. Bu nedenle işletmelerde gürültü ile ilgili periyodik ölçümler yapılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır. Bunun için ilk önce gürültü ile mücadele kaynakta başlatılmalı, kaynak ve alıcı arasında sürdürülmeli ve son olarak kişide tamamlanmalıdır. Kişisel koruyucu donanımların doğru ve düzenli biçimde kullanılmaları konusunda eğitimler sürdürülmeli, kontrolleri yapılmalı ve personele kontrolün nasıl yapılacağı hususunda bilgi verilmelidir. Diğer yandan, maden işletmelerindeki iş makinelerinin operatör kabinleri ses yalıtımı bakımından düzenli olarak kontrol edilmeli ve bakımları yapılmalıdır. Hasara uğramış kabinlerdeki yalıtımlar en kısa sürede tamir edilmelidir. İş makinelerinin düzenli aralıklarla bakımlarının yapılması gürültü ve titreşim ilintili sorunları en aza indirmeye yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

Alberti, W. (2001). The anatomy and physiology of the ear and hearing. Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control, **Goelzer, B., Hansen, C. H., Sehrndt, G. A.** (Eds.), *World Health Organization*, 52-78, Berlin.

Anonim (1983). TS 2711: Ses düzeyi ölçü cihazları için genel prensipler. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Anonim (1999). TS 2607 ISO: Akustik - mesleki gürültü maruziyetinin belirlenmesi ve gürültü kaynaklı işitme kaybının tahmini. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Anonim (2002). IEC 61672-1: Electroacoustics – sound level meters – part 1: specifications. *International Electrotechnical Commission (IEC)*, Geneva.

Anonim (2009). TS EN ISO 9612: Akustik - mesleki gürültü maruziyetinin belirlenmesi-mühendislik metodu. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Aygör, H. A. (2015). Fiziksel iş yeri düzenleme: gürültü. Ergonomi. *Atatürk Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi*, 1-25, Erzurum.

Badur, T. (1997). Gaziantep kent merkezinin gürültü haritası ve gürültünün işitsel etkileri üzerine bir çalışma, *Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi* (Tıpta Uzmanlık Tezi), 73s, Gaziantep.

Bıçakcı, T. (2011). Trafikten kaynaklanan çevresel gürültü haritalari ve Çukurova Üniversitesi kampüsü örneği. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 120s, Adana.

Bilgili, S., Gürtepe, E., Türkel, E., Altınoluk, H. M., Hüsmen, N., Bütün, A., Ertorun, H. (2011). Çevresel gürültü ölçüm ve değerlendirme kılavuzu. *Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Hava Yönetimi Dairesi Başkanlığı*, 85s, Ankara.

Brüel & Kjær, (1984). Measuring sound (BR0047). *Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S*, 42p, Nærum, Denmark.

Brüel & Kjær, (1998). Basic frequency analysis of sound (BA 7660-06), *Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S*, 33p, Nærum, Denmark.

CCOHS, (1999). Noise control in industry: a basic guide. *Canadian Center for Occupational Health and Safety*, Hamilton, Canada.

Cheremisinoff, N. P. (1996). Noise control in industry: a practical guide, *Noyes Publications*, 190p, New Jersey.

Çakar, Y. (1988). İşyerlerinde gürültü, titreşim ve ışınların insan sağlığına zararları ve koruma, *Mühendis ve Makina Dergisi*, 29(336), 1-2.

Çakır, A. (2010). Ankara'da mobilya imalatı yapan 7 fabrikada gürültü düzeylerinin saptanması ve gürültüye bağlı işitme kayıplarının incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 70s, Ankara.

Çalışkan, M. (2005). Gürültü: temel kavramlar. *Türk Tesisat Mühendisliği Derneği Dergisi*, 39 (Eylül – Ekim), 1-12.

Çetin, O. (2000). OAL'de gürültüye bağlı işitme kayıplarının incelenmesi. *Madencilik*, 39(3-4), 39-45.

Çınar, İ. (2005). Madencilikte gürültü analizi, modellenmesi ve haritalanması. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Doktora Tezi), 141s, Konya.

