

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MADENCİLİKTE GÜRÜLTÜ ANALİZİ,
MODELLENMESİ VE HARİTALANMASI

İbrahim ÇINAR
DOKTORA TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Konya, 2005

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MADENCİLİKTE GÜRÜLTÜ ANALİZİ, MODELLENMESİ VE
HARİTALANMASI

İBRAHİM ÇINAR
DOKTORA TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 09/12/2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT	Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY	Prof. Dr. Sedat TEMUR
(Danışman)	(Üye)	(Üye)

Prof. Dr. İ. Göktay EDİZ	Doç. Dr. Veysel ZEDEF
(Üye)	(Üye)

ÖZET

Doktora Tezi

MADENCİLİKTE GÜRÜLTÜ ANALİZİ, MODELLENMESİ VE HARİTALANMASI

İbrahim ÇINAR

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

2005, 141 Sayfa

Jüri : Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY

Prof. Dr. Sedat TEMUR

Prof. Dr. İ. Gökay EDİZ

Doç. Dr. Veysel ZEDEF

Bu tez kapsamında öncelikle çevresel gürültü ve buna paralel olarak madencilikte gürültü şartları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Gürültünün insan sağlığına etkileri ve bu konuda ülkemizde ve dünyada yapılmış yasal düzenlemelere değinilen çalışma kapsamında daha sonra kurulan deney düzeneği ile gürültü dağılımına etki edebilecek çevresel faktörler tespit edilerek, gürültünün arazide yayılımının bulunmasına yönelik deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmalarda sıcaklık, nem, basınç, rüzgar hızı ve rüzgar yönü meteorolojik faktörler olmak üzere, fazla sayıda gürültü kaynağının olması durumu 10000 m²'lik bir alanda kurulan 121 ölçüm istasyonu ile diğer tüm gürültüden arındırılmış bir ortamda 7 farklı band merkez frekans değerlerinde yapılmıştır. Bununla beraber farklı seviyede gürültüler oluşturularak farklı gürültü düzeylerinin de yayılımı incelenmiştir. Yüzeyden yansıyan dalgaların etkisi yine deneysel olarak belirlendikten sonra açık işletmede uygulama çalışmalarına geçilmiştir.

Elde edilen deneysel bilgiler doğrultusunda ve açık işletmelerde gürültü kaynakları belirlendikten sonra her bir gürültü kaynağının oluşturduğu eşdeğer gürültü seviyesi (L_{eq}) hesap edilmiştir. Bunun yanı sıra ocak içerisinde gürültünün nasıl yayılacağına yönelik bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Bu model ile ocak içerisinde gürültü haritaları çizilerek, gerçek ölçüm sonuçlarının çizilen haritalarla birlikte verilmesi amaçlanmıştır.

Yapılan deneysel çalışmalarla mesafeye bağlı gürültü yayılımı 0.9884, yansıyan dalgaların miktarı 0.90015, atmosfer şartlarının etkisi 0.56580 ve fazla sayıdaki gürültü kaynağının etkisi 0.62976 korelasyon ile bulunarak model çalışmada ifade edilmiştir.

Model uygulamasının yapıldığı Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) Tunçbilek açık işletmesinde 48-Panoda 312 ölçüm istasyonu kurulmuştur. Bu istasyonlarda gürültü kaydı yapılırken yine pano içerisinde kurulan meteoroloji istasyonunda da atmosfer şartları kayıt edilmiştir. Kurulan ölçüm istasyonlarında yaklaşık 95000 gürültü değeri okunmuştur. Elde edilen verilerin eşdeğer gürültü değerine çevrilmesiyle kullanılan Netcad 4.0 programı ile bölgenin gürültü haritası çıkarılmıştır. Ölçüm istasyonlarının şeve uzaklıkları, ocak yoluna uzaklıkları, gürültü kaynaklarına uzaklıkları çıkarılarak, atmosfer şartlarıyla birlikte formülasyona tabii tutularak bu noktalarda oluşacak gürültü seviyeleri model yardımı ile bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Gürültü, Eşdeğer Gürültü Seviyesi, Gürültü Tahmin Modeli, Açık İşletme, Gürültü Kirliliği, Çevre Akustiği, İşitme Kaybı.

ABSTRACT
PhD Thesis

NOISE MONITORING, MODELLING AND MAPPING IN MINING

İbrahim ÇINAR
Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mining Engineering
Supervisor : Prof.Dr. Cem ŞENSÖĞÜT
2005, 141 Pages

Jury : Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT
Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY
Prof. Dr. Sedat TEMUR
Prof. Dr. İ. Gökay EDİZ
Assoc. Prof. Dr. Veysel ZEDEF

In this thesis, environmental noise together with primary noise conditions in mining have been evaluated in detail. Effect of noise to the health of human beings and the legal settings put into operation in Turkey and in the world have also been mentioned. Additionally, environmental factors affecting the noise dispersion have been defined by the use of experimental set up installed for this purpose. Following that, experimental works have been carried out to ascertain the dispersion mechanism of the noise in the open fields.

During this work, experiments were realized in a field having 10000 m² area purified from any noise on 121 survey stations with 7 different frequency values. Meteorological factors such as temperature, humidity, pressure, velocity and direction of wind were also taken into consideration. In addition, the dispersion of the noise in different levels composed on purpose was examined. The effect of the noise waves reflected from any surface was experimentally investigated. Hereafter, application of experimental works was made on an open cast mine.

After the sources of noise at open cast mines were assessed by the usage of the experimental data, the equivalent level of noise (L_{eq}) was calculated for each source of noise. Nevertheless, an estimation model was developed aimed at finding how the noise is dispersed at an open cast mine. By the utilization of this model, noise map of the open cast mine was drawn. It was the scope of this work to give the map of noise together which was obtained through in-situ measurements and from the model developed.

The correlations are obtained such as 0.9884 for the dispersion of the noise depending on the distance, 0.90015 for the reflected waves of noise, 0.56580 for the effect of meteorological factors and 0.62976 for the effect of multiple sources of noise respectively and expressed in the model work.

312 survey stations were set up at the Panel 48 of Tuncbilek open cast mine, Western Lignite Corporation (WLC) where the noise model was applied. While recording the noise data at these stations, atmospheric conditions were also recorded from the meteorological station installed in-situ. Approximately 95000 values of noise were recorded from these stations. By the use of the program Netcad 4.0, the map of noise was drawn after the transformation of the noise data to the equivalent levels of noise. The distances of the survey stations to the bench slopes, to the haul roads and the sources of noises were first determined. However, the data were used in a formula together with the atmospheric data in order to introduce the noise levels expected in any area of the open cast mine by the employment of the model developed during this work.

Key Words: Noise, Equivalent Sound Level, Noise Prediction Model, Surface Mining, Noise Pollution, Environmental Acoustics, Hearing Loss.

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarımın başından sonuna her konuda yardımlarını hiç esirgemeyen ve yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT'e şükranlarımı sunar, teşekkür ederim. Tez süresince çalışmalarımı belirli aralıklarla kontrol ederek yön veren Sayın Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY ve Sayın Prof. Dr. Sedat TEMUR'e teşekkür eder, saygılar sunarım. Çalışmamda araştırma projelerinin desteklenmesine imkan veren Rektörüm Sayın Prof. Dr. Süleyman OKUDAN'a ve en büyük maddi desteği sağlayan S.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim. Ayrıca bilgi ve desteklerini gördüğüm Sayın Yrd. Doç. Dr. İhsan ÖZKAN'a, Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat ÜNAL'a ve Dr. A. Hadi ÖZDENİZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca harita çizimi konularında bilgilerinden faydalandığım Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat YAKAR'a ve Arş. Grv. Cemal Özer YİĞİT'e teşekkür ederim. Ekipman alımı ve deney düzeneğinin hazırlanması konusunda yardımlarını gördüğüm Sayın H. İbrahim AYDIN'a ve arazi çalışmaları sırasında büyük bir özveri ile çalışan Maden Mühendisi Sayın Alaaddin ÇELİK'e teşekkür ederim.

GLİ Tunçbilek Açık İşletmesinde yapmış olduğum ölçümlerin alınmasına müsaade eden Müessese Müdürü Sayın Paşa KAYA'ya, çalışmalarına yardımcı olan Maden Yüksek Mühendisi Sayın Mehmet TAKSUK'a ve topograf Sayın İlkey GÜRE'ye ve yardımlarını esirgemeyen tüm işletme personeline şükranlarımı sunar, teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında hep yanımda olan ve devamlı teşvik eden eşim Sultan ÇINAR'a ve aileme manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. SES VE GÜRÜLTÜNÜN TANIMI	4
2.1. Sesin Yapısı	4
2.2. Gürültünün Yayılması	8
2.3. Gürültü Düzeyleri ve Yasal Sınırlamalar	10
2.4. Malzemelerin Ses Yalıtımı	16
2.5. Bazı Gürültü Ölçüm Sonuçları	17
2.5.1. Yerleşim merkezlerinde yapılan çalışmalar	17
2.5.2. Madencilik sektöründe yapılan çalışmalar	21
2.5.3. Yurt dışında yapılan çalışmalar	22
3. GÜRÜLTÜNÜN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ VE KORUNMA YÖNTEMLERİ	26
3.1. İşitme Mekanizması	29
3.2. İşitme Kaybının Oluşumu	29
3.3. Fizyolojik Etkiler	33
3.4. Psikolojik Etkiler	34
3.5. Gürültüden Korunma Yöntemleri	35

İÇİNDEKİLER(devam)

4. MODELLEME YÖNTEMLERİ	40
4.1. Eşit Akustik Merkez Teorisi	45
4.2. Zemin Absorbsiyon Modeli	48
4.3. Duvar-Set Absorbsiyon Modeli	50
5. DENEYSEL ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	58
5.1. Kullanılan Cihazların Teknik Özellikleri	58
5.1.1. AZ 8921 digital ses seviyesi ölçer	58
5.1.2. Oregon WMR 112 meteoroloji istasyonu	59
5.1.3. Stromer SK 3000 jeneratör	59
5.1.4. Garmin GPS III Plus	59
5.1.4. Diğer cihazlar	60
5.2. Çalışma Prensibi	60
5.2.1. Üç noktadan alınan ölçümler	62
5.2.2. Genel dağılımın belirlenmesi	66
5.2.2.1. Tek gürültü kaynağı çalışmaları	67
5.2.2.2. İki gürültü kaynağı çalışmaları	70
5.2.3. Yansıyan dalgaların belirlenmesi	71
6. ARAZİ ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	76
6.1. Uygulamanın yapıldığı İşletmenin Tanıtımı	76
6.2. Bölge Coğrafyası	76
6.3. Jeolojisi	77
6.4. Açık Ocağın Tanıtılması	77
6.5. İşletmedeki Gürültü Kaynakları	79
6.6. Gürültü Şiddetinin Ölçülmesi	82
6.7. Çalışma Planı	82

İÇİNDEKİLER(devam)

6.8. Ölçüm Sonuçları	83
7. GÜRÜLTÜ HARİTALARININ OLUŞTURULMASI	85
7.1. GPS Okumalarının Coğrafik Koordinatlara Çevrilmesi	85
7.2. Gürültü Haritalarının Teorik Çalışmalar Yardımıyla Oluşturulması	86
7.3. Model Uygulaması	92
8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	95
8.1. Sonuçlar	95
8.2. Öneriler	98
KAYNAKLAR DİZİNİ	100
EKLER	111
EK 1. Üç noktadan yapılan ölçüm sonuçları	111
EK 2. Tek gürültü kaynağı tüm frekanslar için hesaplanmış eşdeğer gürültü seviyeleri	117
EK 3. Tek Gürültü kaynağı farklı frekanslar için gürültü haritaları	120
EK 4. İki gürültü kaynağı tüm frekanslar için hesaplanmış eşdeğer gürültü seviyeleri	123
EK 5. Coğrafi ve grid dönüşümlerini yapmak için gerekli formülasyonlar	126
EK 6. 48 nolu Panoya ait ölçüm sonuçları	129
EK 7. 48 nolu Panonun coğrafik haritası	136
EK 8. Ölçümler sonucuna göre çizilen gürültü haritası	137
EK 9. Model yardımıyla bulunan eşdeğer gürültü seviyeleri	138
EK 10. Modele göre çizilen gürültü haritası	141

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Oktav bant aralıkları ve merkez frekansları	6
Çizelge 2.2 Bazı ortamlarda sesin ortalama yayılma hızları	8
Çizelge 2.3 Gürültü seviyeleri örnekleri	10
Çizelge 2.4 Çeşitli endüstri dallarındaki gürültü seviyeleri	11
Çizelge 2.5 Maden işletmelerindeki bazı ekipmanların gürültü seviyeleri	12
Çizelge 2.6 Bazı teçhizat tipine göre müsaade edilebilir ses gücü seviyesi	14
Çizelge 2.7. Endüstriyel tesisler için çevresel gürültü sınır değerleri	15
Çizelge 2.8 Bazı ülkelerin gürültü seviyesi standartları	15
Çizelge 2.9 Ses basınç seviyelerinin birlikte etkisi	16
Çizelge 2.10 Taş kırma tesislerinde ölçülen gürültü düzeyleri	21
Çizelge 2.11 FHWA modelinde basit gürültü seviyeleri	23
Çizelge 2.12 Farklı tipteki toprak kamyonlarının maksimum ve minimum gürültü seviyeleri	25
Çizelge 3.1 Gürültünün neden olduğu tahmini işitme kaybı riski	31
Çizelge 3.2 Haftada süresi 10 dakika-40 saat olan 80-120 dB(A) ses seviyesi için etkisi altında bulunan kısmi gürültü için indisler	32
Çizelge 3.3 Etkisi altında bulunan karmaşık gürültü için indis ile eşdeğer sürekli ses seviyesi arasındaki ilişki	33
Çizelge 4.1. Değişik durumlar için yönelim faktörleri ve indeksleri	42
Çizelge 4.2 Farklı zemin özelliklerine göre kullanılan katsayılar	50
Çizelge 4.3 Yol yüzey katsayıları	55
Çizelge 4.4 Farklı durumlar için ΔL_V , ΔL_S , ΔL_G katsayıları	57
Çizelge 5.1 AZ 8921 dijital ses seviyesi ölçer teknik ve genel özellikleri	58
Çizelge 5.2 Oregon WMR 112 meteoroloji istasyonu teknik özellikleri	59
Çizelge 5.3 Stromer SK 3000 jeneratör teknik özellikleri	59
Çizelge 5.4 Bir dakikalık gürültü ölçüm verileri	64

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Çizelge 5.5 Rüzgar etkisi hesaplanması	65
Çizelge 5.6 GPS okumaları	68
Çizelge 5.7 Yansıyan dalga çalışmalarıyla hesaplanmış L_{eq} değerleri	74
Çizelge 5.8 Yansıyan dalga nedeniyle gürültü seviyesindeki artış miktarları	74
Çizelge 6.1 GLİ yıllık tüvenan kömür üretimi	78
Çizelge 6.2 Açıkkocak makina parkı ve kapasiteleri	79
Çizelge 6.3 Elektrikli ekskavatörlerin eşdeğer gürültü düzeyleri	80
Çizelge 6.4 Wabco kamyon sürücülerinin maruz kaldığı gürültü seviyeleri	81
Çizelge 7.1 İşletmeye ait bazı poligon noktalarının koordinatları	86
Çizelge 7.2 Çevirim sonucu elde edilen değerler ve hata miktarları	86
Çizelge 7.3 Farklı gürültü seviyeleri için “a” katsayıları	88
Çizelge 7.4 Aktif olarak kullanılan yollardaki istasyonlar	93
Çizelge 7.5 Ocak yollarındaki eşdeğer gürültü seviyeleri	94

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Sesin basınç dalgası olarak grafiksel tanımlanması	5
Şekil 2.2 Arı seslerde eş yükseklik düzeyleri	8
Şekil 2.3 Değişik sıcaklıklarda sesin kuru hava içerisinde yayılma hızları	9
Şekil 2.4 İki odalı ses yalıtımı ölçüm düzeneği	16
Şekil 3.1 Gürültünün insan davranışlarına etkileri	27
Şekil 3.2 Kulağın anatomik gösterimi	29
Şekil 3.3 Gürültülü ortamda sağırlaşma olasılığı	30
Şekil 3.4 Zarar verme risk seviyeleri	31
Şekil 3.5 Gürültü kontrolü akım şeması	35
Şekil 4.1 Gürültünün tahmininde kullanılan modellerin genel akım şeması	40
Şekil 4.2 Eşit akustik merkez teorisi	45
Şekil 4.3 Zeminde ve atmosferde sesin yansıması	48
Şekil 4.4 Bir duvar üzerinden sesin geçiş geometrisi	51
Şekil 4.5 Şev gölgesindeki gürültü miktarının tahmini	52
Şekil 5.1 Deney düzeneği akım şeması	61
Şekil 5.2 Deney düzeneği genel görünüşü	61
Şekil 5.3 Üç noktadan alınan ölçümler	62
Şekil 5.4 Gürültü seviyesi verilerinin kaydedilmesi	63
Şekil 5.5 Sıcaklık ve neme bağlı olarak nemli hava için gaz sabiti	64
Şekil 5.6 Rüzgar yönleri ve etkili olduğu açılar	65
Şekil 5.7 Tek gürültü kaynağı çalışma planı	67
Şekil 5.8 Tek gürültü kaynağı 2000 Hz gürültü haritası	69
Şekil 5.9 İki gürültü kaynağı çalışma planı	70
Şekil 5.10 İki gürültü kaynağı 2000 Hz gürültü haritası	71
Şekil 5.11 Yansıyan dalga çalışma planı	72

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil 5.12 Yansıyan dalga çalışma alanı genel görünüşü	73
Şekil 5.13 Yansıyan dalgalarında etkili olduğu gürültü haritaları	75
Şekil 6.1 GLİ üretim bölgesi (Tunçbilek) coğrafi konumu	76
Şekil 6.2 Wabco gürültüsü ölçüm sonuçları	80
Şekil 6.3 Gürültü şiddetinin ölçülmesi ve kayıt edilmesi	82
Şekil 6.4 Meteoroloji istasyonu genel görünümü	83
Şekil 6.5 48 nolu Pano eş yükselti eğrileri ve eşdeğer gürültü seviyesi gösterimi	84
Şekil 7.1 Mesafeye bağlı gürültü seviyesi azalımı	87
Şekil 7.2 Yansıyan gürültüyle birlikte mesafeye göre azalımı	88
Şekil 7.3 Fazla sayıdaki gürültü kaynağının etkisi	92

1. GİRİŞ

Son yıllarda diğer endüstri dallarında olduğu gibi madencilik faaliyetlerinde de mekanizasyon olanaklarının artmasıyla, yapılan işin miktarı ve hızı açısından önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Buna paralel olarak da, işletme faaliyetleri sırasında ortama yayılan gürültü miktarında önemli artışlar olduğu görülmekte ve günümüzde büyük bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Modern toplum anlayışının hızla geliştiği günümüzde, insan yaşamının kalitesini düşüren her türlü olumsuz faktörden insanların korunması öngörülmektedir. Bu nedenle çok fazla olumsuz etkisi görülen çevresel gürültünün de analizi ve denetimi son derece önemlidir.

Açık ve yeraltı işletmelerinde; delme patlatma işlemlerinde olduğu gibi kazı ve yükleme işlemlerinde de yüksek seviyelerde gürültü açığa çıkmakta ve yayılmaktadır. Ayrıca, cevher hazırlama tesislerindeki yüksek kapasiteli elek, değirmen, kırıcı gibi ekipmanları da önemli gürültü kaynakları arasında göstermek mümkündür.

Gürültünün şiddeti, gürültüye maruz kalınan süre ve frekansı ile etkilenmenin sürekli ya da kesikli olması ve kişisel duyarlılık ile yaş, gürültüden etkilenme seviyesini doğrudan etkileyen en önemli unsurlardır.

Henüz öneminin tam anlaşılamadığı gelişmekte olan ülkelerde; büyük kentler ve çevresinde kontrolsüz nüfus artışları, plansız ve düzensiz kentleşmeler, endüstride yeni uygulanan tekniklerde ki bilgi yetersizlikleri, çevresel etki değerlendirmesi planlamaları yapmadan yeni ulaşım sistemlerinin oluşturulması, gürültü kontrol mevzuatının yetersizliği, denetleyen devlet kuruluşları arasında ki koordinasyon eksikliği ve ekonomik sebepler gürültü sorununun çözümünü güçleştirmektedir (Hasgür, 1992).

Madencilik sektöründe, ağır iş makinelerinin kullanılması bakımından çalışmalar sırasında aşırı seviyelerde gürültü kirliliği ile karşı karşıya kalmakta ve gürültüsüz bir ortamı bulmak pek mümkün olmamaktadır. Ne yazık ki, bu durum insanlar üzerinde geçici ve kalıcı duyma 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 oluşturmaktadır.

Birçok ülkede olduğu gibi, ülkemizde de gürültüden etkilenmeyi en aza indirmek için yasal zorlamalara gidilmiş, yasa, yönetmelik ve tüzüklere sınırlayıcı maddeler konulmuş ve standartlar getirilmeye çalışılmıştır.

Bu tez çalışmasında da, gürültü ana hatlarıyla tanımlandıktan sonra, madencilik faaliyetleri sonucunda oluşan gürültünün işçi üzerindeki hem işitme kaybı hem de fizyolojik ve psikolojik etkileri belirtilerek, gürültüden korunma yöntemlerinden ve gürültünün tahminine yönelik modellerden söz edilmiştir. Bu modellerden yola çıkarak maden sahalarında gürültü kontur haritaları çıkarılmıştır.

Sekiz bölümde sunulan çalışmanın ilk bölümünde çevresel gürültüye dikkat çekilerek, yüksek gürültü seviyesine değişik alanlarda karşılaşılabılır olduğuna değinilmiştir.

2. Bölümde ses ve gürültünün tanımı yapılarak, sesin yapısı ve yayılımı ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yerleşim bölgelerinde, endüstriyel alanlarda ve madencilikte karşılaşılan gürültü seviyelerine örnekler verilerek ülkemizde ve AB ülkelerinde ki yasal sınırlamalara değinilmiştir.

3. Bölümde işitme mekanizması açıklanarak gürültünün insan sağlığına etkileri fiziksel, fizyolojik ve psikolojik olarak açıklanarak, gürültüden korunma amacıyla geliştirilen yöntemler anlatılmıştır.

Modelleme yöntemlerinin anlatıldığı 4. Bölümde ise çevresel gürültünün dağılımı konusunda hem teorik olarak yapılan hem de uygulamalar şeklinde olan çalışmalar ve sonuçları verilmiştir.

5. Bölüm tez çalışmalarının teorik parametrelerin belirlenmesi konusunu kapsamaktadır. Bu amaçla kullanılan ekipman ve deney düzeneği tanıtıldıktan sonra farklı parametrelerin etkilerini araştırmak için farklı deneysel çalışmalar ayrıntılı olarak bu bölümde verilmiştir.

Arazi ölçüm çalışmalarının değerlendirildiği 6. Bölümde, çalışmanın yapıldığı arazide gürültü kaynakları bireysel olarak incelenmiş, kurulan gürültü ölçüm istasyonlarından alınan veriler ile bölgenin gürültü haritası yüzeysel olarak çıkarılmıştır.

7. Bölümde ise teorik çalışmalar sonucunda bulunan ifadeler kullanılarak çalışma alanına uyarlanmış ve bu bölgede elde edilen gürültü ölçüm sonuçlarıyla birlikte değerlendirilmiştir. Tezin son bölümünde ise elde edilen sonuçlara ve yapılan önerilere yer verilmiştir.

2. SES VE GÜRÜLTÜNÜN TANIMI

Ses, titreşim yapan bir kaynağın hava basıncında yaptığı dalgalanmalar ile oluşan ve insanda işitme duygusunu uyaran fiziksel bir olaydır. Başka bir deyişle katı, sıvı ve gaz ortamlardaki, kulağın algılayabileceği basınç değişikliklerine “ses” denilmektedir.

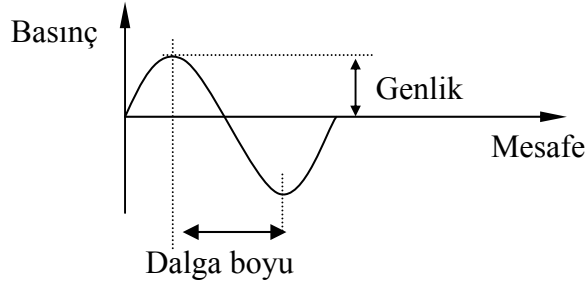
Ses, yer değiştiren dalgalardan meydana gelmiştir. Denebilir ki ses dalgaları birinden diğerine ulaşan materyal ortamların vibrasyonudur. Her materyal komşu partikül üzerine kendinde bulunan hareketi iletme için etki yapar. Bir ortam içinde sesin yayılması, sesin ve ortamın özelliklerine bağlıdır (Öğüt, 2002).

Gürültü; istenmeyen, hoş gitmeyen ses olarak tanımlanabilir. Gürültü de, tüm sesler gibi normal hava basıncının altında ve üstünde basınç değişiklikleri oluşturan bir titreşim aracılığıyla oluşur. Hava basıncında oluşan değişiklikler, işitme organlarına dalgalar halinde gelir ve bunun sonucu ses olarak duyulur (Elbistanlıoğlu, 1988).

Bu tanımdan hemen anlaşılacağı gibi, ses ve gürültü ile ilgili incelemelerin alanı cansız doğaya ilişkin bilimlerle, canlı doğaya ilişkin bilimlerin ara kesitinde yer almaktadır. Bir yanda basınç, hız gibi nesnel ölçülebilir kavramlarıyla cansız doğa ve belirli fizik yasaları; öbür yanda ise işitebilirlik, rahatsız edicilik gibi öznel ve ölçülemez kavramlarıyla canlı doğa ve istatistiksel psiko-fizyoloji yasaları söz konusudur.