Çınar, İ., Şensöğüt, C. (2013). Evaluation of noise measurements performed in mining sites for environmental aspects. Int. J. Environ. Res., 7(2), 383-386.

Çınar, İ., Şensöğüt C. (2015). Mermer hazırlama tesislerinde oluşan gürültünün işçiler üzerindeki maruziyet değerlerinin belirlenmesi, *Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 21-22 Aralık, 335-344, Adana.

Çırpar, Ö. (2003). Gürültüye bağlı işitme kaybı ve mastoid pnömatizasyon arasındaki ilişki. Kırıkkale Üniversitesi *Tıp Fakültesi* (Tıpta Uzmanlık Tezi), 80s, Kırıkkale.

ÇSGB, (2013). Çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik. *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı*, 6s, Ankara.

Demir, S. (2012). Kahramanmaraş ili mobilya üretim tesislerindeki gürültü düzeyi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 65s, Kahramanmaraş.

Devren, M. (1999). Gürültüye bağlı işitme kayıplı olguların odyolojik bulguları ve psiko-sosyal yönden karşılaştırılması. *Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü* (Doktora Tezi), 113s, Edirne.

Ediz, İ. G., Beyhan, S., Akçakoca, H., Sarı, E. (2002). Madencilikte gürültüye bağlı işitme kayıplarının incelenmesi. *Türkiye 13. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, 29-31 Mayıs, 13-22, Zonguldak.

Eleftheriou, P. C. (2002). Industrial noise and its effects on human hearing. *Applied Acoustics*, 63(1), 35-42.

Elbistanlıoğlu, B. (1988). Gürültü etkileri ve alınması gereken önlemler. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 29(346), 33-36.

Engel, J. R., Kosala, K. (2007). Sources of vibroacoustic hazards in open-pit mines of mineral raw materials. *Archives of Acoustics*, 32(2), 251-262.

Erarslan, O. (1995). Noise monitoring and control at the E.L.I. Soma coal region in Eynez Mine. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), 113s, İzmir.

Erdem, B., Duran, Z., Doğan, T., Yüksel, H., Yüksek, S. (2016). Maden işyerlerinde gürültü kirliliği. *Proceedings of the 3rd International Symposium on Environment and Morality*, 4-6 November, 856-869, Antalya.

Ergün, F., Toprak, R., Aktürk, N. (2004). Açık ocak maden işletmelerinin neden olduğu çevresel gürültü. *Hacettepe Üniversitesi Çevre Uygulama ve Araştırma Merkezi Çevre Bilimleri Dergisi*, Sayı 6, 1-9.

Engür, A. İ. (2004). Endüstriyel gürültü ve gürültü kontrolü. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 128s, Kocaeli.

Erol, İ., Su, O. (2015). Mekanize bir yeraltı maden işletmesinde gürültü seviyelerinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2), 191-200.

Ertürk, B. (2001). Hidrolik gürültü ve azaltma yöntemleri. *II. Ulusal Hidrolik Ve Pnömatik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, 8-11 Kasım, 213-236, İzmir.

Fişne, A. (2008). Türkiye Taşkömürü Kurumu ocaklarında gürültü koşullarının incelenmesi, etkilenme düzeylerinin istatistiksel analizi ve risk değerlendirmesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Doktora Tezi), 217s, İstanbul.

Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. (1994). Gürültü. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:19. *Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü*, Ankara.

Katırcıoğlu, O. (1998). Bir tekstil fabrikasında gürültüye bağlı işitme kaybı ve etkileyen faktörlerin araştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi* (Tıpta Uzmanlık Tezi), 86s, Denizli.

Kosała, K., Bartłomiej, S. (2016). Analysis of noise pollution in an andesite quarry with the use of simulation studies and evaluation indices. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 22(1), 92-101.

Malchaire, J. (2001). Sound measuring instruments. Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control, **Goelzer, B., Hansen, C. H., Sehrndt, G. A.** (Eds.), *World Health Organization*, 125-140, Berlin.