2.1. Sesin Yapısı

Ses, bir ortamdaki parçacıkların herhangi bir nedenle titreşmesiyle meydana gelir ve ortamda komşu parçacıkların titreşim hareketini birbirine iletmesiyle, ilerleyen basınç dalgası halinde yayılır. Şekil 2.1’de sesin basınç dalgası olarak yayılması grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 2.1 Sesin basınç dalgası olarak grafiksel tanımlanması

Saf ses sinüzoidal, vibratuar bir hareket tarafından meydana getirilir. Müzikal ses periyodik, fakat sinüzoidal olmayan seslerdir. Bu seslere kompoze veya kompleks sesler de denilmektedir (Öğüt, 2002).

Sesin frekans ve yeğnlik (şiddet) olmak üzere iki temel özelliği bulunmaktadır (İncir, 1980):

- i) Frekans: Sesin tizliğini veya pesliğini belirleyen bir büyüklük olup, saniyedeki çevrim sayısı olarak tanımlanır. Frekans birimi Hertz olup, Hz ile gösterilir. Sağlıklı ve genç bir insan 16 Hz ile 20 000 Hz arasındaki sesleri duyar. Yüksek frekanslı sesler tiz sesleri, alçak frekanslı sesler ise pes sesleri meydana getirir. Herhangi bir f_1 ile f_2 frekans arasındaki aralıkta f_2 'nin f_1 oranı 2 olduğu zaman bu frekans aralığı 1 oktav'dır (TS 1309,1977).
- ii) Şiddet (yeğnlik, amplitüd): Sesi oluşturan titreşimlerin atmosferde yarattığı basınç, sesin şiddeti olarak tanımlanır ve insan sesinde dBA olarak ölçülür (Domaniç ve ark., 1977).

Duyulabilir sesin frekans aralığı, uluslararası standartlara göre merkez frekansları ve bant genişlikleri Çizelge 2.1'de verilen 10 oktav bandına bölünmüştür.

İnsan kulağı çok geniş bir yelpazedeki sesleri algılayabilmektedir (fısıltıdan, roket fırlatılmasına kadar). Bu da 10^6 'ya 1'lik bir basınç oranı aralığına ve 10^{12} 'ye 1'lik bir ses gücü oranı aralığına karşılık gelmektedir. Demek ki insan kulağı sesleri lineer bir ölçekle değil, logaritmik bir ölçekle algılamaktadır. Akustik büyüklüklerin

tanımlanmasında, logaritmik bir ölçek kullanılmasıyla, karşı karşıya kalınan çok büyük rakamlarla uğraşma gereği de ortadan kalkmıştır.

Çizelge 2.1 Oktav bant aralıkları ve merkez frekansları

Merkez frekansı (f_0), Hz	Alt sınır frekansı (f_1), Hz	Üst sınır frekansı (f_2), Hz
31,5	22	44
63	44	88
125	88	177
250	177	355
500	355	710
1000	710	1420
2000	1420	2840
4000	2840	5680
8000	5680	11360
16000	11360	22720

Ses şiddeti için desibel, phon, ve sone gibi birimler tanımlanmıştır.

Desibel, değişik ses şiddetlerinin karşılaştırılmasında kullanılan logaritmik esasa göre seçilmiş bir birimdir. Ses basınç düzeyini veren bağıntı aşağıda verilmiştir (TS 187, 1973):

$$L_p = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{P_{ref}} \right)^2 = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{P_{ref}} \right) \quad [2.1]$$

L_p : Ses basınç düzeyi (dBA)

P : Ses basıncı (dyn/cm², mikrobar)

Sesin güç seviyesi ise Eşitlik [2.2]'de verilmiştir (TS 854, 1970).

$$L_w = 10 \log \left(\frac{W}{W_{ref}} \right) \quad [2.2]$$

L_w : Sesin güç seviyesi, dBA

W : Kaynağın güç seviyesi, watt

Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI) ve Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO)'na göre;

$$P_{\text{ref}} = 2.10^{-5} \text{ Pa (referans ses basınç seviyesi)}$$

$$W_{\text{ref}} = 10^{-12} \text{ Watt yada 1 pikowatt (referans ses gücü seviyesi)}$$

olarak kabul edilmektedir (Pathak, 1996).

$2.10^{-4} \text{ dyn/cm}^2$ (2.10^{-5} Pa)'lik basınç oluşturan ses, duyma eşiği olarak adlandırılmakta ve 0 dBA olarak kabul edilmektedir (TS187, 1973). Değerlendirme değeri desibel olarak, A-ağırlıklı ses seviyesi ölçmelerine dayanır, basit olarak dB(A) olarak belirtilir (TS 2606, 1977).

Phon, gürültünün öznel şiddetini ölçmek için kullanılan boyutsuz bir ölçü birimidir. Aynı şiddette fakat, frekansları değişik seslerin farklı algılanmasından dolayı, 10 dBA ve 1000 Hz ile eş yükseklikte algılanan sesler belirlenmiş ve bunlar bir eş yükseklik eğrisiyle birleştirilerek, 10 Phon için eş yükseklik eğrisi çizilmiştir. Daha sonra bu işlemler 20 dBA basınç düzeyinde, 20 Phon eş yükseklik düzeyi ve diğerleri elde edilmiştir. Şekil 2.2'de arı seslerde eş yükseklik düzeyleri verilmiştir (Poltev, 1985).

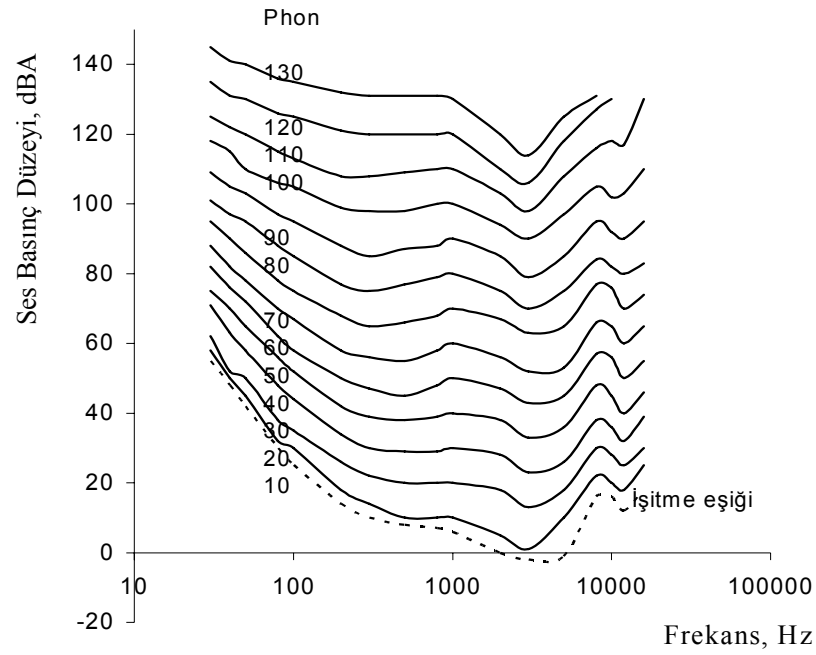
Yine kişiler üzerinde yürütülen çalışmalar, ses yüksekliği düzeyinde her 10 Phon'luk artışın insanda sesin iki kat yükseldiği hissini uyandırdığını ortaya koyduğu tespit edilince, 40 Phon'luk ses düzeyini 1 alarak;

$$S = 2^{\left(\frac{P-40}{10}\right)} \quad [2.3]$$

S: Sone

P: Phon

şeklinde, **Sone** adı verilen yeni bir birim tanımlanmıştır (Poltev, 1985).



Şekil 2.2. Arı seslerde eş yükseklik düzeyleri (Poltev, 1985)

Sone cinsinden şiddet; sesin normal bir dinleyici tarafından algılanan kişisel şiddet değeri ile orantılı sayısal ifade şekli olup, 1 sone birimi, şiddet seviyesi 40 phon olan sesin şiddeti anlamındadır (TS 2494, 1977; TS 187, 1973).

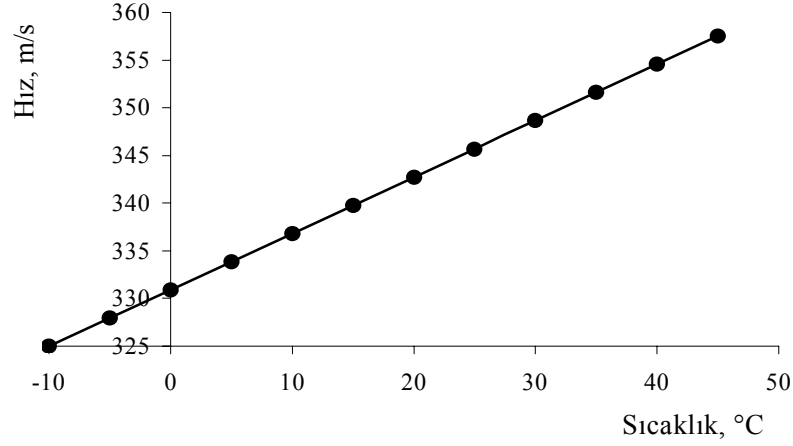
2.2. Gürültünün yayılması

Ses dalgalarının değişik ortamlardaki ilerleme hızı, ortamın fiziksel (elastiklik modülü, yoğunluğu) özelliklerine bağlı bir büyüklük olup ses hızı ve basınçla değişmektedir. Bazı ortamların 20°C sıcaklık ve deniz seviyesindeki ses hızları Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Bazı ortamlarda sesin ortalama yayılma hızları (Sharland, 1972)

Ortam	Yayılma hızı (m/s)	Ortam	Yayılma hızı (m/s)
Hava	344	Beton	3400
Kurşun	1220	Cam	4100
Su	1410	Alüminyum	5100
Tuğla	3000	Çelik	5200
Tahta	3400		

Şekil 2.3’de değişik sıcaklıklarda, deniz seviyesinde, kuru hava içerisinde sesin yayılma hızları gösterilmiştir (Pathak, 1996).



Şekil 2.3. Değişik sıcaklıklarda sesin yayılma hızları (Pathak, 1996)

Sesle ilgili çalışmalarda, ses dalgalarının geometrisi oldukça önemlidir ve yayılma şekilleri ses kaynağına bağlıdır.

Noktasal bir kaynağın, yani titreşim yapan bir noktanın oluşturduğu ses dalgaları, ortamda küresel olarak yayılır ve küresel ses dalgası şeklinde adlandırılır. Doğrusal bir ses kaynağından yayılan ses dalgaları, ortamda silindirik bir şekilde yayılır ve silindirik ses dalgaları olarak bilinir. Eğer ses dalgaları düzlemsel bir kaynaktan yayılıyor ise düzlemsel ses dalgaları olarak bilinir.

Ayrıca, ses kaynağı ya da alıcının birbirlerine göre hareketli olmaları halinde ses frekansında meydana gelen değişiklik, doppler olayı olarak bilinmektedir (Domaniç ve ark., 1977).

Ses kaynağı hareketli ise;

$$f' = \frac{fV}{V \pm v} \quad [2.4]$$

Gözetmen hareketli ise;

$$f' = f \frac{V \pm v}{V} \quad [2.5]$$

olarak hesaplanır. Burada,

f :Doppler frekansı, V :Ses hızı, v :Kaynak hızı, f_0 :Ses frekansı olarak verilmiştir.

2.3. Gürültü Düzeyleri ve Yasal Sınırlamalar

Günlük hayatta karşılaşılan gürültü seviyeleri 60-140 dBA arasında değişmektedir. Ancak 90 dBA'nın üstündeki gürültü değerleri insan sağlığı açısından zararlı kabul edilmektedir (Ünver, 1995). Çizelge 2.3'de değişik gürültü seviyelerine örnekler verilmiştir.

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 ve ark., 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.

Çizelge 2.3 Gürültü seviyeleri örnekleri (Çakar, 1988)

Ses çeşidi	Şiddet (dBA)
Alt duyma sınırı	0
Hafif rüzgarda 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

Değişik endüstri dallarında çok farklı gürültü miktarlarıyla karşılaşılabilir. Çeşitli endüstri dallarında karşılaşılan gürültü seviyeleri Çizelge 2.4’de aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.4 Çeşitli Endüstri Dallarındaki Gürültü Seviyeleri (Suter, 1994)

Gürültü Çeşidi	Gürültü Seviyesi (dBA)	Gürültü Çeşidi	Gürültü Seviyesi (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	85-95
Dizel Lokomotifler	100-110	Bilgisayar odaları	75-80
Anayollar	100-110		

Maden işletmelerinde kullanılan bazı ekipmanların gürültü seviyeleri Çizelge 2.5’de verilmiştir.

Ülkemizde gürültüyle ilgili ilk yasal sınırlamalara bakıldığında şu ifadelerle karşılaşılmaktadır.

Türk Ceza Kanununda, “Her kim, gürültü veya velvele ile mutat hilafı olarak çan ve alatı saire çalarak yahut kanun ve nizam ahkamına muhalif surette gürültülü bir meslek ve sanat icar eyliyerek halkın veya meclis mahfillerin meşguliyet veya huzur ve rahatını ihlal ederse on beş liraya kadar hafif cezayı nakdiye mahkûm olur. Bu fiil gece yarısından iki saat evvelinden sonra işlenirse hafif cezayı nakdi otuz liraya kadardır” (TCK, 1926).

Çizelge 2.5 Maden işletmelerindeki bazı ekipmanların gürültü seviyeleri (Çaldıran, 1995; Massassi et al., 1997; Sharma et. al., 1998)

İş Çeşidi	Şiddet (dBA)
Uzun ayakta üretim, delik delme, zincirli konveyör ile kömür nakli	87-95
Cevher nakledilen kuyubaşı	90-98
Kompresör	90-100
Jeneratör istasyonları	94-95
Ayırma elekleri	95-100
Kör kuyular, cevher transfer noktası	96-98
Kafes vagon giriş-çıkışı, skipler	98-100
Pnömatik ekipmanla galeri ilerlemesi	105-112
Emici ana radyal vantilatör	100-120
Lokomotifler	85-95
Dizel LHD (Load-Haul-Dump)	97-102
Zincirli Konveyör	97-100

Polis Vazife ve Selahiyet Kanununda, “Şehir ve kasabalarda gerek mesken içinde gerek dışında saat 24’den sonra her ne suretle olursa olsun civar halkın rahat ve huzurunu bozacak surette gürültü yapanlar polisçe men olunur. Bu yasağı dinlemeyenler hakkında Ceza Kanununun 546. maddesine göre takibat yapılır” (PVSK, 1934) ifadeleri yer almaktadır.

Son yıllara doğru gelindiğinde; Çevre Kanununda, “Kişilerin huzur ve sükununu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde yönetmelikle belirlenen standartlar üzerinde gürültü çıkarılması yasaktır. Fabrika, atölye, işyeri, eğlence yeri, hizmet binaları, konutlar ve ulaşım araçlarında gürültünün asgariye indirilmesi için gerekli önlemler alınır” (ÇK, 1983).

Ülkemizde; 1475 sayılı İş Kanunundaki İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü’nün 22. maddesinde, ağır tehlikeli işlerin yapılmadığı yerlerde gürültü derecesinin 80 dBA’i geçmemesi, daha çok gürültülü çalışmayı gerektiren işlerin yapıldığı yerlerde gürültü derecesinin en çok 90 dBA olabileceği belirtilmektedir.

Ancak bu durumda işçilere başlık, kulaklık veya kulak tıkaçları gibi uygun malzemeler verilecektir, denilmektedir.

Avrupa Birliği ülkelerince 2000 sonlarından beri gündemde olan, gürültünün azaltılması konusundaki çalışmaların sonucunda ilk olarak yayınlanan 2002/49/EC yönergesinin ardından, sınır değerinin belirlendiği yönerge (2003/10/EC) 15 Şubat 2003 tarihinde Avrupa Birliği Resmi Gazetesinde yayınlanmıştır.

Bu yönergeye göre maruz kalınan gürültü sınır değeri 90 dBA'dan 87 dBA'ya düşürülmüştür. Yönerge ile ilgili maddelerin 15 Şubat 2006 tarihine kadar Avrupa Birliği ülkelerin ulusal mevzuatlarında yer verilmesi gerekmektedir (O.J. 2003).

22 Ocak 2003 tarih ve 25001 sayılı resmi gazetede, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından "Açık Alanda Kullanılan Teçhizat Tarafından Oluşturulan Çevredeki Gürültü Emisyonu ile İlgili Yönetmelik" yayınlanmış ve bu yönetmeliğe göre bazı teçhizatlar için müsaade edilebilir ses gücü seviyesi Çizelge 2.6'da verilmiştir.

İşyerlerinde çalışma verimini etkileyen gürültünün, insan sağlığı üzerindeki etkileri tartışılmayacak kadar fazla olması nedeniyle; ülkemizde Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından "Gürültü Yönetmeliği (GY)" çıkarılmıştır. 15 Şubat 2003 tarihli ve 2003/10/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifi esas alınarak hazırlanan Gürültü Yönetmeliği'ne göre müsaade edilebilir gürültü seviyeleri, gürültüye maruz kalınan süre olarak değerlendirilmiştir. Yönetmeliğe göre sekiz saatlik iş günü için, anlık darbeli gürültünün de dahil olduğu gürültü maruziyet sınır değeri 87 dBA olarak verilmiştir (GY, 2003).

Son olarak, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 25.06.2002 tarihli 2002/49/EC Çevresel Gürültünün Yönetimi ve Değerlendirilmesi Direktifine paralel olarak "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY)" çıkarılmış, 01 Temmuz 2005 tarih ve 25862 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğe göre 1986 yılından beri

kullanılmakta olan Gürültü ve Kontrol Yönetmeliği yürürlükten kaldırılmıştır (ÇGDYY, 2005).

Çizelge 2.6 Bazı teçhizat tipine göre müsaade edilebilir ses gücü seviyesi (Resmi Gazete, 2003)

Teçhizatın tipi	Net kurulu güç P(kW)	Müsaade edilen ses gücü seviyesi (dBA)	
		3 Temmuz 2004'den itibaren	3 Temmuz 2006'dan itibaren
Sıkıştırma makineleri (titreşimli silindirler, titreştirici levhalar)	$P \leq 8$	108	105
	$8 < P \leq 70$	109	106
	$P > 70$	$89 + 11 \log P$	$86 + 11 \log P$
Paletli Dozerler, paletli yükleyiciler, paletli kazıcı yükleyiciler	$P \leq 55$	106	103
	$P > 55$	$87 + 11 \log P$	$84 + 11 \log P$
Tekerlekli dozerler, tekerlekli yükleyiciler, tekerlekli kazıcı-yükleyiciler, damperli kamyonlar, greyderler	$P \leq 55$	104	101
	$P > 55$	$85 + 11 \log P$	$82 + 11 \log P$
Kompresörler	$P \leq 15$	99	97
	$P > 15$	$97 + 2 \log P$	$95 + 2 \log P$

Bu yönetmelikte gürültü seviyesi sınır değerleri, gece ve gündüz ortalamaları olarak ayrılmıştır. Endüstriyel tesisler için çevresel gürültü sınır değerleri, Çizelge 2.7'da verilmiştir. Ayrıca açık alanda kullanılan ekipmanlarda uyulması gereken şartlar, bu yönetmelikte değiştirilmemiş 22 Ocak 2003 tarih ve 25001 sayılı resmi gazetede yayınlanan yönetmelik hükümlerine tabi tutulmuştur (ÇGDYY, 2005).

Bazı ülkelerin gürültü seviyesi standartları ise Çizelge 2.8'de maruz kalma sürelerine bağlı olarak verilmiştir (Davies, 1989).

Çizelge 2.7. Endüstriyel tesisler için çevresel gürültü sınır değerleri (ÇGDYY, 2005)

Alanlar	L _{gündüz} (dBA)	L _{gece} (dBA)
Endüstriyel alanlar (sanayi bölgeleri)	70	60
Endüstriyel ve yerleşimin birlikte olduğu alanlar (ağırlıklı endüstriyel)	68	58
Endüstriyel ve yerleşimin birlikte olduğu alanlar (ağırlıklı yerleşim)	65	55
Kırsal alanlar ve yerleşim alanları	60	50

Çizelge 2.8 Bazı ülkelerin gürültü seviyesi standartları

Ülke	Günlük 8 saatlik gürültü seviyesi (dBA)	Sürenin yarıya inmesi halindeki artış (dBA)
ABD	90	5
Kanada	85	5
İngiltere	90	3
Avrupa Topluluğu	90	3
Avustralya	85	5
Güney Afrika	85	3

Endüstride gürültü hiçbir zaman saf değildir ve çeşitli seslerin bileşeni olarak ortaya çıkmaktadır. Oluşturdukları ses basınç seviyeleri bilinen iki ses kaynağının birlikte çalıştırılmasıyla oluşturacakları yeni ses basınç seviyesinin yaklaşık olarak belirlenmesinde, Çizelge 2.9’de verilen değerler kullanılır (Sharland, 1972; Tör, 1989).

Farklı gürültü seviyelerindeki ortamlarda bulunulması durumunda, bunların ortak etkisi aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır (Pathak, 1996).

$$\frac{t_{1\text{lim}}}{T_1} + \frac{t_{2\text{lim}}}{T_2} + \frac{t_{3\text{lim}}}{T_3} + \dots + \frac{t_{n\text{lim}}}{T_n} < 1 \quad [2.6]$$

Burada;

t_{lim} : limit değerinde izin verilen süre (dk.)

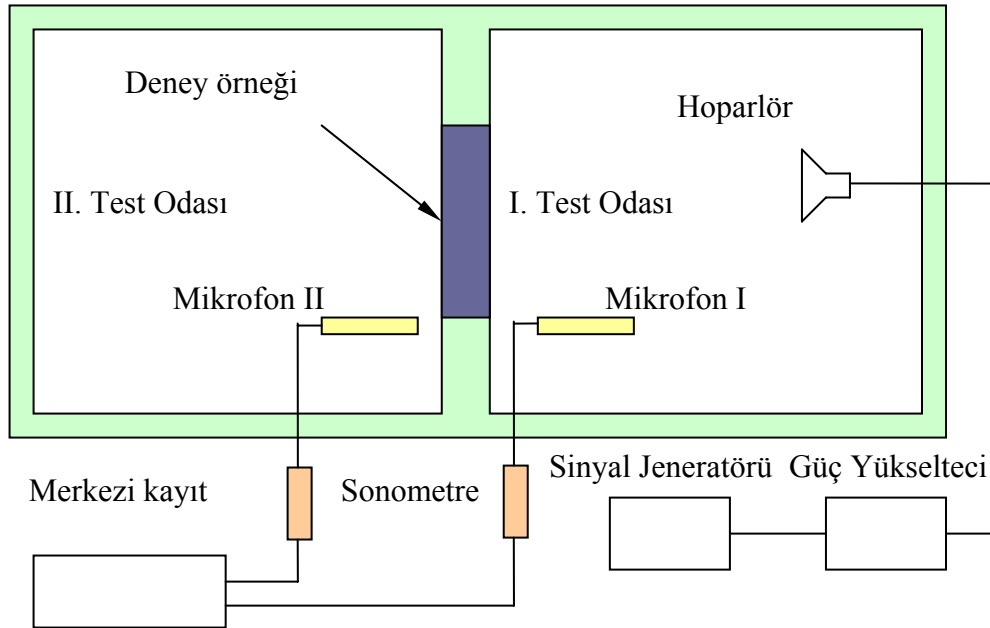
T : gürültüde bulunma süresi (dk.)

Çizelge 2.9 Ses basınç seviyelerinin birlikte etkisi

İki kaynak arasındaki seviye farkı (dBA)	Yüksek olan seviyeye eklenecek miktar (dBA)
0	3.0
1	2.5
2-3	2.0
4	1.5
5-7	1.0
8-9	0.5
10 ve fazlası	0

2.4. Malzemelerin Ses Yalıtımı

Her malzemenin farklı düzeyde ses yalıtım özelliği bulunmaktadır. Ses yalıtım miktarını bulabilmek için kullanılan bir deney düzeneği Şekil 2.4’de gösterilmiştir.



Şekil 2.4 İki odalı ses yalıtımı ölçüm düzeneği (Gündüz,1998)

Deney örneğinin her iki tarafında ki gürültü düzeyleri farklı frekanslarda aynı anda ölçülerek, deney örneğinin ses iletim kaybı belirlenmektedir. Bir malzemenin

ses yalıtım değeri, malzeme üzerine gelen ses basınç düzeyi (dBA) ile malzemeyi geçen gürültünün ses basınç düzeyinin (dBA) farkına eşit olacaktır.

Pomza blok elemanına ait ses yutuculuk ölçüm değeri en yüksek 800-900 Hz'de çıkarken en düşük ses yalıtımı 4000 Hz civarında olduğu görülmüştür (Gündüz ve ark., 2000).

2.5. Bazı Gürültü Ölçüm Sonuçları

2.5.1. Yerleşim merkezlerinde yapılan çalışmalar

Ege Üniversitesi kampüsü içerisinde yapılan bir çalışmada, Pazartesi ve Cuma günü 20 dakika aralıklı gürültü ölçümü yapılmış seçilen beş açık alandaki gürültü seviyesinin 78,3 dBA ile 103,9 dBA arasında değiştiği belirtilmiştir. Kapalı alanda yapılan 9 noktadaki ölçüm sonuçlarına göre de gürültü seviyesinin 78 dBA ile 109,8 dBA arasında değiştiği vurgulanmıştır (Özdamar ve ark., 2001).

Babalık (2003) tarafından bir dokuma fabrikasında gürültü ölçümleri yapılarak gerekli ve doğru önlemler alınmadığı takdirde, bu işletmede mevcut 96 dBA gürültü seviyesi ortamında çalışan işçilerin % 35'inde 20 yıl sonra sağırılık görüleceği vurgulanmıştır.

Korul (2003) tarafından havaalanlarında gürültü kirliliğine yol açan kaynaklar; uçak gürültüsü, uçak motor testi sonucu oluşan gürültü, havaalanı yer faaliyetleri sonucu oluşan gürültü ve inşaat çalışmaları sonucu oluşan gürültü olarak belirlenmiştir.

Akalp (2002) tarafından üç model araçta kabin gürültüsü ölçülmüştür. Buna göre değişik hızlarda 5 saniyelik ölçüm periyotlarında Renault-21(1993)'de 63,3-74,4 dBA, Mazda 323 (1992)'de 66,4-72,6 dBA, Volkswagen Golf (1980)'de 72,6-78,1 dBA gürültü seviyeleri ölçülmüştür.

Aktürk ve ark. (2003) tarafından hızlı raylı ulaşım sisteminin neden olduğu gürültü incelenmiş, geçtiği güzergahta bulunan insanların maruz kaldığı gürültüye dikkat çekilmiş ve alınması gereken önlemler üzerinde durulmuştur.

Ankara Kızılay ve Ulus kavşaklarında, Comminty Noise Model (CNM) 5.0 bilgisayar yazılımıyla kavşaklarda oluşan gürültü araç sayıları tespit edilerek modellenmiş, Kızılay kavşağında 62,9-64,5 dBA olan seviye, ışıktaki bekleme süresi iki katına çıkarılınca 68,5-69,4 dBA olarak, Ulus kavşağında ise 62,9-69,9 dBA olan seviye 65,2-72,6 dBA olarak değiştiği görülmüş ve yeşil dalga'nın nasıl trafikte önemli olduğu vurgulanmıştır (Aktürk ve ark., 2003).

Taşıt motorlarının neden olduğu gürültüyü belirlemek amacıyla 5 farklı model (Renault Broadway, Ford Escort, Tofaş Doğan, Opel Astra, Toyota Corolla) araç için farklı devirlerde (2000-3000-4000 devir/dakika) motor gürültüsü ölçülmüş ve ses seviyelerinin 66,9-83,2 dBA arasında değiştiği görülmüştür (Çetin ve ark., 2002).

Erzurum İl merkezinde yoğunluğun fazla olduğu 126 noktada gürültü ölçümü yapılmış, 96 noktada gürültü seviyesinin izin verilen değerleri aştığı görülmüş, çalışmada kentteki en yüksek ortalama gürültü değerlerinin İstasyon Caddesi (77,54 dBA), Üniversite Caddesi (75,89 dBA) ve İstasyon Kapı Caddesinde (75,48 dBA) olduğu belirlenmiştir (Özer, 1998).

Gaziantep İl merkezinde 37 değişik noktada gürültü ölçümü alınarak 10 noktanın çok tehlikeli olduğu tespit edilmiş ve bu noktalardan biri olan Boyacı Mahallesinde 35 kişi üzerinde odyolojik inceleme yapılarak en çok etkilenen frekansın 4000 Hz olduğu görülmüştür (Badur, 1997).

Gürültünün etkilerini incelemek amacıyla Esenboğa Hava Limanında gürültüye maruz kalan (günde ortalama 91,05+10,38 dBA) 101 işçi, gürültüye maruz kalmayan (günde ortalama 70,00+7,07 dBA) 80 işçi seçilerek yapılan bir çalışmada gürültüye maruz kalan işçilerin % 38,61'inde işitme kaybı tespit edilmiştir. Ayrıca bu

çalışmada gürültüye maruz kalan kişilerde kan basıncı ve çınlama semptomu daha yüksek bulunmuştur (Dalgıç, 1991).

Sivas İl merkezinde 24 noktada gürültü ölçümü ve anket çalışması yapılmış, en fazla rahatsız olunan caddelerin Celal Bayar Caddesi (% 64,86) ve Hikmet Işık Caddesi (% 50) olduğu sonucuna varılmıştır (Atmaca, 1997).

Samsun İl merkezinde seçilen 30 noktada bina dışı ve 2 binada ise bina içi gürültü seviyeleri ölçülmüş, bina dışı ortamda gürültü düzeyi ortalaması 68-79 dBA arasında değiştiği, bina içi gürültüsü ise 50-62 dBA arasında değiştiği ve bu değerlerin GKY (1986)'e göre sınır değerlerin üzerinde olduğu sonucuna varılmıştır (Kuru, 1989).

Demir (1997) tarafından Sivas İli Estaş Döküm Fabrikası'nda gürültü analizi yapılmış ve gürültü seviyelerinin 75-110 dBA arasında ve taşlama bölümü temizleme kabininde 115 dBA'e ulaştığı görülmüş ve her bir ekipman için gürültü kontrolü için öneriler yapılmıştır.

Açık havada farklı bariyer kalınlıklarında gürültü seviyesindeki azalma miktarı incelenmiş, kaynaktan 12 m. mesafeye bariyerler (kalınlıkları 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 m) yerleştirilerek ölçümler alınmış ve bariyer kalınlığı 1 m'den 2 m'ye çıkmasında 4 dBA'lık gürültü seviyesinde azalmanın arttığı görülürken, bariyer kalınlığının 7 m'den 8 m'ye artmasında ise fazladan sadece 1 dBA'lık bir azalmanın olduğu görülmüştür (Çakır, 1999).

Ankara'da 17 kavşak ve 7 bulvarda trafik gürültüsü ölçümleri yapılarak farklı bitkilerin gürültüyü önleme dereceleri belirlenmiştir. Ses kaynağı ile bitki arasına 1 ve 3 m.'lik mesafeler konularak yapılan çalışmalarda, 3 m. mesafenin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Ayrıca farklı frekanslarda da bitkilerin gürültü önleme derecelerinin aynı olmadığı görülmüş ve yüksekliği 1,5 m. üstünde olan çalı ve iğne yapraklı türlerin gürültüyü diğerlerine göre daha iyi engellediği sonucuna varılmıştır (Göktaş, 1999).

Ölçümler sonucunda, yaprak yoğunluğunun artması ile yaprak etkisinin arttığı, yaprak genişliği ve yaprak kalınlığının bu etkiyi artırdığı belirtilmektedir. Ölçümlerin yapıldığı alanlar içinde gürültünün azaltılmasında en etkili alan olarak mısır ürünlerinin olduğu alan tespit edilmiştir. Mısır ürününün bulunduğu alanlar da yüksek düzeyde gürültü azalışının sağlanmasının nedeni, mısırın birim hacimdeki yaprak alanına bağlanmıştır (Ustasüleyman, 1998).

Adapazarı'nda trafikten kaynaklanan gürültü düzeyleri ölçümleri için belirlenen 22 istasyonda, 07-09, 09-11, 15-17, 17-19 saatleri arasında birkaç istasyon dışında (Çark Caddesi Kayın İşhanı önü, Bağlar Caddesi-Serdivan Caddesi Kavşağı, Fen-Edebiyat Fak. Önü), GKY'de trafik gürültüsü için verilen üst sınır olan 70 dBA'yı aştığı görülmüştür (Gezbul, 1996).

Trabzon ve çevresindeki 10 değişik fabrikada yapılan çalışmalarda fabrika içerisinde ve dışında gürültü ölçümleri yapılmıştır. Maksimum toplam gürültü değerlerine göre en yüksek değer, 114,37 dBA olarak Çamlı Çay Fabrikasında ölçülürken en düşük değer 94,60 dBA olarak Kalyon Karotaş İmalathanesinde ölçülmüştür. Tesis dışı çevre gürültüsüne göre ise en yüksek değer 83,4 dBA ile Yavuz Bisküvi Şekerleme Sanayi ve Tic. A.Ş., en düşük değer ise 65,3 dBA olarak Kalyon Karadeniz Adi Komandit Ş.T.İ. ve Kalyon Karotaş İmalathanesinde ölçülmüştür (Kaya, 1998).

Bornava İlçe merkezinde 62 noktada gürültü ölçümü yapılarak bu alanın gürültü haritası çıkarılmıştır. Her bir nokta için 84 ölçüm alınmış ve bu ölçümlerin neticesinde yıllık ortalama gürültü düzeyi $63,04 \pm 6,84$ dBA olarak bulunmuştur. Yıllık ortalama gürültü düzeyi en yüksek mahalle ise Erzene mahallesi (67,86 dBA) olarak gösterilmiştir (Doğan, 2000).

Ankara'da bir tel fabrikasında 231 noktada gürültü ölçümü alınarak yapılan bir çalışmada 100 noktanın gürültü seviyesinin 95 dBA'nın üzerinde olduğu görülerek, çalışma bölgesinin gürültü haritası çizilerek toplam alanın % 43,29'unda gürültü sınır değerinin aşıldığına dikkat çekilmiştir (Yıldız, 1996).

2.5.2. Madencilik sektöründe yapılan çalışmalar

Burada, önceki yıllarda madenciliğin çeşitli kollarında yapılan gürültü ölçüm sonuçlarına değinilmiştir.

1998, 1999 yıllarında Orta Anadolu Linyitleri (OAL) İşletmesi'nde 468 yeraltı işçisi üzerinde odyometrik testlerle saptanmış işitme kayıpları sonuçlarına göre; bunlardan orta-hafif derecede (40-70 dBA işitme kaybı) işitme kaybı saptanan 19 kişide hem saf ses ortalaması, hem de gürültüye bağlı işitme kayıplarının olduğu ve 4 000 Hz'de farklı derecelerde işitme kaybına uğranıldığı tespit edilmiştir (Çetin, 2000).

Garp Linyitleri İşletmesi'nde (GLİ) ve OAL'de yapılan çalışmalarda; yeraltında, açık ocaklarda ve cevher hazırlama tesislerinde gürültü ölçüm sonuçlarının düşük olmadığı, bazı bölgelerde 100-110 dBA değerlerine kadar ulaştığı görülmektedir (Çınar ve ark., 2001; Şensöğüt ve ark., 1999; Şensöğüt, 1998a; Şensöğüt, 1998b; Şensöğüt ve ark., 1998a; Şensöğüt ve ark., 1998b; Tatar ve ark.,1990).

Taş kırma ve eleme tesislerinde de gürültü seviyeleri yüksek düzeylere ulaşabilmektedir. Çizelge 2.10'da Kahramanmaraş ve Gaziantep İllerine mıcır sağlayan iki taş kırma tesisindeki gürültü seviyeleri verilmiştir (Güvercin ve ark.,2003).

Çizelge 2.10 Taş Kırma Tesislerinde Ölçülen Gürültü Düzeyleri (Güvercin ve ark.,2003)

İşletme No	Bölüm	Ölçüm yapılan saatlerde ortalama gürültü düzeyleri dB(A)			
		9 ⁰⁰	13 ⁰⁰	16 ⁰⁰	Ortalama
I	Ana Ünite (Konkasör)	98,2	99,5	97,6	98,4
	Büro ve sosyal tesisler	76,8	80,4	70,8	76,0
	Yatakhane	60,2	63,0	58,0	60,4
II	Ana Ünite (Konkasör)	97,5	98,4	96,9	97,6
	Büro ve sosyal tesisler	74,2	75,2	71,1	73,5
	Yatakhane	58,4	59,8	54,8	57,7

Ergün ve ark. (2003) tarafından bir taş ocağında üç ayrı konkasör etrafında 8'er nokta belirlenmiş ve bu noktalarda yapılan ölçümlere ilaveten her 5 dBA azalmanın olduğu nokta bulunarak, ortamın gürültü haritası çizilmiş ve konkasörlerin olduğu merkez noktalara yaklaştıkça gürültü seviyesinin 95 dBA'a ulaştığı görülmüştür.

Erarslan (1995) tarafından Eynez yeraltı ocağında ayak içerisinde sadece zincirli konveyör çalışırken gürültü seviyesinin 74-96 dBA, tüm makineler ve işçiler çalışırken 77-97 dBA arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca hidrolik pompa istasyonunda 87 dBA, tumba girişinde 104 dBA, band konveyör yanında 89 dBA, trolleyde 105 dBA, hava kompresörü istasyonunda 97 dBA ve vantilatör yanında 115 dBA gürültü seviyesi olduğu sonucuna varılmıştır.

Aydın Linyit İşletmesine ait yeraltı ve yerüstü işletmelerinde toplam 32 noktada gürültü seviyesi ölçülmüş, yeraltında 2 nolu ayak motor başında 111,3 dBA ve yerüstü tesislerinde spiral ile kesim noktasında 108,8 dBA gürültü miktarı ölçülmüştür. Ayrıca ölçüm yapılan tüm noktalarda gürültü seviyesi 85 dBA'nın üstünde tespit edilmiştir. Ayrıca ölçüm noktalarından uzaklaştıkça miktar değişimlerini de bulmak amacıyla 1 m. aralıklarla 11-12 m.'ye kadar ölçümler yapılmıştır. Motor başında 96 dBA olarak ölçülen gürültü seviyesinin, 11 m. sonra 84 dBA altına düştüğü görülmüştür (Şahin, 1998)

2.5.3. Yurt dışında yapılan çalışmalar

Almanya'da yapılan bir çalışmada; trafik, demiryolu, havaalanı ve fabrikaların gürültü seviyeleri ölçülerek, Münih, Ingolstadt, Augsburg ve Ravensburg şehirlerinin gürültü haritaları çıkarılmıştır. Trafiğin daha yoğun olduğu Augsburg'da gürültünün daha etkili olduğu görülmüştür. Ölçümlerde toplam gürültü seviyesi 60-66 dBA olarak bulunurken, oturmaya elverişli bölgelerde istenen gündüz 55 dBA, gece ise 45 dBA seviyesinin üzerinde olduğu görülmüştür (Probst et al., 2003). Trafik ışıklarında bekleme sürelerini kısaltmakla da gürültü kontrolü yapılabileceği görülmüştür (Stoilova et. al., 1998).

Zannin et. al. (2002) tarafından Curitiba (Brezilya) şehir merkezinde 1000 noktada $L_{eq, 2hr}$ (2 saatlik eşdeğer gürültü seviyesi) gürültü ölçümü yapılmış, sonuçta % 93,3'lük kısmın günlük sınır eşdeğer gürültü seviyesi olan 65 dBA'nın üzerinde ve % 40,3'lük kısmın ise aşırı derecede yüksek sınır olarak tanımlanmış 75 dBA'in üzerinde olduğu görülmüştür.

Valensiya (İspanya) şehir merkezinde 5 yıl boyunca sürekli gürültü ölçüm değeri alınarak, günlük haftalık ve aylık gibi değişik zaman aralıklarında eşdeğer gürültü miktarları bulunmuş ve bir bölgenin trafik gürültü seviyesi belirlenirken en azından 6 günlük verilerin kullanılması gerekliliği vurgulanmıştır (Gaja et.al., 2003).

Ali et. al. (2002) tarafından Kahire (Mısır) şehir merkezinde trafiğin yoğun olduğu dört farklı alanda gürültü seviyeleri L_{A1} , L_{A10} , L_{Aeq} , L_{A50} , L_{A90} , L_{A99} olarak ölçülmüş %73,8'lik kısımda Mısır Gürültü Standardı olan 80 dBA'nın üzerinde olduğu görülmüştür.

Başka bir çalışmada ise trafik gürültüsünün beraberinde NO_2 miktarında da artış olabileceği düşünülmüş, Oslo (Norveç) şehrinde alınan 3 aylık ölçüm sonuçlarına göre trafik gürültüsü ile NO_2 miktarı artışı arasında % 46'lık korelasyon bulunmuştur (Klaeboe et al., 2000).

Trafik gürültüsü hesaplamalarında taşıt gürültüsü analizi için Pamanikabud et. al. (2003) tarafından FHWA modeli kullanılmış, bu modele göre taşıtlar üç grupta incelenmiştir. Bu grupların sınıflandırması ve formülasyonu Çizelge 2.11'da verilmiştir.

Çizelge 2.11 FHWA modelinde basit gürültü seviyeleri (Pamanikabud et. al., 2003)

Araç tipi	Aracın ağırlığı (kg)	Gürültü yayılımı formülü	Kaynağın yüksekliği (m)
Yolcu taşıtı	< 4 500	$38,1 \times \log_{10}(S) - 2,4$	0,00
Kamyonet	4 500 – 12 000	$33,9 \times \log_{10}(S) + 16,4$	0,70
Ağır kamyon	> 12 000	$24,6 \times \log_{10}(S) + 38,5$	2,44

S: Aracın hızı, km/h

Başka bir çalışmada uçuş gösterileri sırasında seyircilerin maruz kaldıkları gürültü seviyesi incelenmiş ve pist yakınında oturan seyircilerin 100-115 dBA arasında bir gürültüye maruz kaldıkları görülmüş, motor yarışları gibi sporlarda da bu seviyeye yakın gürültünün oluştuğuna dikkat çekilmiştir (Paakkönen et al., 2003).

Kaliforniya'da yerleşim merkezine işletme sınırı 60 m. ve kırıcıların ise sadece 120 m. uzaklıkta olduğu bir taşocağında gürültü ve toz kontrolü için yerleşim merkezinin taş ocağı tarafına bakan kısmına 250 ağaç dikilmiş, akustik ses duvarlarıyla birlikte 75 dBA'dan 62-65 dBA'ya kadar ses azalması sağlanmıştır (Garrett, 2002).

Caterpillar marka bir maden aracı kabininde laboratuvar ölçekli yapılan çalışmada, kabin üzerinde 18 farklı mikrofona yerleştirilerek kabin gürültüsü sonlu elemanlar yöntemiyle modellenmiş ve sonuçta 5 dBA'den daha az hata ile kabin gürültüsü tahmin edilmiştir (Stanef et al., 2003).

İtalya'da Piacenza merkezine yakın bir bölgede ki açık işletmede gürültü sorununa yönelik çalışmada, işletmede çalıştırılan kamyonların gürültü seviyeleri belirlenmiş (yükli iken 82,5 dBA, boş iken 79,7 dBA) ve taşıma yaptıkları yolların planına göre izin verilebilir yıllık kamyon geçiş sayıları (250 000-500 000 sefer/yıl) hesaplanmıştır (Grella et al., 1996).

Seal et al. (2002) tarafından yeraltı madenciliği çalışmalarında oluşan gürültü üç risk grubuna ayrılarak, her grupta gürültü seviyeleri ölçülmüş bulunan sonuçlar yeraltında mantrip (lokomotive benzer madenci taşıtı) kullanımıyla bulunan değerlerle karşılaştırıldığında %1-5 arasında gürültü azalımı sağlandığı görülmüştür.

Sharma et. al. (1998) tarafından açık ocaklarda çalışan iş makinelerinin oluşturduğu gürültü seviyeleri (L_p , dBA) iş makinasının yaşına ve motor gücüne göre aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$L_p = 20 \log(HP) + K \quad [2.7]$$

HP: makinanın motor gücü, BG

K: Makinanın yaşına bağlı faktör

$$K = 49 + 0,00046.(NHR) \quad [2.8]$$

NHR: Makinanın toplam çalışma zamanı, saat

Manatakis (2000) tarafından farklı tipteki toprak kamyonlarının oluşturduğu gürültü seviyeleri belirlenmiş, Çizelge 2.12’de liste halinde verilmiştir.

Çizelge 2.12 Farklı tipteki toprak kamyonlarının maksimum ve minimum gürültü seviyeleri (Manatakis, 2000).

Toprak kamyonu tipi	L ₁₀ (dBA)		L ₅₀ (dBA)		L ₉₀ (dBA)		L _{eq} (dBA)	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
110 HP	85	89	81	85	79	82	82	86
110 HP	85	89	81	85	79	82	82	86
110 HP	86	90	82	86	80	84	83	87
170 HP	87	91	84	88	81	85	85	88
220 HP	89	93	85	89	81	86	86	89
230 HP	89	94	84	90	81	86	85	89
240 HP	91	96	88	91	82	86	89	93
240 HP	93	98	90	93	83	87	92	95
270 HP	94	98	91	94	84	89	93	97

3. GÜRÜLTÜNÜN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ VE KORUNMA YÖNTEMLERİ

Aşırı gürültü; rahatı, güvenliği ve buna bağlı olarak da verimliliği etkiler. Gürültünün giderek artması kişiler üzerinde önce rahatsızlık duygusunu yaratır, sonra konuşmayı zorlaştırır ve nihayetinde işitme gücünü azaltır.

Gürültünün insan davranışlarına etkileri şematik olarak Şekil 3.1’de verilmiştir.

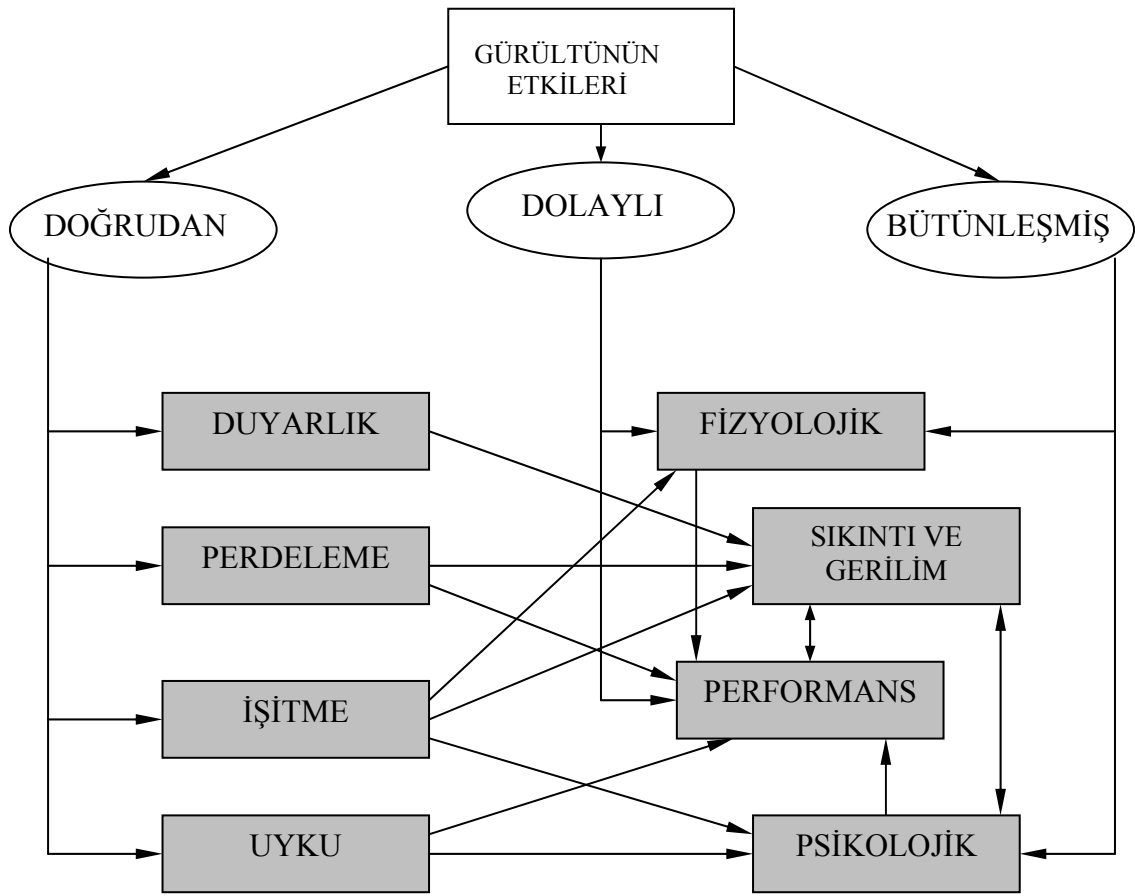
İşitme gücünün kaybı aşağıda sayılan faktörlere göre üç evreden oluşur (Elbistanlıoğlu, 1988).

- Gürültünün şiddetine,
- Gürültünün kesintili olup olmamasına,
- Gürültü ortamda çalışan insanın yaşına,
- Gürültülü ortamda çalışılan toplam süreye,
- İnsanın gürültüye olan duyarlılığına,
- İnsanın daha önce geçirmiş olduğu hastalıklara ve halen bünyesinde mevcut olan rahatsızlıklara.

Birinci evre: Yüksek frekanstan dolayı işitme kaybı başlar, geçebilen bir rahatsızlıktır. Bu evrede psikolojik etkiler görülür. 30-60 Phon arasındır.

İkinci evre: Gürültülü ortamda 2-15 yıl kadar çalışmış insanlarda görülür. Kişi işitme yetersizliğinin farkında değildir, buna rağmen 3 metre yakınındaki fısıltıları duyamaz. 60-90 Phon arasındır.

Üçüncü evre: Tam olarak işitme yetersizliğinin bilincine varılmıştır. Bu evrede insan çok yakınındaki yüksek sesleri duyabilmektedir. 90-120 Phon arasındır. Bu sınıflandırmadan da görüldüğü gibi kritik sınır 65 Phon civarındır.



Şekil 3.1. Gürültünün insan davranışlarına etkileri (Pathak, 1996)

Gürültünün insan üzerindeki olumsuz etkilerini belirleyen psikofiziksel büyüklükler, halen mevcut olan cihazlarla ölçülememektedir. En geçerli yöntem yeteri kadar büyük ve seçilmiş bir topluma gürültü uygulayarak, fiziksel, psikolojik ve toplumsal durumları incelenerek anlaşılabilir. Gürültünün kişiler üzerine etkilerini belirlemek için saptanması gereken büyüklükler şunlardır (TS 2673, 1977):

- i) Gürültünün yükseklik seviyesi,
- ii) Gürültünün algılanan gürültü seviyesi,
- iii) Gürültünün işitme organına vereceği zarar riski ve
- iv) İnsan faaliyetleriyle (örneğin, konuşma, çalışma, dinlenme, veya uyku) gürültünün neden olduğu rahatsızlık ve karışımın derecesidir.

Gürültü kontrol programında başarı elde edebilmek için yapılması önerilen çalışmalar da aşağıdaki ana parametreler önem kazanmaktadır (Anonymous, 1999; Frank et al., 2003):

- i) Gürültü ölçümü ve analizi,
- ii) Gürültü kaynaklarının uygun noktalara yerleştirilerek,
- iii) Gürültü kontrolünün yapılamadığı yerlerde kişisel korunma yöntemleri ve idari kontrollerin yapılması,
- iv) Odyometrik testler,
- v) İşçi eğitimi,
- vi) Kayıt tutma ve
- vii) Değerlendirmedir.