Massassi, G., Hennies, W. T., Eston, S. M. de (1997). Noise associated with mining excavation equipment. *Proceedings of 6th Symposium on Mine Planning and Equipment Selection*, 3-6 September, 897-901, Ostrava.

May, J. J. (2000). Occupational hearing loss. *American Journal of Industrial Medicine*, 37(1), 112-120.

McBride, D. I. (2004). Noise-induced hearing loss and hearing conservation in mining. *Occupational Medicine*, 54(5), 290-296.

Michael, P. L., Michael, K. L. (2006). Noise measurement. Occupational hearing loss (3rd edition), **Sataloff, R. T., Sataloff, J.** (Eds.), *CRC Press Taylor & Francis Group LLC*, 617-640, New York.

Morioka, I., Miyashita, K., Takeda, S. (1997). Noise-induced hearing loss in working environment and its background. *Journal of Occupational Health,* 39, 5-17.

MSHA, (2000). A guide to conducting noise sampling. Instruction Guide Series IG 32, *U.S. Department of Labor Mine Safety and Health Administration (MSHA)*, 9p, Virginia.

Mutlu, A. (2010). Madencilikte gürültüye bağlı işitme kayıplarının tespiti: taş kırma eleme tesisi örneği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 128s, Eskişehir.

Özgüven, N. (1986). Endüstriyel gürültü kontrolü. *TMMOB Makina Mühendisleri Odası*, Yayın No: 118, Ankara.

Özmen, A. (2014). Çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik hükümlerinin örneklerle ve saha uygulamalarıyla açıklanması. *ÇSGB İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü* (İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi), 151s, Ankara.

Öztürk, A. (2004). Döküm işkolunda gürültü, gürültüye bağlı işitme kayıpları ve bunları etkileyen etmenlerin değerlendirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 69s, İzmir.

Parnell, J. (2015). Acoustic signature of open cut coal mines. *Proceedings of Australian Acoustical Society Conference*, 15-18 November, 1-8, Hunter Valley, Australia.

Pleban, D., Piechowicz, J., Kosała, K. (2013). The inversion method in measuring noise emitted by machines in opencast mines of rock material. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 19(2), 321–331.

Sabuncu, H. (1998). Fiziksel etkilere bağlı meslek hastalıkları. İşyeri hekimliği ders notları, *Türk Tabipler Birliği*, 207-226, Ankara.

Sarı, E. (2001). Madencilikte gürültü sorunu ve gürültüye bağlı işitme kayıpları. *Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü* (Lisans Tezi), Kütahya.

Sezek, H. (2009). İş sağlığı ve güvenliği alanında gürültü ölçümleri, kişisel maruziyet hesaplama, kullanılacak kulak koruyucu seçimi. *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 9(44), 10-13.

Sharma, O., Mohanan, V., Singh, M. (1998). Noise emission levels in coal industry. *Applied Acoustics*, 54(1), 1-7.

Sharland, I. (1972). Fläkt woods practical guide to noise control. *Fläkt Woods Ltd.*, 208p, Colchester, England.

Soydal, U. (2006). Ankara'da bir kamyon ve otobüs fabrikasında 08-16 saatleri arasında çalışan işçilerde işitme kayıpları ve gürültünün fizyolojik ve psikolojik etkilerinin değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü* (Doktora Tezi), 165s, Ankara.

Starck, J., Toppila, E., Laitinen, H., Suvorov, G., Haritonov, V., Grishina, T. (2002). The attenuation of hearing protectors against high-level industrial impulse noise; comparison of predicted and in situ results. *Applied Acoustics*, 63(1), 1-8.

Suter, A. (1994). An occupational noise primer. *Professional Safety*, 39(10), 22p.

Svantek, (2012). SVAN 971 pocket-size sound level meter&analyser, user manual. *SVANTEK Sp. z o.o.*, Warsaw, Poland.

Şahin, K. (1998). Aydın linyit işletmesinde gürültü seviyesinin araştırılması. Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), 114s, Eskişehir.

Şensöğüt, C., Eralp, H. (1998). Ömerler yeraltı ocağındaki gürültü ölçümleri ve öneriler. *Türkiye 11. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, 10-12 Haziran 1998, 43-52, Amasra.