Yapılan çalışmalarda Amerika'da yaklaşık 9 milyon işçinin tehlikeli gürültü seviyesi (>85 dBA) tehdidi altında çalıştığı vurgulanarak bunların 5 milyonu imalat, 2 milyonu taşımacılık, 1 milyonu askeri ve geri kalanının da inşaat ve madencilik sektöründe çalıştığı belirlenmiştir (Suter, 1994).

Uluslararası bir kuruluş olan Maden Güvenlik ve Sağlık İdaresi (MSHA) 1999 yılında belirlediği gürültüye maruz kalma limitleri şöyle sıralanabilir (Garvey, 2000; Frank et al., 2003):

- İzin verilebilir sınır değer: 90 dBA,
- Çalışma seviyesi: 85 -90 dBA ve odyometrik testler yapılmalı,
- Koruma önlemleriyle çalışılabilecek seviye: 105 dBA ve üzeri olması durumlarında kesinlikle kulak tıkaçları ve manşonlar kullanılmalı,
- Müsaade edilemeyecek seviye: 115 dBA ve üzerinde kesinlikle çalışma yapılamaz.

Yapılan bir araştırma da ise değişik gürültü seviyelerinde sesten yüksek derecede etkilenen kişilerin yüzdesi belirlenmiş ve çizilen eğrinin denklemi aşağıda verilmiştir (Staples, 1997).

$$\%HA = 0,8553L_{dn} - 0,0401L_{dn}^2 + 0,00047L_{dn}^3 \quad [3.1]$$

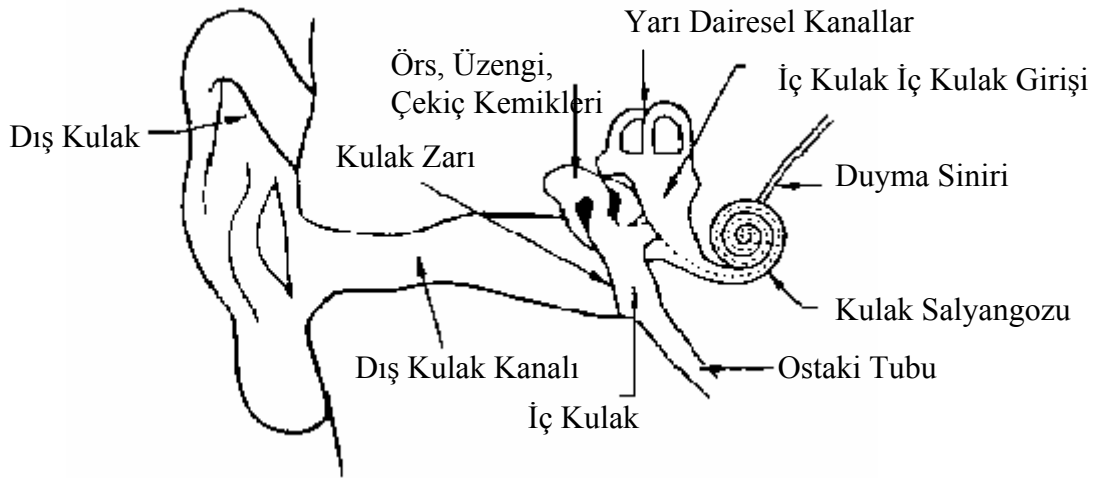
Burada;

%HA: Gürültüden yüksek derecede etkilenenlerin yüzdesi,

L_{dn} : Günlük (gündüz-gece) ortalama gürültü seviyesi, dBA olarak verilmiştir.

3.1. İşitme mekanizması

Kulağa ulaşan ses dalgaları, dış kulak kanalında (auditory canal) dalgalanan bir basınç oluşturmaktadır. Bu basınç, kulak kanalından geçerek kulak zarına (drum membrane) basınç dalgaları olarak ulaşmaktadır. Örs, üzengi ve çekiç (ossicles) kemikçikleri ile bu dalgalar orta kulakçığı (middle ear) geçerek, kulak salyangozuna (cochlea) ulaşır, sonuçta duyu siniri (auditory nerve) uyarılarak işitme olayı gerçekleşir. Şekil 3.2’de kulağın anatomik gösterimi verilmiştir (Sharland, 1972).



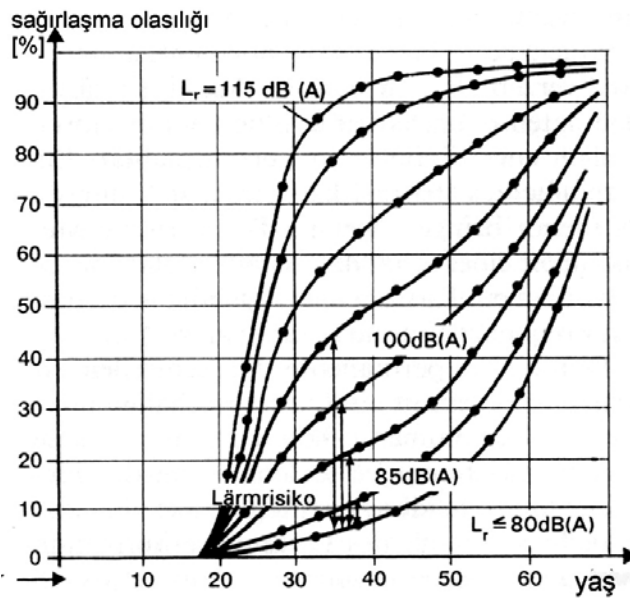
Şekil 3.2. Kulağın anatomik gösterimi (Sharland, 1972)

3.2. İşitme kaybının oluşumu

İşitme mekanizmasının, uzun süreli aşırı gürültüye bırakılması halinde işitme duyusu kaybı ile karşılaşmaktadır. Özellikle madencilik faaliyetlerinde çalışan işçiler, günlük çalışma ortamlarında çok fazla gürültü kaynağı ile birlikte olmak zorundadırlar. Özellikle yeraltında çalışan işçilerin diğer endüstri dallarında çalışan

kişilere oranla çok daha yüksek düzeylerde işitme kayıplarına uğradıkları bilinmektedir.

Sağırılık, 350-2800 Hz frekansları arasındaki sesleri duyma yeteneğinde 25 dBA'dan fazla meydana gelen işitme kaybı olarak tanımlanmaktadır. 18 yaşında çalışma hayatına başlandığı düşünülürse, 80 ile 115 dBA arasında gürültüye maruz kalan kişilerin ileriki yaşlarda ne kadar duyma yeteneğini kaybedecekleri olasılığını gösteren grafik Şekil 3.3'de verilmiştir (Bürck, 1981).

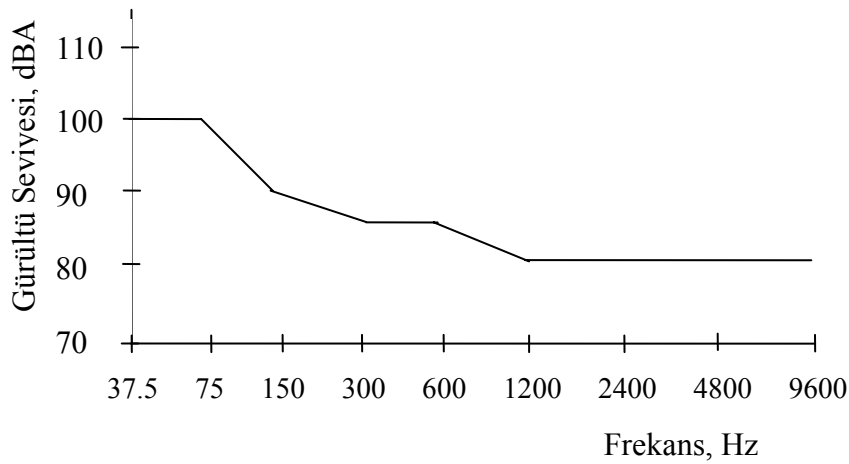


Şekil 3.3 Gürültülü Ortamda Sağırlaşma Olasılığı (Bürck, 1981)

İnsanlar işitme kaybına uğradıklarını, normal konuşmaları anlayamadıkları veya emniyet sinyallerini duyamadıkları anda anlayabilmektedirler.

Genellikle işitme kaybı çok yüksek seviyedeki anlık gürültüden daha çok, belirli seviyede fakat süreklilik arz eden gürültüden kaynaklanmaktadır. Ayrıca görülen işitme kayıplarının gürültüyü oluşturan frekansın yaklaşık 4000 Hz olduğu durumlarda maksimum düzeylerine ulaştığı görülmüştür (Ünver, 1995).

Aynı şekilde Şekil 3.4'de farklı frekanslar için zarar verme risk seviyeleri verilmiştir.



Şekil 3.4 Zarar verme risk seviyeleri (Murrell, 1979).

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 yaşı altındaki genç işçilerde yüksek frekanslarda işitme eşiği kaybının daha çok olduğu görülmüştür (Eleftheriou, 2002).

Çizelge 3.1'de ise gürültü nedeniyle oluşacak işitme kaybındaki tahmini risk seviyeleri verilmiştir.

Çizelge 3.1 Gürültünün neden olduğu tahmini işitme kaybı riski (Leahy et. al., 1985)

Sekiz saatlik süre içindeki ortalama ses şiddeti, dBA	Her 100 kişi içinden 50 dBA'lık kayıptan payını alan insan sayısı	
	Hayat boyu gürültüye maruz kalma	10 yıllık gürültüye maruz kalma
100	32	17
90	11	5
80	3	1

Akustik işitme yeteneğinin korunması amacıyla iş yerinde oluşan gürültünün değerlendirilmesi için haftalık çalışma süresi toplam 40 saat olarak düşünülmüş ve aşağıda verilen Çizelge 3.2'den maruz kalınan süreye göre indisler bulunarak bu

indislerin aritmetik toplamına göre eşdeğer sürekli ses seviyesi Çizelge 3.3'den bulunmaktadır (TS 2607, 1977).

Çizelge 3.2 Haftada süresi 10 dakika-40 saat olan 80-120 dB(A) ses seviyesi için etkisi altında bulunan kısmi gürültü için indisler (TS 2607, 1977)

Haftada Süre		Etkisi Altında Bulunan Kısmi Gürültü İçin İndisler								
		Ses Seviyesi dB(A)								
h.	min.	80	85	90	95	100	105	110	115	120
	10					5	15	40	130	415
	12					5	15	50	160	500
	14					5	20	60	185	585
	16					5	20	65	210	665
	18					10	25	75	235	750
	20					10	25	85	265	835
	25				5	10	35	105	330	1040
	30				5	15	40	125	395	1250
	40				5	15	55	165	525	1670
	50				5	20	70	210	660	2080
	60			5	10	25	80	250	790	2500
	70			5	10	30	90	290	920	2920
	80			5	10	35	105	330	1050	3330
	90			5	10	40	120	375	1190	3750
	100			5	15	40	130	415	1320	4170
2				5	15	50	160	500	1580	5000
2,5				5	20	65	200	625	1980	6250
3				10	25	75	235	750	2370	7500
3,5			5	10	30	90	275	875	2770	8750
4			5	10	30	100	315	1000	3160	10000
5			5	15	40	125	395	1250	3950	12500
6			5	15	45	150	475	1500	4740	15000
7			5	20	55	175	555	1750	5530	17500
8			5	20	65	200	630	2000	6320	20000
9			5	25	70	225	710	2250	7110	22500
10		5	10	25	80	250	790	2500	7010	25000
12		5	10	30	95	300	950	3000	9490	30000
14		5	10	35	110	350	1110	3500	11100	
16		5	15	40	125	400	1260	4000	12600	
18		5	15	45	140	450	1420	4500	14200	
20		5	15	50	160	500	1580	5000	15800	
25		5	20	65	200	625	1980	6250	19800	
30		10	25	75	235	750	2370	7500	23700	
35		10	30	90	275	875	2770	8750	27700	
40		10	30	100	315	1000	3160	10000	31600	

Çizelge 3.3 Etkisi altında bulunan karmaşık gürültü için indis ile eşdeğer sürekli ses seviyesi arasındaki ilişki (TS 2607, 1977)

Etkisi Altında Bulunan Karmaşık Gürültü İçin İndis	Eşdeğer Sürekli Ses Seviyesi dB(A)	Etkisi Altında Bulunan Karmaşık Gürültü İçin İndis	Eşdeğer Sürekli Ses Seviyesi dB(A)
10	80	800	99
15	82	1000	100
20	83	1250	101
25	84	1600	102
30	85	2000	103
40	86	2500	104
50	87	3150	105
60	88	4000	106
80	89	5000	107
100	90	6300	108
125	91	8000	109
160	92	10000	110
200	93	12500	111
250	94	16000	112
315	95	20000	113
400	96	25000	114
500	97	31500	115
630	98		

3.3. Fizyolojik etkiler

Gürültünün insan bedeni üzerindeki olumsuz etkileri sadece kulakla sınırlı olmayıp, bir çok hastalığında hazırlayıcısıdır. Sindirim sistemi bozuklukları, çeşitli damar hastalıkları ve şeker hastalığı gibi hastalıkların oluşması yanında hormon dengesizliklerine de neden olmaktadır. Gürültü ile birlikte incelenen titreşimin (vibrasyon) de kemik hastalıkları ve kemiklerde duruş bozukluklarına neden olduğu bilinmektedir (Çakar, 1988).

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 (Lusk et al., 2002). Bu etkiler uyku sırasında daha belirgin olmaktadır. Hamilelik sırasında gürültünün etkileri de araştırılmış ve düşük ağırlıklı (2500 gr.) 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 söylenebilir (Lercher et al., 2002).

3.4. 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 belirsizse veya neden olduğu gerilim yeteri kadar fazla ise rahatsızlık daha fazla olacağından, aşırı duygusal tepkiler ve davranış bozuklukları gözlenecektir.

Ayrıca insanların 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 görülebilir.

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 ilkökul çocuklarında sınıfa uyum sağlayamama ile birlikte çevresine karşı sinirli davranışlar sergilediği görülmüştür (Lercher et al., 2002)

Performansı etkileyen yüksek ses seviyeleri, dinleme anlama güçlüğü, konuşmanın kesintiye uğraması, yüksek sesle konuşmaya neden olur. Konsantrasyonu etkileyerek okuma ve öğrenmeyi olumsuz etkilemektedir.

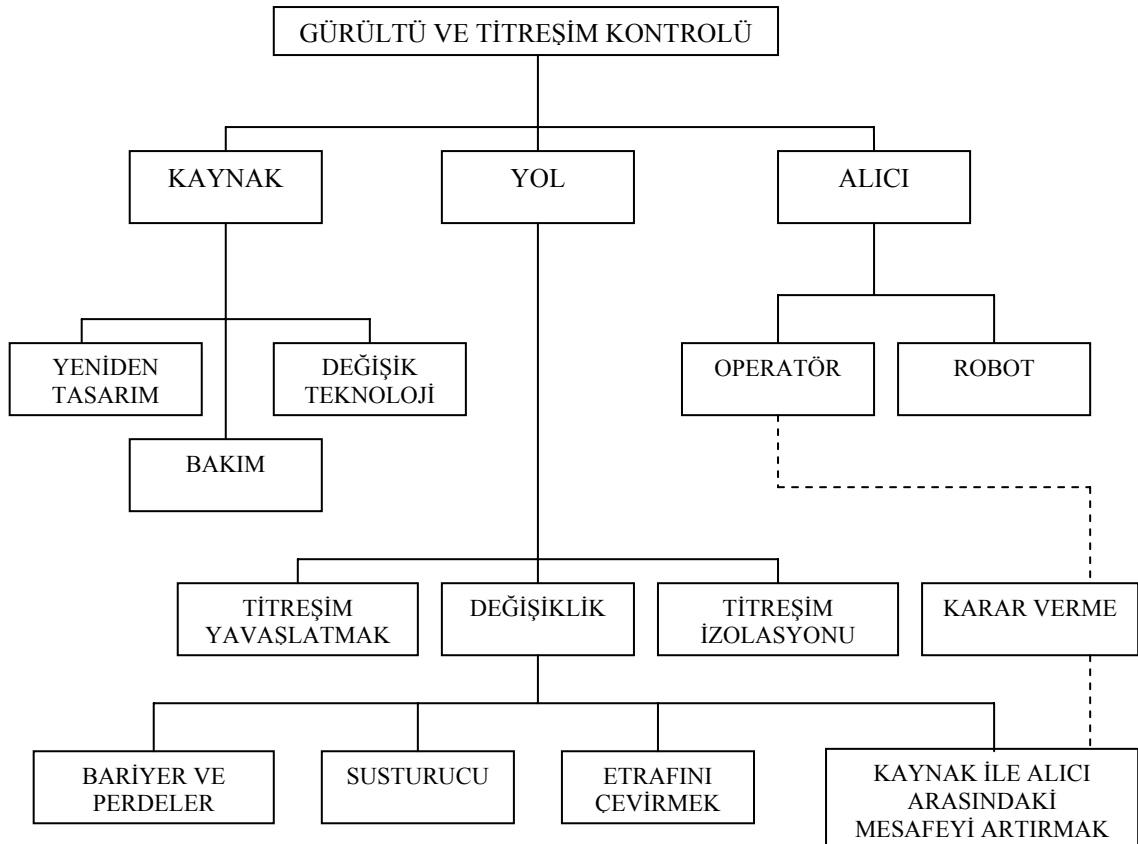
Ayrıca iş performansını da etkileyerek işin doğru yapılmamasına ve iş kazalarına neden olmaktadır.

3.5. Gürültüden Korunma Yöntemleri

Gürültüyü yok etmek veya azaltmak mümkün olmuyorsa, gürültüden etkilenen kişileri bir şekilde gürültüden korumak gerekecektir. Gürültü kontrolü üç değişik açıdan ele alınarak incelenebilir (Eltutmaz, 1990; Alfatlı,1998).

- i) Gürültüyü kaynağında azaltmak,
- ii) Gürültüyü yayılma alanında (kaynak ile alıcı arasındaki yolda) azaltmak,
- iii) Gürültünün algılandığı noktada (alıcıda) gerekli önlemleri almak.

Gürültü kontrolü için Kanada madenlerinde kullanılan gürültü azaltımı programı akım şeması Şekil 3.5’de verilmiştir (Savich, 1982).



Şekil 3.5 Gürültü kontrolü akım şeması (Savich, 1982)

Gürültüyü kaynağında azaltmak için, kaynağın periyodik bakımlarının zamanında yapılması, susturucu kullanılması veya kapalı hücreler içerisine alınmasıyla mümkündür. Gürültü kaynağının etrafının oluklu sac ile çevrilmesiyle, sesin kırılmasına yardımcı olunur. Bu şekilde 10-40 dBA kadar gürültü azaltılabilmektedir.

Kaynakta gürültü kontrolünün genel ilkeleri şunlardır (Şahin, 2003).

- 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 ve
- viii) Gürültü kaynağının örtülmesi.

Gürültüyü yayılma ortamında bastırmak için, gürültü kaynağının bulunduğu bölge ses yalıtıcı malzemeye kaplanır veya ses bariyerleri kullanılır. Örnek olarak eleme ünitelerinin kauçukla kaplanması verilebilir.

Bütün yapı ve yalıtım malzemeleri sesi belli miktarlarda yutarlar ve ısıya dönüştürürler ancak bazıları yüksek ses yutma özelliği ile dizayn edilirler. Bunlara “akustik malzeme” denilmektedir. Akustik malzemelerdeki gözenekli yapı sayesinde ses dalgaları boşluklarda kolayca yayılır ve buralarda ses enerjisi ısıya dönüşür. Eğer malzemeler yeteri kadar gözenekli ve kalın ise ses dalgası enerjisinin % 95’inden fazlası bu şekilde tutulabilmektedir. Bazı malzemelerin ses yalıtımı ise şöyledir (Kaşık, 1999).

Polietilen esaslı malzemeler darbe ses kesici olarak kullanılır. Bu malzemeler üsten gelen sesleri bir amortisör gibi çalışarak absorbe eder ve 20 dBA civarında ses indirgeme değerine sahiptir.

Taşıyünü esaslı malzemelerle ses yalıtımı, taşıyünü malzemenin kalınlığına göre 2cm’de 29 dBA 3cm’de 37 dBA kadar olmaktadır.

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 polystyren’in ses izolasyonu değeri hesaplanmış ve 12 kg/m³ yoğunluklu polystyren 2000-3500 Hz. frekans aralığında % 28 ses izolasyonu sağlamıştır (Selver ve ark., 2002).

Arazide ise oluşturulan yapay setlerle (ahşap elemanlı, beton elemanlı, toprak set ya da bitkilendirme) ile gürültü azaltımı yapılabilmektedir. Doğru seçilen bitki türü ve iyi planlanmış bir uygulama ile 16 dBA varan bir azalma sağlanabilmektedir (Pampal ve ark., 2002).

Gürültünün algılandığı noktada kontrolü, gürültünün azaltılmasından daha çok, insanların gürültüden korunmasını esas alır. Bunun için kulak koruyucuları kullanılır. Kulak koruyucuları; kulak tıkaçları, kulak manşonlar ve kulak koruyucu baretler olarak sınıflandırılır (Bennett, 1991; Taşyürek, 1992).

Tıkaç tipi koruyucular dış kulak kanallarını tıkayarak gürültüyü azaltırlar, fakat manşonlu kulak koruyucuları bir akustik kapama sağlamak için kulak kepçesini de kapatır. İlk kulak tıkaçları parafin emdirilmiş pamuktan imal edilmiş olup 1952 yılında Kanada madenlerinde kullanılmıştır (Savich, 1982).

Kulak tıkaçları plastik, kauçuk, parafin, parafin emdirilmiş pamuk, silikon, kil, özel cam yünü gibi maddelerden değişik şekil ve boyutlarda yapılmaktadır. Bir defa kullanılıp atılan köpük tipi veya parafinli, mumlu tıkaçlar tek boyutta yapılmaktadır. Kulak tıkaçları, kulağın yapısına uygun seçilmesi ve iyice dış kulak yoluna yerleştirilmesi durumunda, düşük frekanslarda 15 dBA, yüksek frekanslarda ise gürültüyü 35 dBA azaltabilmektedir (Davies, 1989).

Starck et. al. (2002) tarafından farklı frekanslarda yüksek gürültü seviyelerinde kulak tıkaçlarının gürültü yalıtımı incelenmiş, 104-110 dBA arasındaki gürültü seviyelerinde 80-89 dBA aralığında bir seviyeye gürültünün düşürüldüğü gözlenmiştir.

Manşonlar kulağın etrafına uygun şekilde, rahat ve dengeli, kulak kepçesini sıkıştırarak acı vermeyecek şekilde oturması gerekir. Bunlar gürültüyü kulak tıkaçlarından 10-15 dBA daha fazla azaltır. Kulak tıkaçları ve manşonların birlikte kullanımıyla, manşonun sağladığı ses azalmasından 3-5 dBA daha fazla bir koruma sağlanabilir. Manşonların en önemli avantajı, daha etkili olması ve kulak kanalındaki rahatsızlıkların kullanmayı engellememesi iken dezavantajı ise, sıcak ortamda kullanıcıyı rahatsız etmesi ve gözlük, başlık ile birlikte kullanımının güçleşmesidir.

İşitme koruyuculu baretler, başın kemik bölümlerini kapatarak sesin kemik iletimi yoluyla girmesini önlemektedir. Çoğunlukla gürültünün çok yüksek olduğu durumlarda (115-120 dBA) kullanılır.

Bireysel gürültüden korunma yöntemlerinden en basit olanı cam pamuğundan ya da plastik köpükten yapılmış olan kulak tamponlarıdır. Bireysel korunma yöntemi, kullanılması çok gerekli olmadıkça geçici bir önlem olarak düşünülmelidir (Kanawaty, 1997).

Gürültüye karşı alınabilecek bir diğer önlem ise, gürültüde kalma süresinin azaltılmasıdır. Çalışma sürelerini kısaltarak, yeterli dinlenme molaları vererek veya vardiyalı çalışma düzenine gidilerek çalışanların gürültüden daha az etkilenmeleri sağlanabilir.

Ayrıca gürültülü yerlerde çalışanlar periyodik sağlık kontrolünden geçirilmeli ve kontrol sonuçlarına göre gerekenler yapılmalıdır.

Örneğin 90 dBA seviyesinde 50 dakika gürültüye maruz kalan bir insanda meydana gelen 15-20 dBA şiddetindeki geçici işitme kaybının giderilmesi için

kişinin bu ortamdan 500 dakika uzak kalması gerekmektedir. Yani 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 duyulacaktır (Sabuncu, 1998).

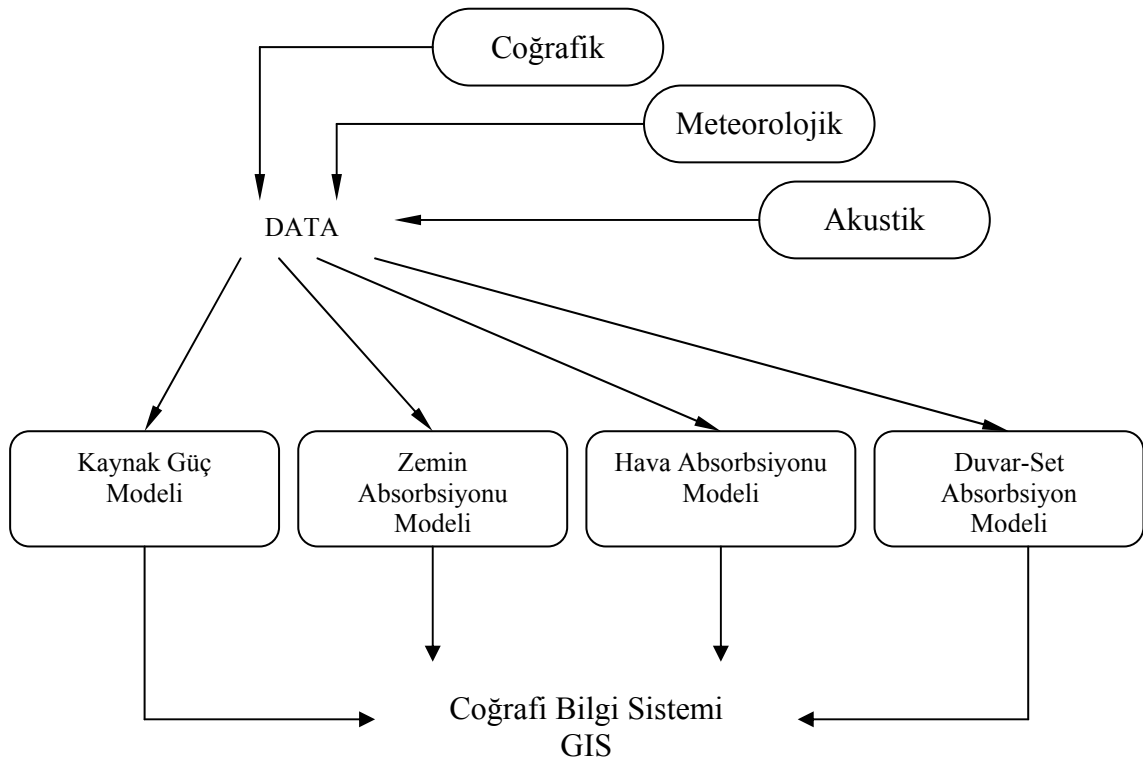
Cui et. al. (2003) tarafından geliştirilen aktif gürültü azaltımı (ANR) tekniğinde oluşturulan gürültü odasının dört köşesine hoparlör yerleştirilmiş, merkezine bir alıcı konularak farklı frekanslarda oluşturulan sinyaller amplifikatörlerde yükseltilerek oda içerisine gürültü olarak verilmiştir. Alıcıya monte edilen değişik kulak manşonlarıyla azaltılan gürültü miktarları, bilgisayar aracılığıyla kayıt edilmesi suretiyle kullanılan tüm kulak manşonlarının ne derecede etkili ve hangi frekanslara daha duyarlı olduğu tespit edilmesi imkanı sağlanmıştır.

4. MODELLEME YÖNTEMLERİ

Gürültü seviyelerinin belirlenmesinde değişik matematiksel hesaplamalar kullanılmıştır. Bu hesaplar sırasında bir çok veri birlikte değerlendirilerek, gürültü seviyelerinin tahminine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Şekil 4.1.'de gürültünün tahmin edilmesinde kullanılan yöntemlerin birlikte değerlendirilmesine yönelik bir genel akım şeması verilmiştir (Pathak, 1996).

Ses basınç seviyesi (SPL, L_p) bağıntısı 2. Bölümde verilmiştir. Ses güç seviyesi ise şöyledir.

$$L_w = 10 \cdot \lg \left(\frac{W}{W_{ref}} \right) = 10 \cdot \lg \left(\frac{W}{10^{-12}} \right) = 10 \cdot \lg W + 120 \quad [4.1]$$



Şekil 4.1. Gürültünün tahmininde kullanılan modellerin genel akım şeması

r mesafe uzaklıktaki ses basınç seviyesi L_p 'yi bulmak için:

$$\text{Bu noktadaki yoğunluk } I = 10^{-12} \cdot 10^{L_p/10} \quad [4.2]$$

$$W = 4\pi r^2 I \quad [4.3]$$

$$L_p = 10 \cdot \log \left(\frac{W / 4\pi r^2}{10^{-12}} \right) = L_w - 20 \cdot \log r - 11 \quad [4.4]$$

n sayıdaki gürültü kaynağının toplam ses basınç seviyesine etkisi:

$$L_{pT} = 10 \cdot \log \left(10^{L_{p1}/10} + 10^{L_{p2}/10} + \dots + 10^{L_{pn}/10} \right) \quad [4.5]$$

Burada:

L_{pT} : toplam ses basınç seviyesi (dBA)

L_{pi} : i. kaynağın ses basınç seviyesi (dBA)

Dalganın yönelim faktörü olan $Q_\theta = I_\theta/I_s$, kaynaktan θ° açı ile belli bir r mesafesinde ses yoğunluğunun, tespit edilmiş eksendeki ses yoğunluğuna oranı olarak tanımlanır. Buna bağlı olarak yönelim indeksi ise,

$$DI_\theta = 10 \cdot \log Q_\theta \quad [4.6]$$

olacaktır (Durucan ve ark., 1998).

Arazi şartları ve atmosfer etkileri göz ardı edildiğinde ses basınç seviyesi, ses güç seviyesi ve kaynağın yönelim faktörü cinsinden aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$L_p = L_w - 10 \log \frac{4\pi r^2}{Q_\theta} \quad [4.7]$$

Ses gücü seviyesi L_w olan bir ses kaynağının, kaynaktan r uzaklıkta yaratacağı ses basıncı seviyesi L_p 'ye bakıldığında; serbest alanda bulunan bir

noktasal ses kaynağının yaydığı ses dalgaları düzgündür ve kaynaktan r uzaklığında olan bir noktadaki ses şiddeti r^2 ile ters orantılıdır.

Gürültü kaynağının değişik pozisyonları için yönelim faktörleri ve yönelim indeksleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Değişik durumlar için yönelim faktörleri ve indeksleri (Pathak, 1996)

Gürültü kaynağının yeri	Yönelim faktörü	Yönelim indeksi
Uzayda (büyük bir odanın merkezi gibi)	1	0
Bir yüzey merkezinde (bir zemin ya da duvarın merkezi gibi)	2	3
İki büyük yüzeyin ara kesitinde (zemin ve duvar arakesiti gibi)	4	6
Üç büyük yüzeyin arakesitinde (bir odanın köşesi gibi)	8	9

Yapılan çalışmalarda zamanın fonksiyonu olarak eşdeğer ses seviyesi (L_{eq}) tanımlanıyorsa, yaygın olarak dört ayrı zaman dilimi kullanılmaktadır. Bunlar;

L_{1h} : 24 saatin herhangi bir saati

L_{24h} : 24 saatin tamamı

L_{eqd} : 07:00 - 22:00 arası

L_{eqn} : 22:00 – 07.00 arası

Matematiksel olarak;

$$L_{eq} = 10. \log \left[\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} \frac{P_A^2(t)}{P_{ref}^2} dt \right] \quad [4.8]$$

Burada;

$P_A(t)$: zamanın fonksiyonu olarak ses basınç seviyesi, Pa

Eğer ses basınç seviyesi dBA olarak ölçülmüş ise,

$$L_{eq} = 10. \log \left[\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} 10^{L/10} dt \right] \quad [4.9]$$

olarak yazılır.

Günlük-gece ses seviyesi ise şöyle tanımlanmaktadır.

$$L_{DN} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{24} \left(\int_{7A.M.}^{10P.M.} 10^{\frac{L}{10}} dt + \int_{10P.M.}^{7A.M.} 10^{\frac{(L+10)}{10}} dt \right) \right] \quad [4.10]$$

Burada, L ölçülen ya da tahmin edilen ses seviyesidir (dBA).

Eğer zaman periyotları saat olarak tanımlanırsa bağıntı aşağıdaki şekli alacaktır.

$$L_{DN} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{24} \left(15 \times 10^{\frac{L_{eqD}}{10}} + 9 \times 10^{\frac{(L_{eqN}+10)}{10}} \right) \right] \quad [4.11]$$

L_{eqD} : 07.00'den 22.00'ye kadar olan 15 saatlik periyottaki eşdeğer ses seviyesi

L_{eqN} : 22.00'den 07.00 'ye kadar olan 9 saatlik periyottaki eşdeğer ses seviyesi

Avrupa Birliği Resmi Gazetesi'nde yayınlanan yönergede de günlük gürültü seviyesi (dB) aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (O.J., 2002).

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left(12 \times 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right) \quad [4.12]$$

Burada;

L_{day} : 7:00-19:00 saatleri arası A-ağırlıklı ortalama gürültü düzeyi

$L_{evening}$: 19:00-23:00 saatleri arası A-ağırlıklı ortalama gürültü düzeyi

L_{night} : 23:00-07:00 saatleri arası A-ağırlıklı ortalama gürültü düzeyi

Ayr et. al. (2003) tarafından L_{eq} (eşdeğer gürültü seviyesi), L_{A5} , L_{A10} (anlık pik gürültü seviyeleri), L_{A90} (arka plan gürültüsü) ve farklı frekanslarda değişik rahatsızlık duyarlılıklarına bağlı olarak geliştirilen diğer indeksler (Zwicker's Loudness Level, Steven's Loudness v.b.) farklı özelliklerde 589 kişi üzerinde uygulanarak rahatsızlık duyma, sessizlik ve aşırı gürültü hissetme bakımından değerlendirilerek en etkili gürültü indeksinin L_{eq} olduğu sonucuna varılmıştır.

Havanın ses enerjisini absorplama özelliği ise aşağıdaki bağıntı ile tanımlanmıştır (Pathak, 1996).

$$\alpha_a = kf^2 + \alpha_h \quad [4.13]$$

α_a : her metredeki ses seviyesindeki azalma (dBA)

k : bir sabit değer, $k=14,24.10^{-11}$

f : frekans, Hz

α_h : nemlilik faktörü

Burada frekansın etkisinin büyük olduğu görülmektedir. Bu 4000 Hz’de her 100 m.’de 3 dBA azalmaya karşılık gelirken 1000 Hz’de ise 0,3 dBA’lık azalma görülmektedir.

Gürültü kaynağı trafik olarak düşünüldüğünde öncelikle trafik yoğunluğu ve bu yoğunluk içerisinde ağır taşıtların oranı önem kazanmaktadır.

Curitiba (Brezilya) şehrinde yapılan bir araştırma sonucuna göre 25 m. mesafedeki bir alıcıya ulaşan trafik gürültüsü değeri L_{eq} (dBA) şöyledir (Calixto et al., 2003):

$$L_{eq} = 7,7 \log[Q(1 + 0,095 \times VP)] + 43 \quad [4.14]$$

Burada;

Q : Araç akışı (saatteki araç sayısı),

VP : Ağır araçların toplam araç içerisindeki yüzdesi.

Li et. al. (2002) tarafından saatlik eşdeğer trafik akışı (Q_E) ise şöyle tanımlanmıştır.

$$Q_E = 9,12Q_{HT} + 3,16Q_{MT} + Q_{LC} \quad [4.15]$$

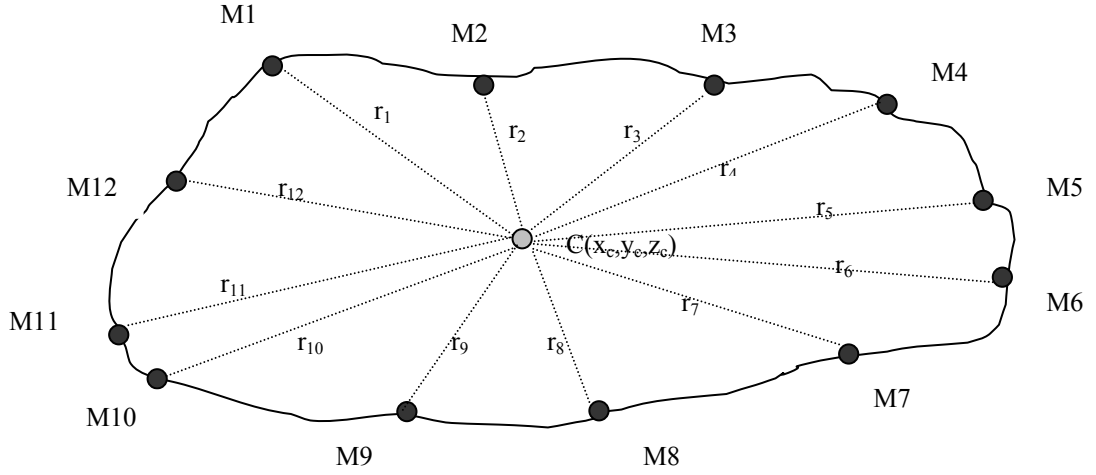
Q_{HT} : Ağır kamyonların akışı (>3500 kg), araç/h

Q_{MT} : Orta kamyonların (<3500 kg) ve yolcu taşıyan araçların (>30 yolcu) akışı, araç/h

Q_{LC} : Küçük taşıtlar ve yolcu taşıyan araçların (<30 yolcu) akışı, araç/h

4.1. Eşit Akustik Merkez Teorisi

Eşit akustik merkez teorisi; gürültü zonu içerisindeki ses basınç seviyelerinin ve yerlerinin bilinmesi temeline dayanır. Bu durum Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Eşit akustik merkez teorisi

Atmosfer ve arazi şartları göz ardı edildiğinde aşağıdaki bağıntı yazılabilir.

$$20 \log \left(r 10^{L_p/10} \right) = L_w - 10 \log \left(\frac{4\pi}{Q} \right) \quad [4.16]$$

Şekil 4.2’de gösterilen bir C noktası etrafındaki n sayıdaki ölçüm için eşitlik aşağıdaki gibi çözümlenmektedir.

$$\begin{aligned} 20 \log \left(r_1 10^{L_{p1}/10} \right) &= L_w - 10 \log \left(\frac{4\pi}{Q} \right) \\ 20 \log \left(r_2 10^{L_{p2}/10} \right) &= L_w - 10 \log \left(\frac{4\pi}{Q} \right) \\ &\vdots \\ 20 \log \left(r_n 10^{L_{pn}/10} \right) &= L_w - 10 \log \left(\frac{4\pi}{Q} \right) \end{aligned} \quad [4.17]$$

Eşitliklerin sağ taraflarının aynı olduğu görülecektir. Buradan

$$\log \left(r_1 10^{L_{p1}/20} \right) = \log \left(r_2 10^{L_{p2}/20} \right) = \dots = \log \left(r_n 10^{L_{pn}/20} \right) = c \quad [4.18]$$

yazılabilir

c bir sabittir. Dolayısıyla $r_i \times 10^{L_{pi}/20}$ sabit olacaktır.

Burada ki hata:

$$\log \left(r_1 10^{L_{p1}/20} \right) - c = \varepsilon_1, \log \left(r_2 10^{L_{p2}/20} \right) - c = \varepsilon_2, \dots, \log \left(r_n 10^{L_{pn}/20} \right) - c = \varepsilon_n \quad [4.19]$$

$$S = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2 \quad [4.20]$$

n: kaynak ya da ölçüm noktası sayısı

$$S = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2$$

$$\begin{aligned} S &= \left(r_1 10^{L_{p1}/20} - c \right)^2 + \left(r_2 10^{L_{p2}/20} - c \right)^2 + \dots + \left(r_n 10^{L_{pn}/20} - c \right)^2 \\ &= r_1^2 10^{L_{p1}/20} + r_2^2 10^{L_{p2}/20} + \dots + r_n^2 10^{L_{pn}/20} - nc^2 \end{aligned} \quad [4.21]$$

olacaktır.

Eğer ölçüm noktası ya da kaynağın yeri (x_i, y_i, z_i) olarak verilmiş ise r_i mesafeleri aşağıdaki gibi bulunacaktır.

$$\begin{aligned} r_1^2 &= (x_c - x_1)^2 + (y_c - y_1)^2 + (z_c - z_1)^2 \\ r_2^2 &= (x_c - x_2)^2 + (y_c - y_2)^2 + (z_c - z_2)^2 \\ &\vdots \\ r_n^2 &= (x_c - x_n)^2 + (y_c - y_n)^2 + (z_c - z_n)^2 \end{aligned} \quad [4.22]$$

O halde eşit akustik merkezin yeri aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \mathcal{S}}{\partial x_c} = 0 &\Rightarrow x_c = \frac{\sum_{i=1}^n x_i 10^{L_{pi}/10}}{\sum_{i=1}^n 10^{L_{pi}/10}} \\
\frac{\partial \mathcal{S}}{\partial y_c} = 0 &\Rightarrow y_c = \frac{\sum_{i=1}^n y_i 10^{L_{pi}/10}}{\sum_{i=1}^n 10^{L_{pi}/10}} \\
\frac{\partial \mathcal{S}}{\partial z_c} = 0 &\Rightarrow z_c = \frac{\sum_{i=1}^n z_i 10^{L_{pi}/10}}{\sum_{i=1}^n 10^{L_{pi}/10}} \text{ olacaktır.}
\end{aligned} \tag{4.23}$$

Eşit akustik merkezdeki akustik güç (L_w) ise şu şekildedir.

$$L_w = 10 \log \left[\frac{4\pi \left(r_1^2 10^{L_{p1}/10} + r_2^2 10^{L_{p2}/10} + \dots + r_n^2 10^{L_{pn}/10} \right)}{nQ} \right] \tag{4.24}$$

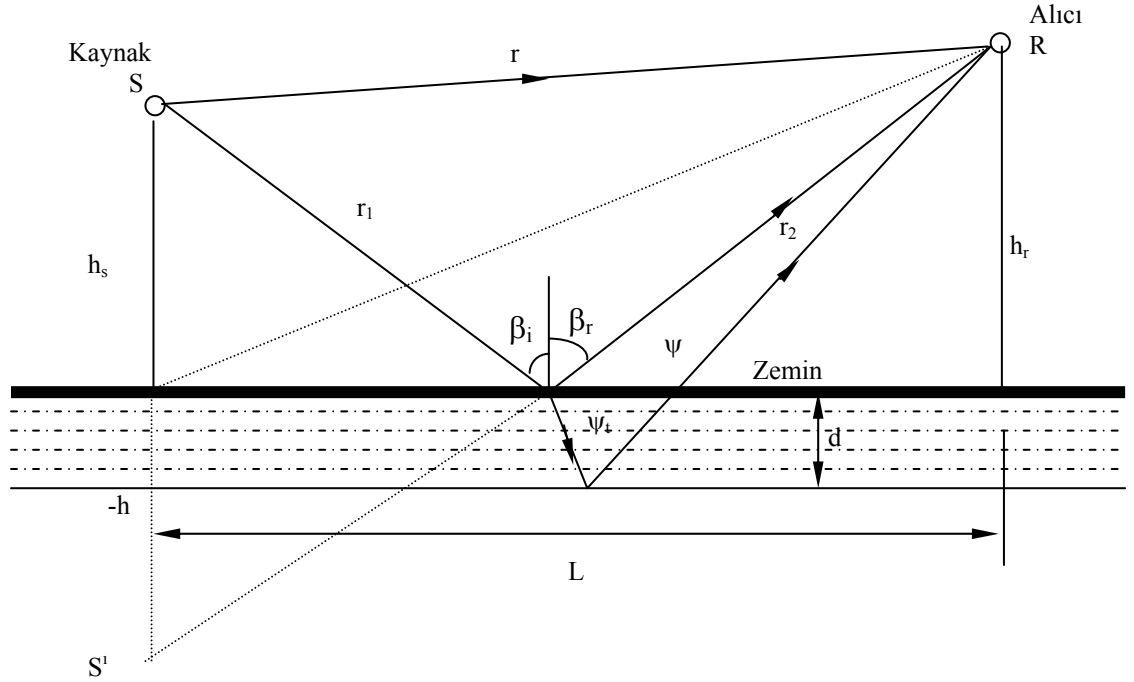
$$L_w = 10 \log \left[\frac{4\pi}{nQ} \left(\begin{aligned} &\left\{ (x_c - x_1)^2 + (y_c - y_1)^2 + (z_c - z_1)^2 \right\} 10^{L_{p1}/10} \\ &+ \left\{ (x_c - x_2)^2 + (y_c - y_2)^2 + (z_c - z_2)^2 \right\} 10^{L_{p2}/10} \\ &+ \dots + \left\{ (x_c - x_n)^2 + (y_c - y_n)^2 + (z_c - z_n)^2 \right\} 10^{L_{pn}/10} \end{aligned} \right) \right] \tag{4.25}$$

Eşit akustik merkezdeki ses güç seviyesi hesaplandıktan sonra, her bir noktadaki yönelim indeksi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır. (Pathak et al., 1999).

$$DI_i = L_{pi} - L_w + 10 \log \left\{ \left(\frac{4\pi}{Q} \right) \left[(x_c - x_i)^2 + (y_c - y_i)^2 + (z_c - z_i)^2 \right] \right\} \tag{4.26}$$

4.2. Zemin Absorbsiyonu Modeli

Burada zeminin gürültü absorpsiyonu temel alınmıştır. Şekil 4.3'de direk ve yansıyan sesin alıcıya ulaşması görülmektedir.



Şekil 4.3. Zeminde ve atmosferde sesin yansıması

Kaynaktan L mesafesi uzaklıktaki bir alıcıdaki ses basınçları şöyle oluşacaktır.

$$P_d^2 = P_{ref}^2 10^{0,1L_{pd}} \quad [4.27]$$

$$P_r^2 = P_{ref}^2 10^{0,1L_{pr}} \quad [4.28]$$

Burada;

P_d : direk dalga basıncının karekökü

P_r : yansıyan dalga basıncının karekökü

$$P_t^2 = P_d^2 + P_r^2 \quad [4.29]$$

Alıcı bölgesindeki toplam ses basıncı seviyesi (L_{pt}):

$$P_{pt} = 10 \log \left(\frac{P_t^2}{P_{ref}^2} \right) \quad [4.30]$$

olacaktır.

Yansıma katsayısı (R) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$R = \frac{P_r}{P_d} \quad [4.31]$$

Yansıma katsayısı, geliş açısına β_i ve zeminin karakteristik akustik empedansa (Z) bağlıdır.

$$Z = \frac{P_i}{u_i} = \frac{P_r}{u_r} \quad [4.32]$$

u_i : gelen dalganın hızı

u_r : yansıyan dalganın hızı

$$R = \frac{Z_n \cos \beta_i - Z}{Z_n \cos \beta_i + Z} \quad [4.33]$$

Burada $Z = \rho_0 c$, havanın akustik empedansıdır.

Yansımadan dolayı tanımlanan kayıp A_r aşağıdaki gibidir.

$$A_r = -20 \log |R| \quad [4.34]$$

Zemin absorpsiyonu nedeniyle ses basıncındaki değişim ise;

$$A_g = -10 \log (1 + 10^{-0,1 A_r}) \quad [4.35]$$

olacaktır.

Golebiewski et. al. (2002) tarafından zemin etkisi dBA olarak şöyle ifade edilmiştir.

$$\Delta L_{Ag} = 10 \log G(a, b, K) \quad [4.36]$$

$$G = K(1 + a e^{-bh} d^2)^{-1} \quad [4.37]$$

$$h = (h_s + h_o) / 2 \quad [4.38]$$

a, b, K: katsayılar

d: Kaynakla alıcı arasındaki mesafe, m

h_s : Kaynağın yerden yüksekliği, m

h_o : Alıcının yerden yüksekliği, m

a, b ve K katsayıları farklı zemin özelliklerine göre değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Farklı zemin özelliklerine göre kullanılan katsayılar (Golebiewski et. al., 2002)

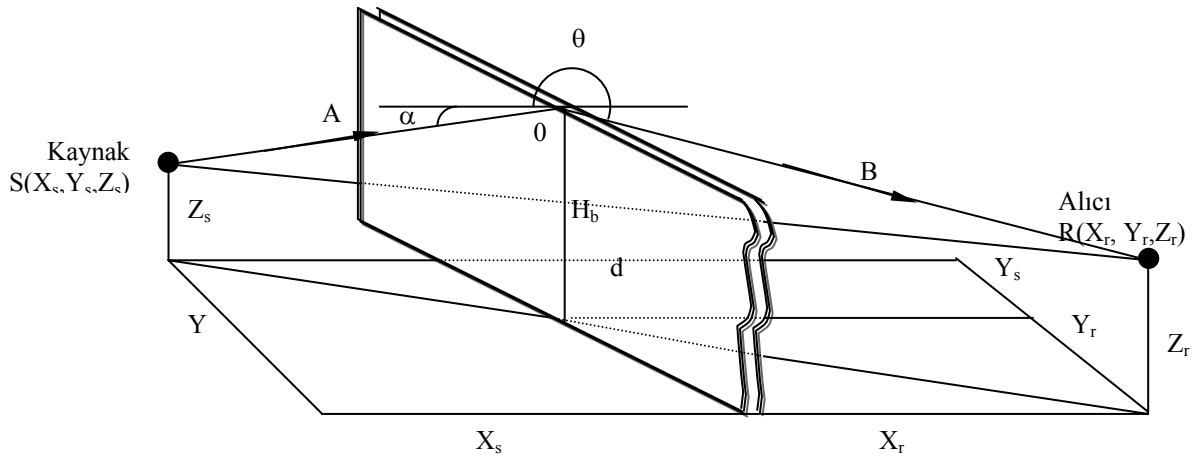
Zeminin tanımı	a	b	K
Önceki karın üzerine yeni yağmış kar (0,1 m)	$15,0 \times 10^{-1}$	$79,00 \times 10^{-1}$	1,5
Beklemiş kar	$49,9 \times 10^{-2}$	$65,90 \times 10^{-1}$	1,4
Çalı kaplı zemin	$18,5 \times 10^{-2}$	$54,80 \times 10^{-1}$	1,4
Tozlu yol yada 0,01m mesh üstü taşlı zemin	$21,8 \times 10^{-5}$	$93,10 \times 10^{-2}$	1,3
Kumlu ve araçlar tarafından sıkıştırılmış zemin	$39,0 \times 10^{-6}$	$50,00 \times 10^{-2}$	1,3
İnce kireçtaşı, jips, 0,01-0,025 mesh	$90,6 \times 10^{-7}$	$30,80 \times 10^{-2}$	1,4
Kullanılmayan yol, küçük çakıllı ve tozlu	$58,1 \times 10^{-7}$	$31,60 \times 10^{-2}$	1,5
Toprak, yağmurda sıkışmış zemin	$30,4 \times 10^{-7}$	$28,80 \times 10^{-2}$	1,7

4.3. Duvar-Set Absorbsiyonu Modeli

Doğal olarak bulunan ya da sonradan yapılan set veya bariyerler ses enerjisinin bir kısmını ve akustik gölge adı verilen bölgenin oluşmasına neden olur. Şekil 4.4’de modelin geometrisi verilmiştir.

Burada bariyerin geometrisine ve dalga boyuna (λ) göre değişen bir Fresnel sayısı (N) tanımlanmıştır.

$$N = \pm \frac{A + B - d}{\left(\frac{\lambda}{2}\right)} \quad [4.39]$$



Şekil 4.4. Bir duvar üzerinden sesin geçiş geometrisi

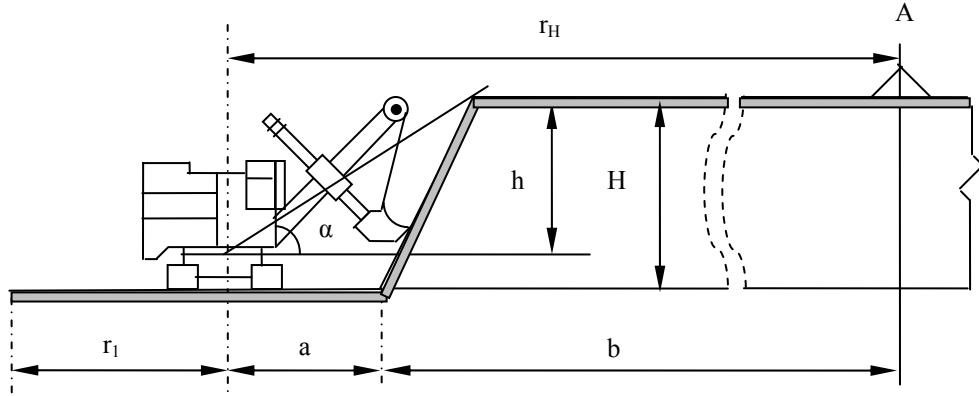
Marsh (1982) tarafından önerilen bariyer nedeniyle oluşan ses kaybı (A_b) şöyle tarif edilmiştir.

$-0,3 \leq N < -0,02$	$A_b = 5,65 + 66N + 244N^2 + 287N^3$	
$-0,02 \leq N < 1,0$	$A_b = 5,02 + 21,1N + 19,9N^2 + 6,69N^3$	[4.39]
$1,0 \leq N < 18,0$	$A_b = 10 \log N + 13$	
$N \geq 18,0$	$A_b = 25$	

Shao et. al. (2001) tarafından bariyerin düz ya da pürüzlü şekillerde olma durumlarına göre gürültüdeki azalma miktarları farklı frekans (1000, 2000, 3000, 4000, 5000 Hz) değerlerinde ve farklı alıcı-kaynak mesafelerinde (6, 7, 8m.) denenmiş ve pürüzlü bariyerin düz bariyerlere göre daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır.

Forssen et al. (2002) tarafından rüzgar hızı ve sıcaklığa bağlı olarak gürültü dalgalarının bariyer arkasında türbülans yapabileceği belirtilmiş, böylelikle 4 kHz'de 5 dBA, 8 kHz'de ise 10 dBA kadar gürültü seviyesinde türbülansdan dolayı bir artış olabileceği de vurgulanmıştır.

Bir açık işletmede şevden dolayı oluşacak gürültü miktarında ki değişiklik Mattis et al. (1997) tarafından Şekil 4.5’deki gibi ifade edilmiştir.



* Tüm mesafeler formüllerde metre olarak kullanılmıştır

Şekil 4.5 Şev gölgesindeki gürültü miktarının tahmini (Mattis et al., 1997)

$$L_A = L_1 - \Delta L_2 - \Delta L_3 \quad [4.39]$$

Burada;

L_A : A noktasındaki gürültü seviyesi, dBA

L_1 : Kaynaktan r_1 uzaklıktaki gürültü seviyesi, dBA

ΔL_2 : Mesafeye bağlı gürültü azalımı, dBA

ΔL_3 : Engelden dolayı oluşan gürültü azalımı, dBA

olarak verilmiştir ve

$$\Delta L_2 = 25 \lg(r_b / r_1) \quad [4.40]$$

$$\Delta L_3 = (hb/a - k)(2a \cos \alpha / (2a \cos \alpha / (\lambda b(a + b)))) \quad [4.41]$$

şeklinde ifade edilmiştir.

Burada;

λ : Dalga boyu, m ($\lambda = c / f$; c: 340 m/s, f: 63 Hz ise λ : 5,4 m olacaktır)

olarak verilmiştir.

Bunun yanı sıra bariyerin şekli ve yapısal özellikleri de gürültünün yalıtımı açısından önemli olacağı bilinmektedir.

Yapılan bir çalışmada 6 farklı alıcı pozisyonuna göre bariyer arkasında ölçüm yapılarak farklı bariyer tiplerinde gürültü azaltımının bulunması amaçlanmış ve denenen tüm frekanslarda en yüksek verim T-biçimli bariyer sisteminde olduğu görülmüştür (Fujiwara et al., 1998).

Başka bir çalışmada ise gidiş geliş 3'er şeritli bir otoyolda bariyerle gürültü azaltımı denenmiş, 1 m. uzunluğunda orta bariyerle yol kenarına yerleştirilen 2 m ve 3 m.'lik bariyerler kullanılarak bunların 5 farklı konfigirasyonuna (1 m. orta bariyeri, 2 m. yol kenarı bariyeri, 2 m. yol kenarı bariyeri + 1 m. orta bariyeri, 3 m. yol kenarı bariyeri, 3 m. yol kenarı bariyeri + 1 m. orta bariyeri) ait 20 m. ve üstü mesafede gürültüdeki azalma miktarları ölçülmüştür. Sonucunda 1 m. orta bariyerde 1 dBA azalma sağlanırken, 3 m yol kenarı bariyer ve orta bariyerin kullanıldığı ölçümlerde 10 dBA'nın üzerinde azalmalar tespit edilmiştir (Martin et al., 2002) .

Watts et. al. (1999) tarafından şehirlerarası yolda gürültü bariyerlerinin etkisi araştırılmış, 3,7 m. yüksekliğinde yola paralel 34 m.'lik bir bariyerlerle L_{A10} gürültü seviyesinde $2,09 \pm 0,44$ dBA'lık bir gürültü azalımı olduğu tespit edilmiştir.

Pathak et al. (2000) tarafından yapılan bir çalışmada atmosfer sıcaklık ve nemine ilaveten rüzgar hızı da gürültü modellemesi içerisine katılmış ve aşağıdaki verilen ifade geliştirilmiştir.

$$L_p = L_w - A_s - A_g - A_a - A_b + D_c + R_c \quad [4.42]$$

Burada;

- L_p : Alıcıdaki ses basınç seviyesi,
- L_w : Akustik merkezdeki ses basınç seviyesi,
- A_s : Yayılmadan dolayı azalma,
- A_g : Zemin absorpsiyonu nedeniyle oluşan azalma,
- A_a : Hava absorpsiyonu nedeniyle oluşan azalma,
- A_b : Ocak eğimi nedeniyle oluşan azalma,
- D_c : Yönelim İndeksi,

R_c : Yansıma katsayısı,
olarak verilmiştir.

Steele (2001) en basit şekliyle hesaplanan trafik gürültüsü tahmin modelini L_{50} (dBA) olarak şöyle vermiştir.

$$L_{50} = 68 + 8,5 \log V - 20 \log D \quad [4.43]$$

Burada;

V : Trafik akışı, araç/h

D : Trafik güzergahından uzaklık, feet
olarak verilmiştir.

Trafik gürültüsü modellemesi için tüm faktörlerin etkisi Pamanikabud et. al. (2003) tarafından CORTN modeli aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

Temel gürültü seviyesine ilave edilmesi gereken değerler şunlardır:

- Hız katsayısı
- Araç ağırlığı katsayısı
- Eğim katsayısı
- Yol yüzeyi katsayısı

$$\text{Temel Gürültü Seviyesi} = 42,2 + 10 \log_{10} q \text{ (saatlik ses seviyesi, dBA)} \quad [4.44]$$

q : saatlik araç sayısı, araç/h (tahmini hız: 75 km/h ve kamyon yok)

Ağır araçlar için

$$\text{Katsayı} = 33 \log_{10} (V + 40 + 500/V) + 10 \log_{10} (1 + 5p/V) - 68,8 \quad [4.45]$$

$$p = 100 f / q \quad [4.46]$$

V : Trafik hızı, km/h

p : Ağır araçların yüzdesi, %

f : Saatlik ağır araç sayısı, araç/h

q : Saatlik yolcu taşıtlarının sayısı, araç/h

Eğim için

$$\text{Katsayı} = 0,3G \quad [4.47]$$

G: Eğim, % (sadece yokuşlar için)

Yol yüzeyi katsayısı ise farklı zeminler için Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Yol yüzey katsayıları (Pamanikabud et. al., 2003)

Yol yüzey tipi	Hız (km/h)	Yüzey katsayısı,dBA
Beton	≥ 75	$10 \log_{10}(90TD^{(*)} + 30) - 20$
Asfalt	≥ 75	$10 \log_{10}(20TD + 60) - 20$
Stabilize	< 75	-1
Toprak	Tüm hızlar	-3,5

(*)TD:Yapı derinliği, mm

Filho et.al. (2003) tarafından Güney Brezilya’da 300.000 nüfuslu Florianopolis kentinde trafik gürültüsüne ağır ve hafif araçların etkisi araştırılmış ve aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmiştir.

$$L_{eq} = 62,10 + 3,88 \log_{10}(QP + 0,07QL) \quad [4.48]$$

L_{eq} : Eşdeğer gürültü seviyesi, dBA

QP: Ağır araçların akış miktarı, araç/h

QL: Hafif araçların akış miktarı, araç/h

Morillas et. al. (2002) tarafından Caceres (İspanya) şehrinde yapılan çalışmada, şehir merkezi 4 farklı bölgeye ayrılarak her bir bölgede 6 farklı ölçüm istasyonu olmak şartıyla 24 noktada trafik gürültüsü ölçülmüş, sonuçlar L_{eq} , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{max} , L_{min} olarak değerlendirilmiş ve 81.000 kişinin yaşadığı bu alanda eşdeğer gürültü seviyesi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$L_{eq} = 9,4 \log Q + 45,0 \text{ (korelasyon katsayısı}=0,83) \quad [4.48]$$

Burada;

Q: Trafik akışı, araç/h (tüm ağır araçlar, otobüs, kamyon, panelvan dahil)

Benzer şekilde gürültü miktarını ifade edebilmek için indeks değerler tarif edilmiş, bunlar Trafik Gürültü İndeksi (TNI) ve Gürültü Kirliliği Seviyesi (NPL) olarak aşağıda verilmiştir (Li et. al., 2002).

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) - L_{90} + 30 \quad (\text{dBA}) \quad [4.49]$$

$$NPL = L_{eq} + 256\sigma \quad (\text{dBA}) \quad [4.50]$$

L_{10} : Pik gürültü seviyesi, dBA

L_{90} : Arka plan gürültü seviyesi, dBA

L_{eq} : Eşdeğer gürültü seviyesi, dBA

σ : Gürültü standart sapma miktarı, dBA

Suksaard et. al. (1999) tarafından basit trafik gürültüsü modeline bariyer eklenmesi durumunda gürültü azalımını tespit etmek amacıyla L_d ve L_g katsayıları eklenerek, yol kenarından farklı mesafelerde 1677 ölçüm yapılmış, trafik gürültüsünde bariyer etkisi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$L_{eq} = PWL - 10 \log 2ld + L_d + L_g \quad [4.51]$$

L_{eq} : Alıcıdaki eşdeğer gürültü seviyesi, dBA

PWL: Aracın ortalama gürültü seviyesi, dBA

l : Trafik hattı ile alıcı arasındaki mesafe, m

d : Aracın önü ile ortalama mesafe, m

$$d = 1000V / Q \quad [4.52]$$

V : Ortalama araç hızı, km/h

Q : Trafik yoğunluğu, araç/h

L_d : Yansıma için gürültü azalımı katsayısı

L_g : Zemin için gürültü azalımı katsayısı

İnşaat makinalarının çalıştığı bir alanda gürültü modellemesi yapılmış ve eşdeğer gürültü seviyesi (dBA) aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmiştir (Manatakis et. al., 2002).

$$L_{eq} = 31,8 + 10 \log(N_T + 5N_E + 6N_L) + 10 \log \frac{d_0}{d} + \Delta L_V + \Delta L_S + \Delta L_G \quad [4.53]$$

Burada;

N_T : Toprak kamyonu akışı, kamyon/h

N_E : Çalışma alanına buldozer akışı, buldozer/h

N_L : Çalışma alanına loder akışı, loder/h

d_0 : Gözlemcinin çalışma alanına mesafesi (referans:25 m)

d : Gözlemcinin çalışan makinaya olan mesafesi, m

ΔL_V : Değişik araç hızları için katsayı

ΔL_S : Zemin özelliklerine bağlı katsayı

ΔL_G : Eğime bağlı katsayı

Çizelge 4.4 Farklı durumlar için ΔL_V , ΔL_S , ΔL_G katsayıları (Manatakis et. al., 2002)

Eğim, %	ΔL_G , dBA	Zemin tipi	ΔL_S , dBA	Akış hızı, km/h	ΔL_V ,dBA
<5	0	Kil	0	20-30	0
6	+0,4	Altere kil	+0,3	30-40	+2,20
7	+0,8	Kum	+0,7	40-50	+4,40
8	+1,2	Çakıl	+1,5	50-60	+6,60
9	+1,6				
10	+2,0				

5. DENEYSEL ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. Kullanılan Cihazların Teknik Özellikleri

5.1.1. AZ 8921 Dijital Ses Seviyesi Ölçer

Gürültü ölçümlerinde kullanılan bu cihaz TS2711 ve TS 2604 standartlarına uygun seçilmiş olup teknik ve genel özellikleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 AZ 8921 Dijital ses seviyesi ölçer teknik ve genel özellikleri

Teknik Özellikleri	Okuma	LCD ekran + Analog bar-graph
	Frekans Bandı	31,5 Hz ~ 8000 Hz
	Ölçüm Sahası	A konumunda 30 ~ 130 dB C konumunda 35 ~ 130 dB
	Mikrofon	Electric condenser (6mm çap)
	Ölçüm	dB (A ve C konumları)
	Çözünürlük	0,1 dB
	Doğruluk	±1,5 dB
	Ölçüm Kademeleri	30 ~ 80 dB; 40 ~ 90 dB; 50 ~ 100 dB 60 ~ 110 dB; 70 ~ 120 dB; 80 ~ 1300 dB
	Örnekleme	Fast, slow
	Quasi-Analog Bar Göstergesi	1 dB’lik ekran adımları, 30 dB ekran kademesi, 50 ms tazeleme hızı
	Çıkış sinyali	AC 0,707 Vms (tam sığalada); DC 10mV/dB
Genel Özellikleri	Besleme	DC 9V pil
	Çalışma ortamı şartları	0 ~ 50°C, 10 ~ 90% Nem
	Saklama ortamı şartları	-20 ~ 60°C
	Boyutlar	80x256x38 mm
	Ağırlık	240 gr
	Opsiyonel aksesuarlar	RS-232 kablosu ve PC yazılımı

5.1.2. Oregon WMR 112 meteoroloji istasyonu

Çalışmaların hem teorik hem de maden sahası ölçümleri sırasında kullanılmak üzere Çizelge 5.2’de verilen özelliklere sahip meteoroloji istasyonu kurulmuştur.

Çizelge 5.2 Oregon WMR 112 meteoroloji istasyonu teknik özellikleri

Parametre	Ölçüm aralığı	Hassasiyet
Sıcaklık	-20°C ~ 60°C (-4°F ~ 140°F)	0,1°C (0,2°F)
Nem	% 25-90	%1
Barometrik basınç	600-1050 mb (17,72-31,01 inHg)	1 mb (0,03 in Hg)
Rüzgar hızı	0-56 m/s (0-125,3 mph)	0,2 m/s (0,4 mph)
Rüzgar yönü	0-359°	1° (Dijital); 10° (Grafik)

5.1.3. Stromer SK 3000 Jeneratör

Teorik çalışmalarda enerji kaynağı olarak Stromer marka jeneratör kullanılmıştır. Bu jeneratöre ait teknik bilgiler Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Stromer SK 3000 jeneratör teknik özellikleri

Maksimum güç	2,8 kVA	Yağ kapasitesi	0,7 lt (20/50)
Sürekli güç	5,5 kVA	Depo kapasitesi	4,3 lt (Benzin)
Voltaj	220 V	Çalışma süresi	4 saat
Akım	11,4 A	İlk çalıştırma	İp çekmeli
Frekans	50 Hz	Ağırlık	44 kg
Devir	3000 dk ⁻¹	Boyut	655x460x510 mm

5.1.4. Garmin GPS III Plus

Çalışmalar sırasında koordinat belirleme işlemleri Garmin marka GPS ile yapılmıştır. Bu cihaza ait teknik özellikler şunlardır:

- 12 paralel kanallı

- 500 nokta 20 rota hafızalı
- Aralıklı olarak uyduyu bulup konum belirleme özelliğine sahip
- Cihazın ilk konum belirleme işlemi için gerekli zaman cihaz soğukken 45 saniye, cihaz ısınınca 15 saniyedir
- Hassasiyeti ± 3 m'dir.

5.1.4. Diğer cihazlar

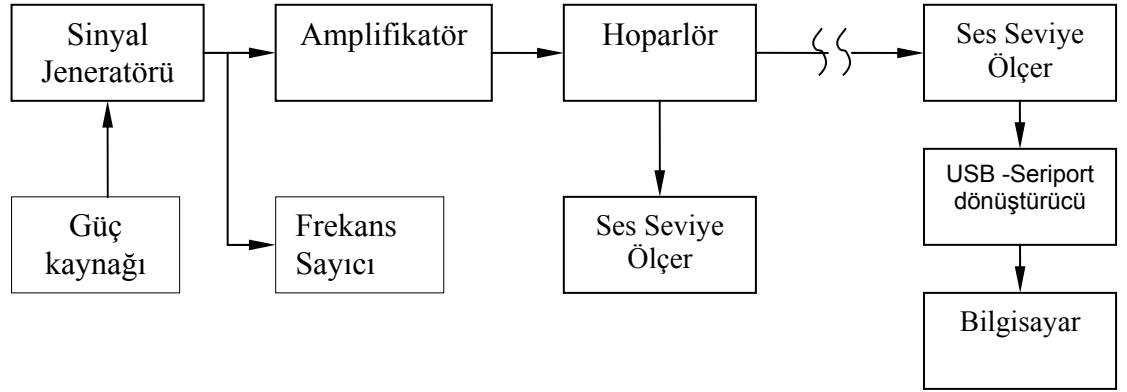
Teorik çalışmalarda kullanılan diğer cihazlar ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Amplifikatör: 220V girişli, 100 watt gücünde, sinyal jeneratöründen alınan sinyali yükseltebilmekte ve hava tazyikli hoparlörü besleyebilecek özelliktedir.
- Sinyal Jeneratörü: 220 V girişli, 16 Hz 20 kHz frekans aralığında sinyal üretebilmektedir
- Hoparlör: Hava tazyikli, 100 watt'lık amplifikatör ile birlikte çalışabilmektedir.

5.2. Çalışma Prensibi

Arazide yapılan ölçmeler yerden 1,2 m. – 1,5 m. yüksekte ve olabiliyorsa duvarlardan binalardan veya diğer ses yansıtıcı yapılardan en az 3,5 m. uzakta yapılması gerekmektedir (TS 2606,1977).

Parametrik çalışmalar da kullanılan deney düzeneği akım şeması Şekil 5.1'de ve genel görünüşü Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.1 Deney düzeneği akım şeması



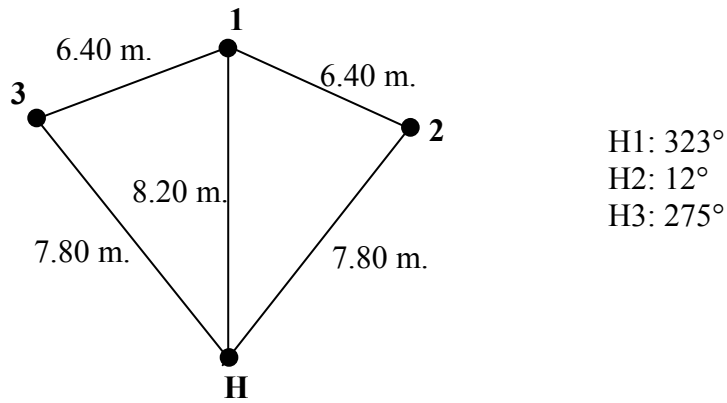
Şekil 5.2. Deney düzeneği genel görünüşü

Teorik alt yapıyı oluşturacak faktörler belirlenirken aşağıda belirtilen çalışmalar yapılmıştır.

- i) Üç noktadan alınan ölçümler
- ii) Genel dağılımın belirlenmesi
 - Tek gürültü kaynağı çalışmaları
 - İki gürültü kaynağı çalışmaları
- iii) Yansıyan dalgaların belirlenmesi

5.2.1. Üç noktadan alınan ölçümler

Burada atmosfer şartlarının gürültünün arazide dağılımının belirlenebilmesi için ne derecede önemli olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın genel görünümü Şekil 5.3’de verilmiştir. Kaynaktan yayılan gürültünün çevrede ki engellerden etkilenmemesi için hoparlör yansıma olmayacak bir bölgeye yerleştirilmiştir (TS 2373, 1976).



Şekil 5.3 Üç noktadan alınan ölçümler

Burada gürültü seviyesi ölçümleri saniyelik kayıt edilirken atmosfer şartları (sıcaklık, nem, basınç rüzgar hızı ve rüzgar yönü) ise dakikalık değişimleri kayıt edilmiştir. Saniyelik kayıt edilen gürültü seviyeleri dakikada ki eşdeğer gürültü seviyesine çevrilerek atmosfer şartları verileriyle uyumlu hale getirilmiştir. Eşdeğer gürültü seviyesi aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{n} \left(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10} \right) \right) \quad [5.1]$$

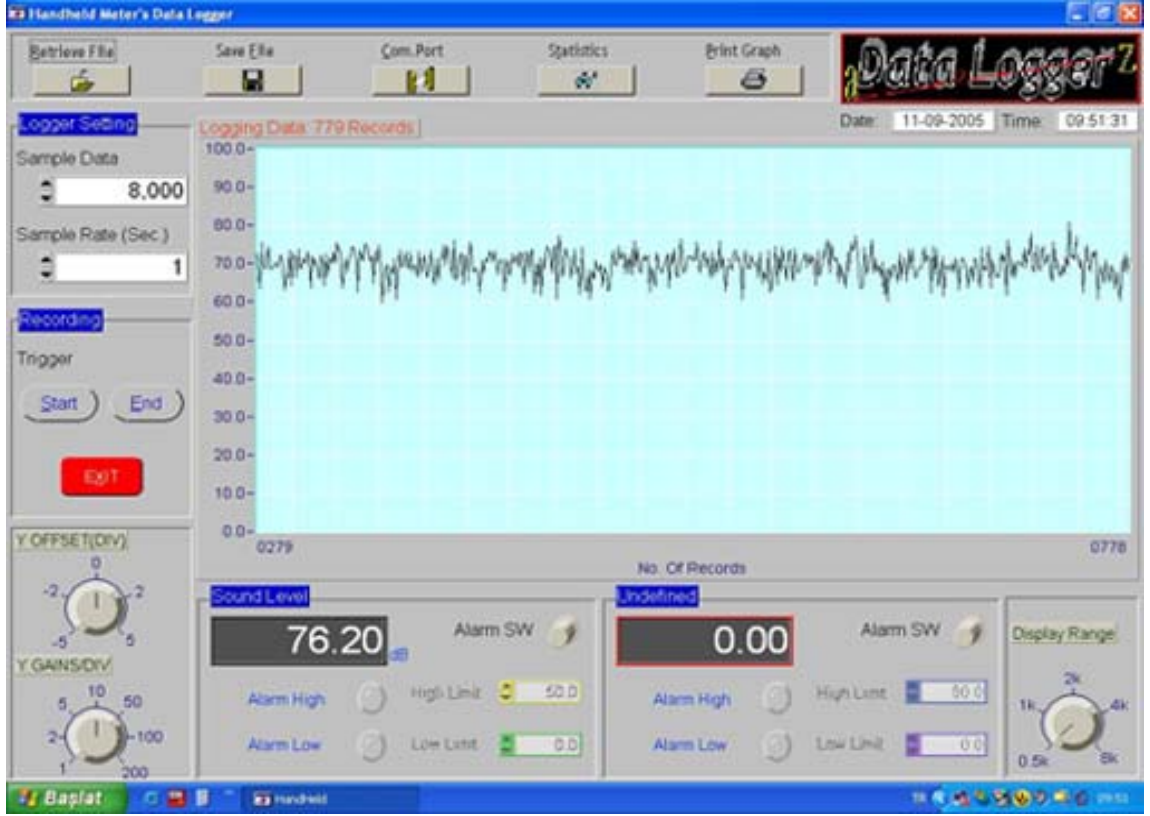
Burada;

n: Ölçüm sayısı (bir dakika için 60 alınmıştır)

L_1 - L_n : Ölçüm değerleri, dBA

L_{eq} : Eşdeğer gürültü seviyesi, dBA

Bilgisayar ortamında kaydedilen gürültü seviyesi verilerine ait Handheld Meter's Data Logger programı ekran görüntüsü Şekil 5.4 de verilmiştir.



Şekil 5.4. Gürültü seviyesi verilerinin kaydedilmesi

Bir dakikalık ölçüm için örnek eşdeğer gürültü seviyesi hesaplaması için Çizelge 5.4’de verilen (Şekil 5.3’de 1 nolu noktadan alınan veriler) ölçüm sonuçları kullanılmıştır.

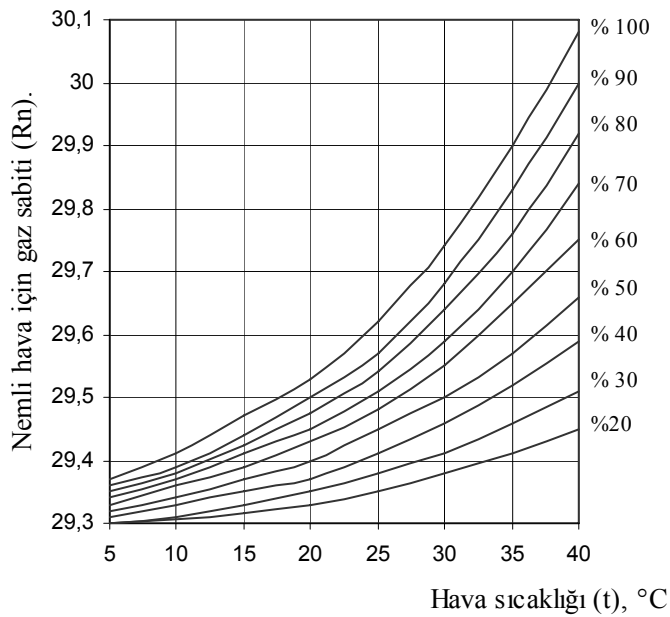
Çizelge 5.4’de verilen örnek ölçüm sonuçları Eşitlik [5.1] kullanılarak hesaplandığında eşdeğer gürültü seviyesi (L_{eq}); 79,89581 dBA olarak bulunacaktır. Tez çalışması boyunca tüm gürültü verilerine aynı eşdeğer gürültü seviyesi hesaplama yöntemi uygulanmıştır.

Üç noktada yapılan ölçüm sonuçları hesaplanan eşdeğer gürültü seviyeleri meteoroloji verileri ve Şekil 5.5’e göre hesap edilmiş gaz sabiti değerleri ile birlikte EK1’de verilmiştir.

Rüzgar yönü ve hızı gürültünün yayılımında önemli olacağından; rüzgar yönü 16 farklı grupta değerlendirilmiş ve bu şekilde rüzgar etkisi belirlenmiştir. Belirlenen 16 değişik rüzgar yönü ve etkili olduğu açıları Şekil 5.6’de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Bir dakikalık gürültü ölçüm verileri

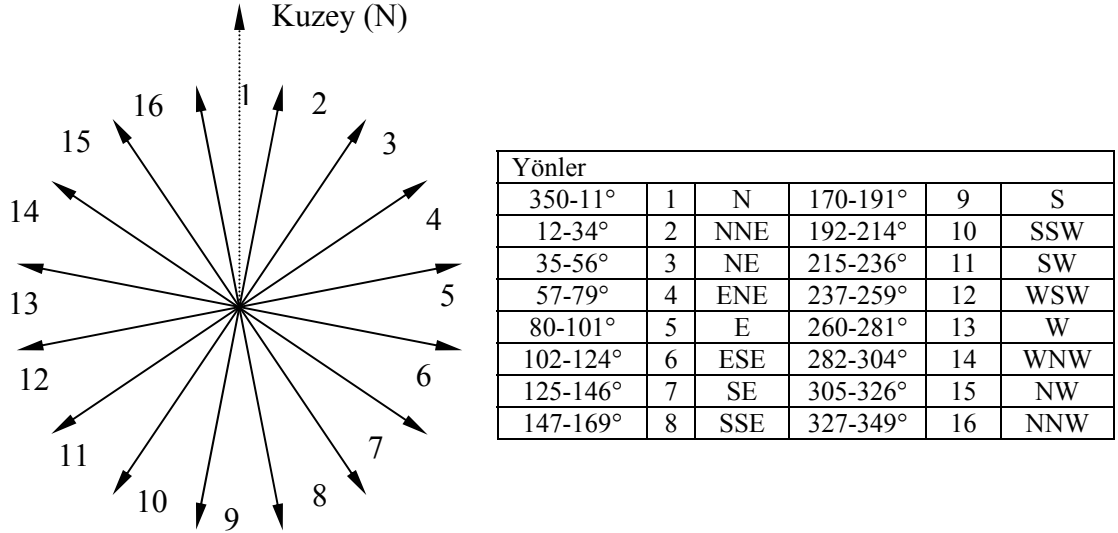
Ölçüm	Saat	Seviye (dBA)	Ölçüm	Saat	Seviye (dBA)	Ölçüm	Saat	Seviye (dBA)
01	13:12:00	81,7	21	13:12:20	79,6	41	13:12:40	80,1
02	13:12:01	81,5	22	13:12:21	79,7	42	13:12:41	78,2
03	13:12:02	81,5	23	13:12:22	80	43	13:12:42	79
04	13:12:03	81,2	24	13:12:23	80	44	13:12:43	80,5
05	13:12:04	81,4	25	13:12:24	78,4	45	13:12:44	76,1
06	13:12:05	81,2	26	13:12:25	78,6	46	13:12:45	78,2
07	13:12:06	80,5	27	13:12:26	80	47	13:12:46	79
08	13:12:07	80,6	28	13:12:27	79,5	48	13:12:47	79,5
09	13:12:08	80,6	29	13:12:28	78,5	49	13:12:48	79,4
10	13:12:09	80,4	30	13:12:29	78,9	50	13:12:49	79,9
11	13:12:10	80,3	31	13:12:30	78,6	51	13:12:50	81,4
12	13:12:11	80,6	32	13:12:31	80,7	52	13:12:51	81,2
13	13:12:12	81,1	33	13:12:32	81,1	53	13:12:52	79,9
14	13:12:13	80,6	34	13:12:33	77,4	54	13:12:53	80
15	13:12:14	80,7	35	13:12:34	78,6	55	13:12:54	79,6
16	13:12:15	80,4	36	13:12:35	78	56	13:12:55	76,6
17	13:12:16	80,2	37	13:12:36	77,5	57	13:12:56	78,1
18	13:12:17	80,6	38	13:12:37	80	58	13:12:57	78,9
19	13:12:18	80,9	39	13:12:38	80,2	59	13:12:58	77,4
20	13:12:19	81,1	40	13:12:39	78,4	60	13:12:59	79,3



Şekil 5.5 Sıcaklık ve neme bağlı olarak nemli hava için gaz sabiti (Saltoğlu, 1983)

Rüzgar yönüyle alıcı arasındaki açının farklı olması durumlarında gürültünün etkisi değişeceğinden hesaplamalarda bu açığa bağlı olarak rüzgar etkisi parametresi

belirlenmiş ve bu parametre kullanılmıştır. Rüzgar etkisi parametresi için yapılan değerlendirme Çizelge 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.6. Rüzgar yönleri ve etkili olduğu açılar

Çizelge 5.5. Rüzgar etkisi hesaplanması

Rüzgar yönü	Yön Aralığı	Rüzgar etkisi	Rüzgar yönü	Yön aralığı	Rüzgar etkisi
N	350-11°	R	S	170-191°	-r
NNE	12-34°	0,75 r	SSW	192-214°	-0,75r
NE	35-56°	0,50 r	SW	215-236°	-0,50r
ENE	57-79°	0,25 r	WSW	237-259°	-0,25r
E	80-101°	0 r	W	260-281°	0 r
ESE	102-124°	-0,25r	WNW	282-304°	0,25 r
SE	125-146°	-0,50r	NW	305-326°	0,50 r
SSE	147-169°	-0,75r	NNW	327-349°	0,75 r

r: Rüzgar hızı, m/s

Üç noktadan alınan gürültü verilerinin değerlendirilmesinde SPSS 9.05 istatistik programı kullanılmıştır. H noktasına yerleştirilen hoparlörün 2000 Hz frekansta oluşturduğu eşdeğer gürültü seviyesi $L_{eq}=110,28174$ dBA (291 ölçüm sonucu) olarak tespit edilmiştir.

EK-1’de verilen değerlerin SPSS 9.05 ile analizi yapılarak aşağıdaki ifade elde edilmiştir.

$$t = 110.28174 + (m * A) - (r * B + n * C + D * i + h * E) \quad [5.2]$$

t: Tahmin edilen eşdeğer gürültü seviyesi, dBA

m: Ölçüm yapılan mesafe, m

r: Rüzgar etkisi

n: Nem, %

i: Sıcaklık, °C

h: Atmosfer basıncı, mb

olarak alındığında bulunan A, B, C, D, E katsayıları ve r^2 (korelasyon) aşağıda verilmiştir.

A :	21,610106593	D :	0,061735488
B :	-0,292116701	E :	0,201851141
C :	-0,003978685	r^2 :	0,90459

5.2.2. Genel Dağılımın Belirlenmesi

Bu aşamada yapılan çalışmalar 10 000 m²’lik bir alanda uygulanmıştır. Şekil 5.1’de verilen akım şeması burada da aynen kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalar Konya İl merkezinin 22 km kuzeyinde bulunan Bosna-Hersek Mahallesi’nin Kuzeydoğusunda boş arazide yapılmıştır. Bu arazinin tercih edilmesindeki en önemli nedenleri ortam gürültüsü haricinde bir gürültü kaynağının olmayışı arazinin engebesiz ve ulaşımının kolay olması sayılabilir.

Gürültü seviyesi ölçümleri 7 oktav bandının merkez frekanslarında yapılmıştır. Bunlar;

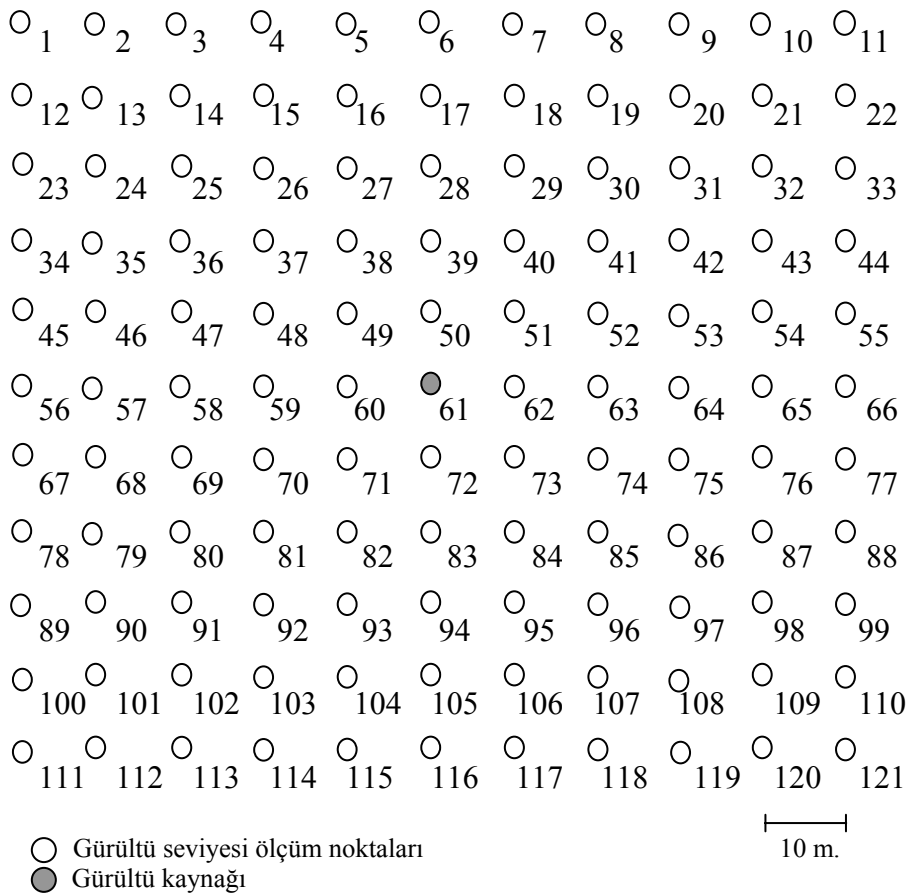
- 125 Hz (88-177 Hz),
- 250 Hz (177-355 Hz),
- 500 Hz (355-710 Hz),

- 1000 Hz (710-1420 Hz),
- 2000 Hz (1420-2840 Hz),
- 4000 Hz (2840-5680 Hz),
- 8000 Hz (5680-11360 Hz).

Bunlara ilaveten aynı frekanslarda tek ve çift gürültü kaynağı kullanılarak gürültü seviyelerindeki değişimler tespit edilmiştir.

5.2.2.1. Tek gürültü kaynağı çalışmaları

Bu kısım çalışmada belirlenen 10 000 m²'lik alanda, 10 m. aralıklı 121 ölçüm istasyonu işaretlenerek bu istasyonların merkezine tekabül eden 61 nolu ölçüm noktasına gürültü kaynağı yerleştirilerek gürültü seviyesinin dağılımı incelenmiştir. Yapılan çalışmanın planı Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.7. Tek gürültü kaynağı çalışma planı.

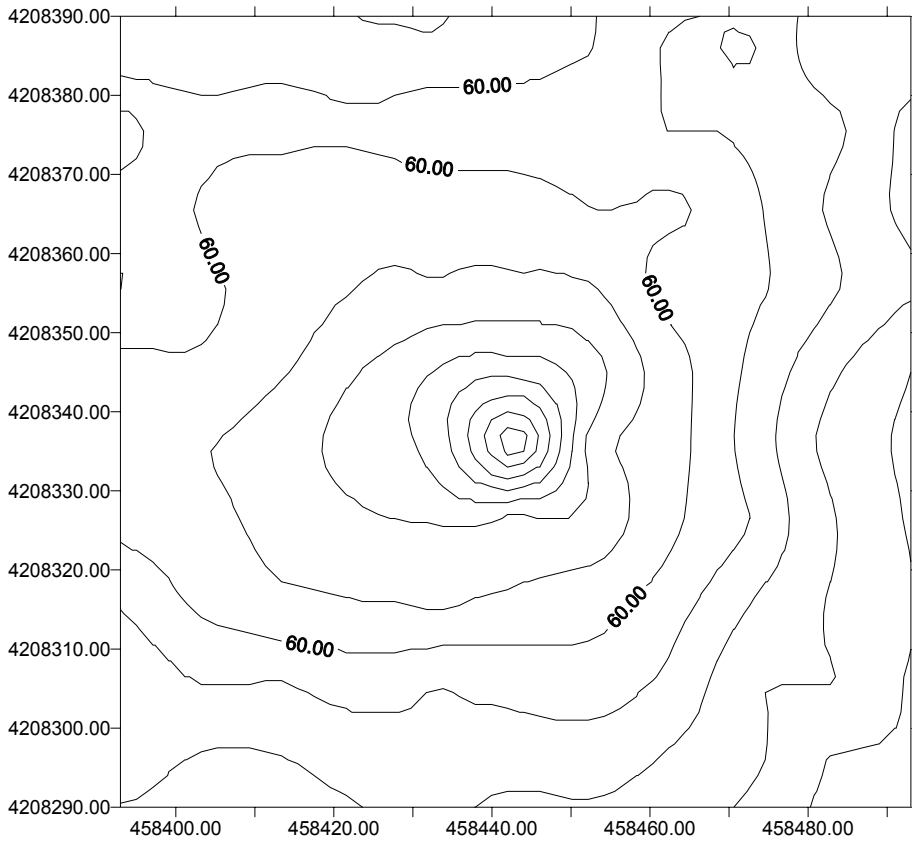
Bu çalışma düzeni için GPS okumaları Çizelge 5.6'da verilmiştir

Çizelge 5.6. GPS Okumaları

	x	Y		x	y		x	y
1	36s0458393	4208386	42	36s0458473	4208356	82	36s0458433	4208316
2	36s0458403	4208386	43	36s0458483	4208356	83	36s0458443	4208316
3	36s0458413	4208386	44	36s0458493	4208356	84	36s0458453	4208316
4	36s0458423	4208386	45	36s0458393	4208346	85	36s0458463	4208316
5	36s0458433	4208386	46	36s0458403	4208346	86	36s0458473	4208316
6	36s0458443	4208386	47	36s0458413	4208346	87	36s0458483	4208316
7	36s0458453	4208386	48	36s0458423	4208346	88	36s0458493	4208306
8	36s0458463	4208386	49	36s0458433	4208346	89	36s0458393	4208306
9	36s0458473	4208386	50	36s0458443	4208346	90	36s0458403	4208306
10	36s0458483	4208386	51	36s0458453	4208346	91	36s0458413	4208306
11	36s0458493	4208386	52	36s0458463	4208346	92	36s0458423	4208306
12	36s0458393	4208376	53	36s0458473	4208346	93	36s0458433	4208306
13	36s0458403	4208376	54	36s0458483	4208346	94	36s0458443	4208306
14	36s0458413	4208376	55	36s0458493	4208346	95	36s0458453	4208306
15	36s0458423	4208376	56	36s0458393	4208336	96	36s0458463	4208306
16	36s0458433	4208376	57	36s0458403	4208336	97	36s0458473	4208306
17	36s0458443	4208376	58	36s0458413	4208336	98	36s0458483	4208306
18	36s0458453	4208376	59	36s0458423	4208336	99	36s0458493	4208306
19	36s0458463	4208376	60	36s0458433	4208336	100	36s0458393	4208296
20	36s0458473	4208376	61	36s0458443	4208336	101	36s0458403	4208296
21	36s0458483	4208376	62	36s0458453	4208336	102	36s0458413	4208296
22	36s0458493	4208376	63	36s0458463	4208336	103	36s0458423	4208296
23	36s0458393	4208366	64	36s0458473	4208336	104	36s0458433	4208296
24	36s0458403	4208366	65	36s0458483	4208336	105	36s0458443	4208296
25	36s0458413	4208366	66	36s0458493	4208336	106	36s0458453	4208296
26	36s0458423	4208366	67	36s0458393	4208326	107	36s0458463	4208296
27	36s0458433	4208366	68	36s0458403	4208326	108	36s0458473	4208296
28	36s0458443	4208366	69	36s0458413	4208326	109	36s0458483	4208296
29	36s0458453	4208366	70	36s0458423	4208326	110	36s0458493	4208296
30	36s0458463	4208366	71	36s0458433	4208326	111	36s0458393	4208286
31	36s0458473	4208366	72	36s0458443	4208326	112	36s0458403	4208286
32	36s0458483	4208366	73	36s0458453	4208326	113	36s0458413	4208286
33	36s0458493	4208366	74	36s0458463	4208326	114	36s0458423	4208286
34	36s0458393	4208356	75	36s0458473	4208326	115	36s0458433	4208286
35	36s0458403	4208356	76	36s0458483	4208326	116	36s0458443	4208286
36	36s0458413	4208356	77	36s0458493	4208326	117	36s0458453	4208286
37	36s0458423	4208356	78	36s0458393	4208316	118	36s0458463	4208286
38	36s0458433	4208356	79	36s0458403	4208316	119	36s0458473	4208286
39	36s0458443	4208356	80	36s0458413	4208316	120	36s0458483	4208286
40	36s0458453	4208356	81	36s0458423	4208316	121	36s0458493	4208286
41	36s0458463	4208356						

Yapılan çalışmalarda, sinyal jeneratörü 7 farklı band merkez frekans değerine ayarlanarak her bir frekans değerinde 121 noktadan ölçümler alınmış, aynı zamanda meteorolojik verilerde kaydedilmiştir. Her noktada kaydedilen gürültü miktarları Eşitlik 5.1’de verildiği gibi eşdeğer gürültü seviyesi (L_{eq}) olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda tüm frekanslar için elde edilen 121 nokta için L_{eq} , EK2’de verilmiştir.

Farklı frekans değerleri için çalışma alanının gürültü haritaları Surfer 5.01 programı ile oluşturulmuştur. 2000 Hz frekans değeri için oluşturulan gürültü haritası Şekil 5.8’de verilmiştir. Diğer frekans değerleri için oluşturulan gürültü haritaları ise EK 3’de toplu olarak gösterilmiştir.



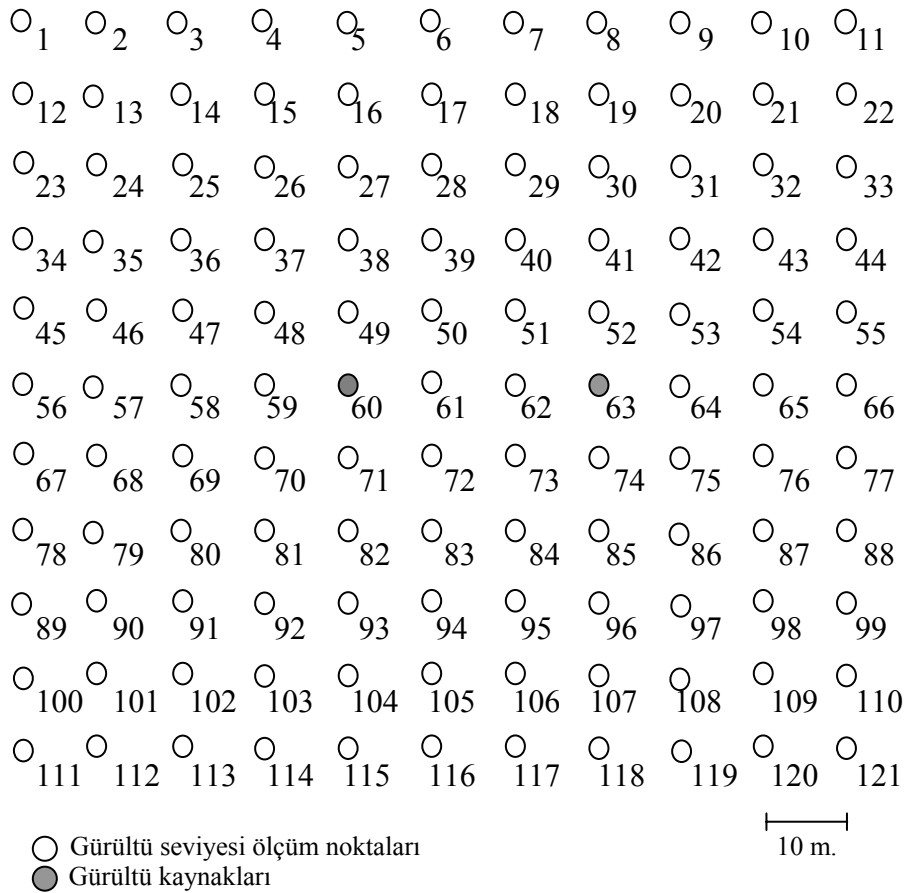
(61: 101,38 dBA; ortam:35,38 dBA olarak ölçülmüştür.)

Şekil 5.8. Tek gürültü kaynağı 2000 Hz gürültü haritası

5.2.2.2. İki gürültü kaynağı çalışmaları

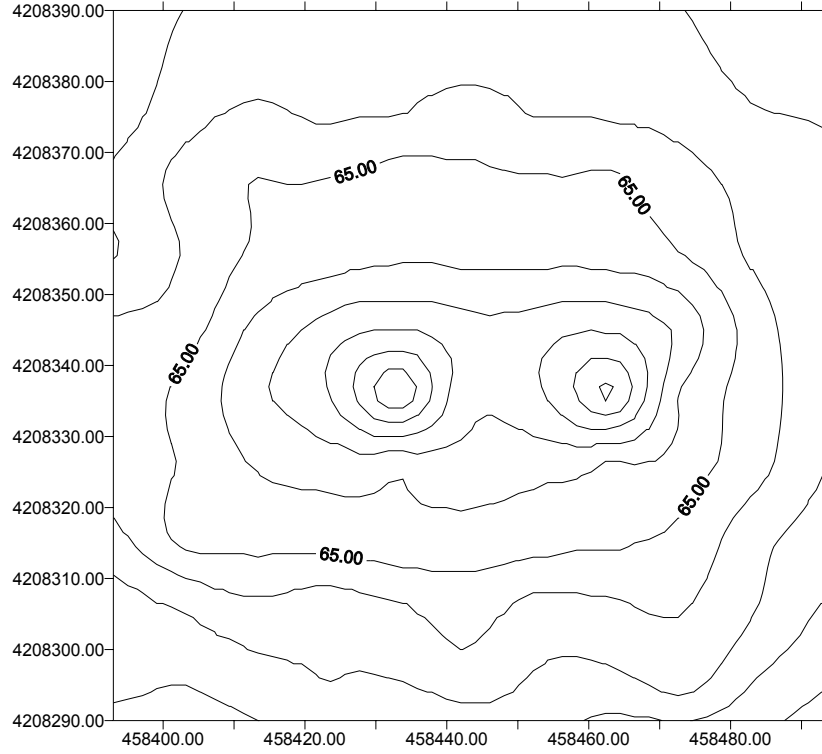
Bu kapsamda, özellikle madencilik faaliyetleri sırasında tek bir gürültü kaynağı olmayacağı gerçeğinden yola çıkılarak gürültü kaynağının sayısını ikiye çıkarmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır.

İki gürültü kaynağı çalışmaları için Şekil 5.1’de verilen deney düzeneğine bir hoparlör daha eklenerek yine aynı çalışma alanında ölçümler yapılmıştır. Tek gürültü çalışmalarında Şekil 5.4’de 61 nolu noktada gösterilen hoparlör 60 nolu noktaya, yeni eklenen hoparlör ise 63 nolu noktaya yerleştirilerek; aralarında 30 m. mesafe olan iki gürültü kaynağı teşkil edilmiştir. Bu çalışma planı Şekil 5.9’da verilmiştir.



Şekil 5.9. İki gürültü kaynağı çalışma planı

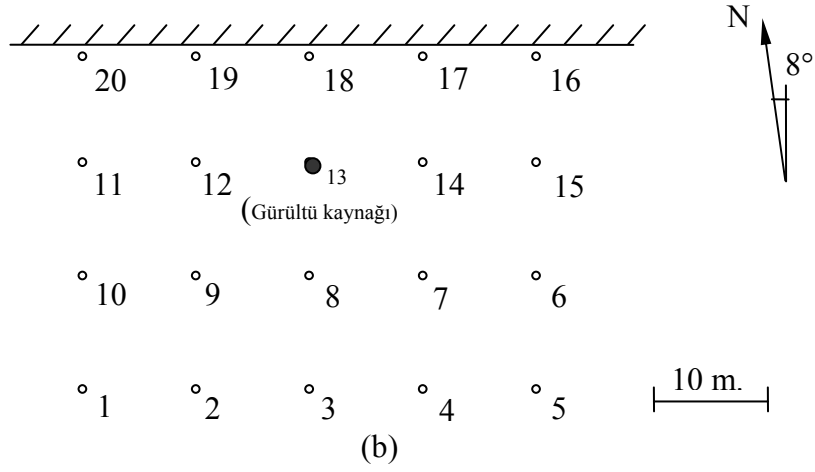
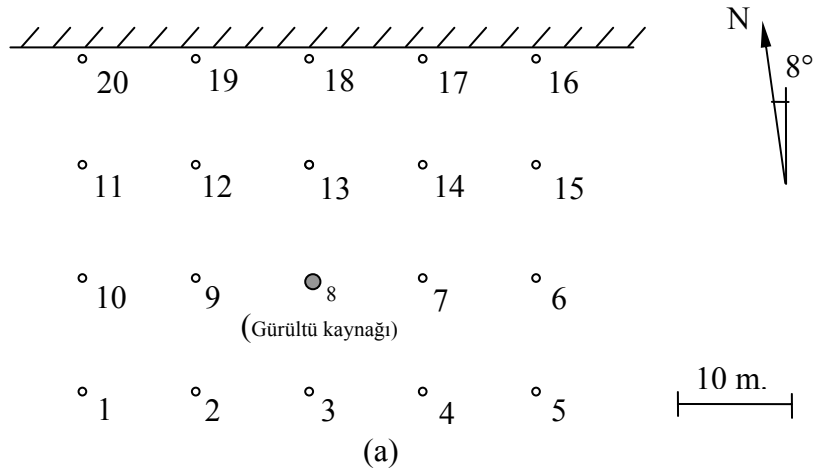
7 farklı frekansta yapılan ölçümlerde her nokta için her bir frekans değerinde L_{eq} hesaplanmıştır. Farklı frekanslarda yapılan çalışmalarda hesaplanmış L_{eq} değerleri toplu olarak EK 4’de verilmiştir. 2000 Hz frekans için oluşturulan gürültü haritası Şekil 5.10’da verilmiştir.



Şekil 5.10 İki gürültü kaynağı 2000 Hz gürültü haritası

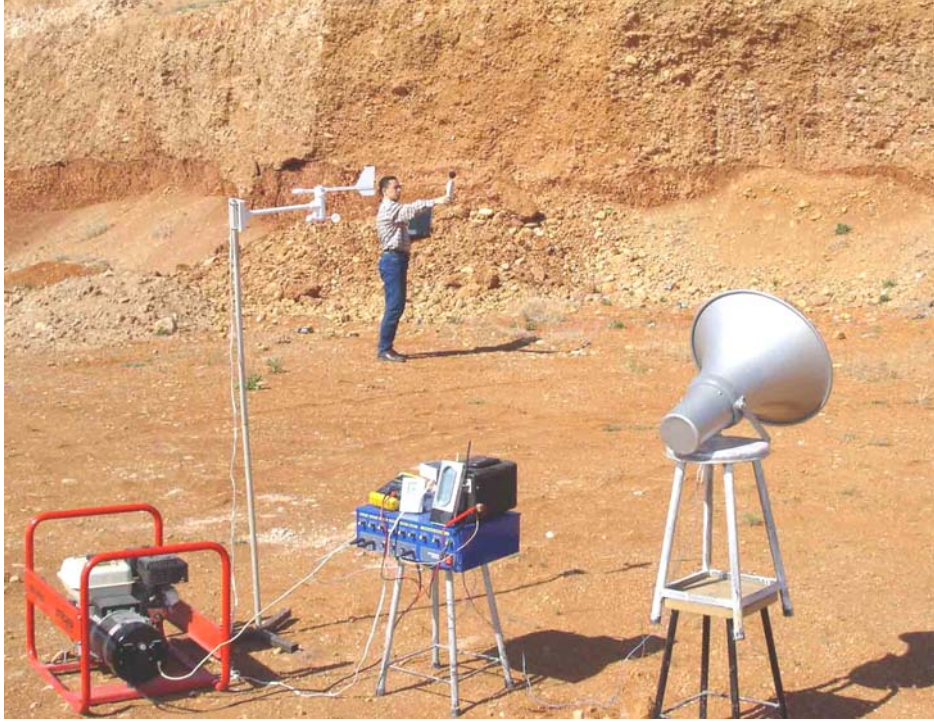
5.2.3. Yansıyan Dalgaların Belirlenmesi

Gürültünün dağılımında yansıyan dalgaların etkisini belirlemek amacıyla Şekil 5.1’deki deney düzeneği bir set önüne 20 m ve 10 m mesafelerde iki farklı konumda yerleştirilerek gürültü seviyesi ölçümleri alınmıştır. Deney düzeneği çalışma planı Şekil 5.11’de ve çalışma alanı genel görünüşü Şekil 5.12’de verilmiştir.



Şekil 5.11 Yansıyan dalga çalışma planı

Ölçümler 2000 Hz frekansta yapılmış olup elde edilen gürültü seviyesi değerlerinden L_{eq} hesaplanarak değerlendirme yapılmıştır. Her iki durum için elde edilen L_{eq} değerleri ve analitik olarak hesaplanmış gürültü kaynağına olan mesafelerle birlikte Çizelge 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.12. Yansıyan dalga çalışma alanı genel görünüşü

Burada yansıyan dalgaların neden olduğu gürültü seviyesindeki en yüksek artışların I.durum için sırayla 18,19, 13 ve 17 nolu istasyonlar olduğu, II.durum için ise 18, 5, 6 ve 15 nolu istasyonlar olarak sıralandığı görülmektedir.

2000 Hz frekansta yayılımın belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarla, yansıyan dalga çalışmaları birlikte değerlendirildiğinde etkili olan yansıyan dalga miktarları (gürültü seviyesindeki artış düzeyleri) Çizelge 5.8’de verilmiştir.

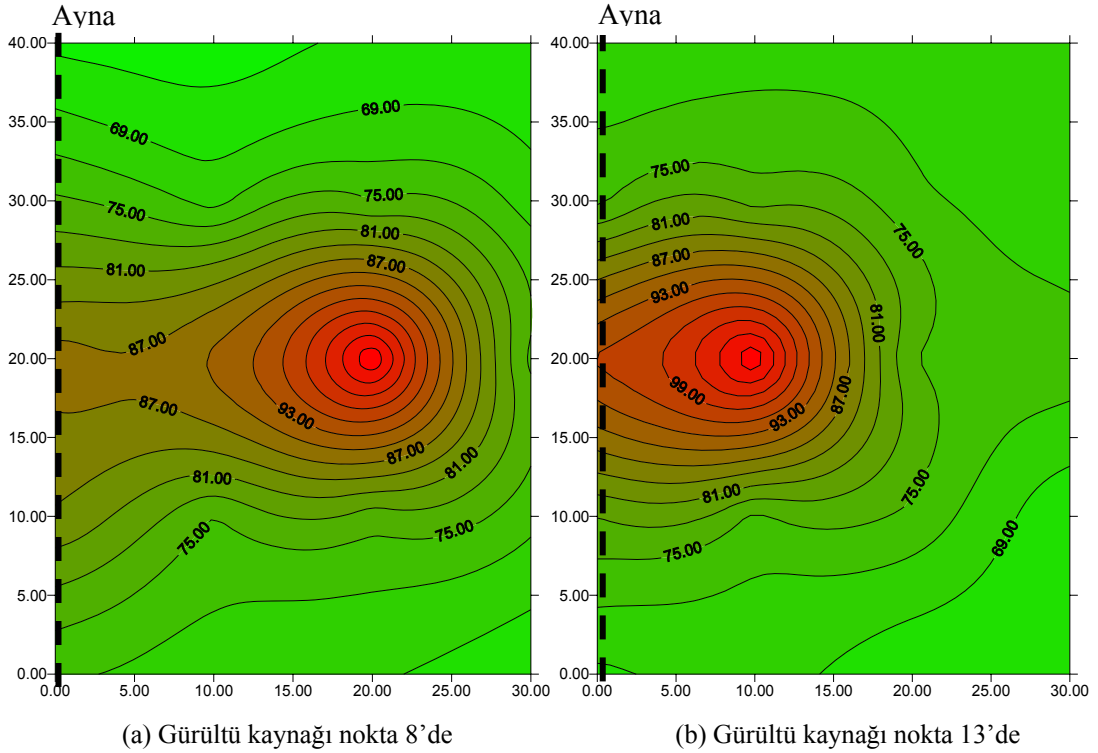
Çizelge 5.7 Yansıyan dalga çalışmalarıyla hesaplanmış L_{eq} değerleri

Nokta	x	y	Gürültü kaynağı nokta 8'de iken		Gürültü kaynağı nokta 13'de iken	
			mesafe	L_{eq}	Mesafe	L_{eq}
1	36s0457272	42010291	22	66,80066	28,4605	67,0423
2	36s0457277	42010300	13,9284	72,91504	22,8035	66,4383
3	36s0457281	42010309	9,8489	74,17615	20,1246	73,8726
4	36s0457286	42010318	14,8661	70,45968	23	69,5428
5	36s0457290	42010327	22,8035	66,79715	28,4605	69,3534
6	36s0457281	42010331	20,1246	66,76338	22,2036	71,0513
7	36s0457277	42010322	10,2956	75,11248	14,5602	72,7487
8	36s0457272	42010313	1	98,9014	10,2956	75,204
9	36s0457268	42010304	9,8489	76,35937	14,8661	74,3416
10	36s0457263	42010295	20,1246	69,36944	23	66,8788
11	36s0457254	42010300	22,2036	70,03636	20,1246	70,3935
12	36s0457259	42010309	13,6015	74,89196	9,8489	74,1693
13	36s0457263	42010318	10,2956	90,51894	1	98,707
14	36s0457268	42010326	13,6015	70,72534	9,434	76,7079
15	36s0457272	42010336	23	64,49455	20,1246	71,1961
16	36s0457263	42010340	28,4605	65,4026	22	70,2234
17	36s0457259	42010331	22,2036	75,4946	13,6015	74,1625
18	36s0457254	42010322	20,1246	88,2547	9,8489	96,4861
19	36s0457250	42010313	22	83,68524	13,9284	78,0558
20	36s0457245	42010304	28,4605	72,3392	22,8035	68,4537

Çizelge 5.8 Yansıyan dalga nedeniyle gürültü seviyesindeki artış miktarları

Nokta	Normal gürültü seviyesi, dBA	I. durum için artış miktarı, dBA	II. durum için artış miktarı, dBA
1	68,97	-2,16934	2,18228
2	69,72	3,19504	0,06826
3	66,47	7,70615	9,25264
4	68,67	1,78968	7,1028
5	60,73	6,06715	12,36344
6	61,82	4,94338	10,32129
7	65,79	9,32248	4,07872
8	98,88	0,02142	8,73399
9	76,63	-0,27063	4,62164
10	72,64	-3,27056	-2,09121
11	69,5	0,53636	-2,24653
12	74,62	0,27196	-2,46075
13	76,1	14,41894	-0,17294
14	71,82	-1,09466	10,9179
15	62,03	2,46455	9,37608
16	56,59	8,8126	8,19338
17	64,98	10,5146	2,34254
18	65,51	22,7447	20,38607
19	64,94	18,74524	3,43578
20	64,82	7,5192	-1,04634

Gürültü kaynağının 8 ve 13 nolu istasyonlara yerleştirildiği her iki durum için de oluşturulan gürültü haritaları Şekil 5.13’de verilmiştir.



Şekil 5.13. Yansıyan dalgalarında etkili olduğu gürültü haritaları

Ayrıca bir set yanında çalışma durumunda gürültü miktarında I. durumda 18 nolu istasyonda (kaynağa olan mesafesi 20 m.) 22,7447 dBA, II. durumda ise yine 5 nolu istasyonda (kaynağa olan mesafesi 28,28 m.) 12,36344 dBA’lık gürültü seviyesindeki artış miktarları son derece dikkat çekici olarak görülmektedir.

Görülüyor ki, gürültü kaynağı ile yansıyan yüzey arasında gürültü seviyesindeki artış belirgin hale gelmektedir. Bu durum gürültü kaynağının yerinin değiştirilmesinde kendini göstermektedir.

Örneğin, kaynak 8 nolu noktada iken gürültü seviyesindeki artış daha çok 20, 19, 18, 17, 16 ve 13 nolu ölçüm istasyonlarında okunurken, kaynağın yeri 13 nolu noktaya alınınca gürültü seviyesindeki artış belirgin olarak sadece 18 nolu ölçüm istasyonunda görülmüş ve bununla birlikte kaynak gerisinde bazı noktalarda artışlar kaydedilmiştir.

6. ARAZİ ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1. Uygulamanın yapıldığı İşletmenin Tanıtımı

Garp Linyitleri İşletmesi (G.L.İ.) Kütahya İli Tavşanlı İlçesi Tunçbilek beldesinde 1940 yılında faaliyete başlamıştır. İmtiyaz sahası 13 477 hektar olup, 2005 yılı başı itibarıyla işletilebilir rezerv açık ocak 46.457.000 ton, yeraltı ise 172.429.000 ton toplam ise 218.886.000 ton olarak tespit edilmiştir (GLİ, 2005).

İşletmede yıllık 25-26 milyon m³'ü kendi imkanlarıyla olmak üzere 60-65 milyon m³ dekapaj yapılmaktadır. İşletme yıllık olarak 35-40 milyon m³ dekapaj ihalesi yapmaktadır (Taksuk, 2001).

6.2. Bölge Coğrafyası

Linyit damarı ve işletme Tunçbilek beldesindedir. Tunçbilek beldesi Tavşanlı ilçe merkezine 13 km. Kütahya il merkezine ise 64 km. uzaklıktadır (Şekil 6.1). Tunçbilek beldesinin ulaşımı kara ve demiryolu ile sağlanmaktadır. Asfalt kaplı düzgün karayolu Kütahya üzerinden tüm illere kolay ulaşım olanağı vermektedir. Belde, İzmir – Ankara demiryoluna 13 km'lik bir hat ile bağlanmaktadır.



Şekil 6.1 G.L.İ üretim bölgesi (Tunçbilek) coğrafi konumu

Bölge, kışları soğuk, yazları sıcak geçen karasal iklim kuşağındadır. Bölgenin deniz seviyesinden yüksekliği 650 – 1100 metre arasında değişmekte olup, çevre ormanlarla kaplıdır.

6.3. Jeolojisi

Havzada en yaşlı birim olan Paleozoik zamanlı bu birimler üzerine, Mesozoik yaşlı serpantinleşmiş ultrabazik kayalar gelir. Tüm bu birimler üzerine diskordan olarak gelen Neojen, Miosen ve Pliosen ile temsil edilmektedir. Miosen serisi, temelde kumtaşı ve onun üstündeki marndan oluşmaktadır (Acar ve ark., 1976).

Marn, havzanın güneyinde özellikle çok geniş bir alana yayılmaktadır. Genellikle marn; killi marn, siltli marn, silttaşı, miltaşı aralanmasından oluşmaktadır.

Genel olarak havzada eğim atımlı normal faylar gelişmiştir. Neojen havzasında durgun olan tektonik hareket, marn biriminin çökmesinden sonra Miosen sonlarına doğru hareketlenme göstermiştir. Bu hareketlenme, volkanik faaliyetler nedeniyle genişlemektedir (Acar ve ark., 1976).

6.4. Açık Ocağın Tanıtılması

Açık ocaklar, dekapaj ve kömür üretimi olarak iki aşamalı faaliyet göstermektedir. Dekapajda, ekskavatör - kamyon + dragline yöntemi uygulanmakta kömür kazıda ise hidrolik ekskavatör – kamyon yöntemi uygulanmaktadır.

Delik delme işlemleri, 6" (15 cm) ve 9" lik (22.5 cm) delik makineleri ile yapılmakta ve patlayıcı olarak AN-FO kullanılmaktadır. Basamak yükseklikleri 12 m ve 15 m olan açık işletmede, 10 ve 20 yd³'lük elektrikli ekskavatörlerle bu basamaklarda kazı yapılmaktadır. Örtü tabakası, 85 ve 170 ton'luk kamyonlarla yaklaşık 2 km. mesafedeki dekapaj harmanlarına taşınmaktadır.

Örtü tabakası alınmış sahada, dragline ile dilimler halinde kazı yapılmaktadır. Dilim genişliği yaklaşık olarak 60 m. ve dilim uzunluğu ise 1-2 km arasında değişmektedir. Kömür üretimi başlıca iki panoda yapılmaktadır. Kömür kalınlığı bu panolarda 8-9 m'dir (Özdeniz, 2003).

G.L.İ.'de yapılan dekapaj miktarı ortalama 60.000.000 m³/yıl, kömür üretim miktarı ise ortalama 5.000.000 ton/yıl civarındadır. Son iki yıla ait üretim miktarları Çizelge 6.1'de verilmiştir (GLİ, 2005).

Çizelge 6.1. G.L.İ. yıllık tüvenan kömür üretimi

Tüvenan Kömür Üretimi		2003 yılı (Ton)	2004 Yılı (Ton)
Yeraltı	Tunçbilek Klasik	353.000	130.000
	Ömerler Klasik	0	157.000
	Ömerler Mekanize	418.000	396.000
Yeraltı Toplam		771.000	683.000
Açıkocak Toplam		4.124.000	4.524.000
Genel Toplam		4.895.000	5.207.000

Üretilen kömür miktarının yaklaşık 2.000.000 ton'u kurulu gücü 429 MV olan termik santrale beslenmekte, geriye kalan 3.000.000 ton kömür ise piyasaya verilmektedir. Kömür üretim miktarı piyasanın talebine göre artmaktadır.

Açık ocaklarda sürekli gürültüye neden olan en önemli gürültü kaynakları çalışan makineler olarak görülmektedir. Çizelge 6.2'de G.L.İ. açık ocaklarında çalışan makineler ve kapasiteleri verilmektedir.

Çizelge 6.2 Açıkocak Makine Parkı ve Kapasiteleri

Makine Cinsi	Mevcut Miktar, Adet	Toplam Kapasite
Ağır Kamyon	99	9.265 Short tone
Dragline	2	60 yd ³
Elektrikli Ekskavatör	20	257,5 yd ³
Hidrolik Ekskavatör	4	32 yd ³
Buldozer	34	
Yükleyici	6	60 yd ³
Grayder	12	
Vinç	11	217.25 ton
Delik Makinesi	14	
Sondaj Makinesi	3	

6.5. İşletmedeki Gürültü Kaynakları

İşletmedeki çalışmaların yapıldığı 48 nolu Pano'da aşırı gürültüye neden olan makinaları üç ana grupta değerlendirmek gerekmektedir. Bunlar;

- PH elektrikli ekskavatörler,
- Wabco kamyonlar,
- Ingersollrand delik delme makinesi

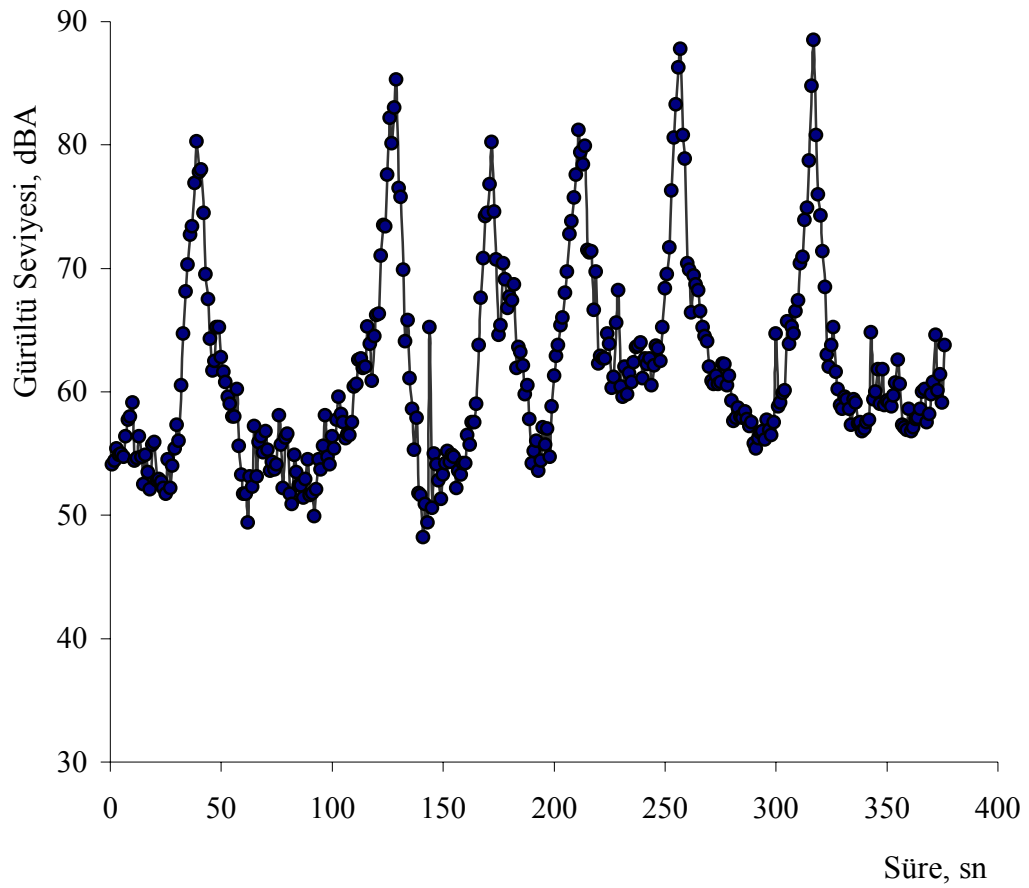
Bu bölgede çalışmaların yapıldığı dönemler olan Haziran-Ağustos 2004 ve Mayıs-Temmuz 2005'de çalışmakta olan 10yd³'lük PH 30 PH 33 PH 35 ve PH 37 elektrikli ekskavatörler için gürültü analizleri yapılmıştır. Alınan verilerin tamamı ekskavatörler çalışırken 5 m. arkalarından alınmıştır. Bu makinalar için yapılan ölçüm sonuçları eşdeğer gürültü seviyelerine çevrilerek elde edilen sonuçlar toplu olarak Çizelge 6.3'de verilmiştir.

Panoda çalışan 85 ton kapasiteli Wabco kamyonların oluşturduğu gürültü incelenirken hem hareketli gürültü kaynağı olarak düşünmek gerekmekte hem de kamyon şoförünün maruz kalacağı gürültü düzeyi olarak değerlendirmek gerekmektedir.

Çizelge 6.3. Elektrikli ekskavatörlerin eşdeğer gürültü düzeyleri

Ekskavatörler	Kaydedilen ölçüm sayısı	L_{eq} , dBA
PH 37	493	80,11420
PH 35	340	78,40823
PH 33	321	80,10530
PH 30	132	79,69394

Kamyon gürültüleri ocak içerisinde hareketli gürültü kaynakları olarak görülmektedir. Bu nedenle kamyon gürültüsü tespiti için ocak içerisinde harman yolu üzerinde belirlenen bir noktada gürültü kaydı yapılmış ve 376 gürültü değeri okunmuştur. Ölçüm sonuçları Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2. Wabco gürültüsü ölçüm sonuçları

Gürültü kayıtlarına göre bu noktada (Y: 35s0709189, X: 4391741, Z: 1058) hesap edilen eşdeğer gürültü seviyesinin 69,42375 dBA olduğu görülmüştür. Ayrıca ölçüm sırasında da görülen 6 kez kamyon geçişi Şekil 6.2’de ki grafikte de oluşan piklerle açıkça kendini göstermektedir.

Sürücünün maruz kalacağı gürültü açısından düşünüldüğünde ise iki farklı durum karşımıza çıkacaktır. Bunlar pencerenin açık ya da pencerenin kapalı olması halleridir. Toplam hareket süresi (ortalama 594 sn.) boyunca sürücülerin maruz kalacağı hesaplanan gürültü seviyeleri ve eşdeğer gürültü seviyeleri Çizelge 6.4’de verilmiştir.

Çizelge 6.4. Wabco kamyon sürücülerinin maruz kaldığı gürültü seviyeleri

Hareket konumu	Ortalama süre (sn)	Pencere kapalı (dBA)	Pencere açık (dBA)
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
Bir seferdeki eşdeğer gürültü seviyesi (L_{eq})		73,27511	89,15689

Panoda çalışan Ingersoll marka delik delme makinesinin oluşturduğu eşdeğer gürültü seviyesi okuma yapılan 400 değer sonucunda 94,30778 dBA olarak tespit edilmiştir. Diğer bir çalışmada yapılan 450 ölçüm sonucunda kapının kapalı olması durumunda, çalışma anında operatör 79,28142 dBA’lık eşdeğer gürültü seviyesine maruz kaldığı görülmüştür.

6.6. Gürültü Şiddetinin Ölçülmesi

48 Pano olarak bilinen çalışma bölgesinde gürültü ölçümleri her bir nokta için 5 dakika boyunca alınan 300 gürültü değerinin eşdeğer gürültü seviyesi olarak ifade edilmiştir. Bu şekilde gürültü miktarı anlık değerler olarak alınmamış olup belirli bir zaman aralığı boyunca etki eden gürültü seviyesi olarak değerlendirilmiştir. Panoda yapılan gürültü şiddetinin ölçülmesinin genel durumu Şekil 6.3’de gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Gürültü şiddetinin ölçülmesi ve kayıt edilmesi

6.7. Çalışma Planı

Gürültü modellemesi uygulamasının yapıldığı 48 nolu panoda koordinatları Y:35s0708763, X:4391813 ve Z:1078 olarak belirlenen noktaya küçük çaplı bir meteoroloji istasyonu kurulmuştur. Bu istasyon yardımıyla eşdeğer gürültü seviyesinin hesap edildiği her nokta için aynı zamanda meteorolojik faktörler de (Rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, nem, basınç) tespit edilmiştir. Meteoroloji istasyonunun genel görünümü Şekil 6.4’de verilmiştir.