Şensöğüt, C., Çınar, İ. (2007). An empirical model for the noise propagation in open cast mines – a case study. *Applied Acoustics*, 68(9), 1026 – 1035.

Şensöğüt, C. (2007). Occupational noise in mines and its control – a case study. *Polish J. of Environ. Stud.*, 16(6), 939 – 942.

Ünver, B. (1995). Madencilik faaliyetleri sırasında oluşan gürültünün işçi sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin incelenmesi. *Uluslararası Madencilikte İşçi Sağlığı ve Çevre Konferansı Bildiriler Kitabı*, 83-98, Ankara.

Ziel, A. Van Der (1976). Noise in measurements. *John Wiley & Sons Inc.*, 240p, New York.

Url-1 <www.ilo.org>, alındığı tarih: 16.06.2017.

Url-2 <www.osha.eu.int>, alındığı tarih: 01.03.2017.

Url-3 TC Sosyal Güvenlik Kurumu İstatistik Yıllıkları, 2015 yılı istatistikleri, <http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/tr/kurumsal/istatistikler/sgk_istatistik_yilliklari/>, alındığı tarih: 13.05.2017.

Url-4 <http://diagram.aveniqueserumbuy.com/wave-period-diagram/>, alındığı tarih: 14.05.2017.

Url-5 <http://media.openschool.bc.ca/osbcmedia/public/onc/Lesson%20B/B.%20__Properties%20of%20Sound.pdf>, alındığı tarih: 14.05.2017.

Url-6 <http://earzin.com/new-approach-2/>, alındığı tarih: 14.05.2017.

Url-7 <www.rta.nsw.gov.au>, alındığı tarih: 16.05.2017.

Url-8 <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Acoustic/invsqs.html>, alındığı tarih: 16.05.2017.

Url-9 <http://www,cdc,gov/niosh/topics/ohl/>, alındığı tarih: 02.06.2016.

Url-10 <http://www,cdc,gov/niosh/topics/noise/chart-lookatnoise,html>, alındığı tarih: 02.06.2016.

Url-11 <http://www.acoustic-glossary.co.uk/>, alındığı tarih: 20.05.2017.

Url-12 <https://www.bksv.com/media/doc/bo0051.pdf>, alındığı tarih: 15.06.2017.

Url-13 <http://indyashrae.org/downloads/acoustics_101.pdf>, alındığı tarih: 07.06.2017.

Url-14 <https://www.teachmeaudio.com/mixing/techniques/audio-spectrum/>, alındığı tarih: 07.06.2017.

Url-15 <http://www.testroete.com/car>, alındığı tarih: 02.05.2017.

Url-16 <https://users.cs.cf.ac.uk/Dave.Marshall/Multimedia/node271.html>, alındığı tarih: 12.06.2017.

Url-17 <http://www.asha.org/public/hearing/Audiogram/>, alındığı tarih: 12.06.2017.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Hüsnü Yüksel
Doğum Yeri ve Tarihi	Divriği, 1990
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Kardeşler Mah. Suna Sk. No:1/27 SİVAS
E-posta Adresi	yuksel_husnu@hotmail,com
Telefon	(542) 807 5800

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Divriği Lisesi, 2006
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2012
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2017

İş Tecrübesi

Nuri Demirağ MYO	Öğretim Görevlisi, 2012-2013
Ferrocom Madencilik	Vardiya Sorumlusu, 2012-2013
Demir Export A.Ş.	Vardiya Mühendisi, 2012-2014

Yayınlar

Ulusal

Erdem, B., Duran, Z., Doğan, T., Yüksel, H. (2017) Maden işletmelerindeki iş makinesi operatörlerinin gürültü maruziyeti, Madencilik (yayıma kabul edildi).

Kongreler ve Bildiriler

Uluslararası

Erdem, B., Duran, Z., Doğan, T., Yüksel, H., Yüksek, S. (2016) Maden işyerlerinde gürültü kirliliği, 3rd International Symposium on Environment and Morality, 4-6 November, Alanya.

Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler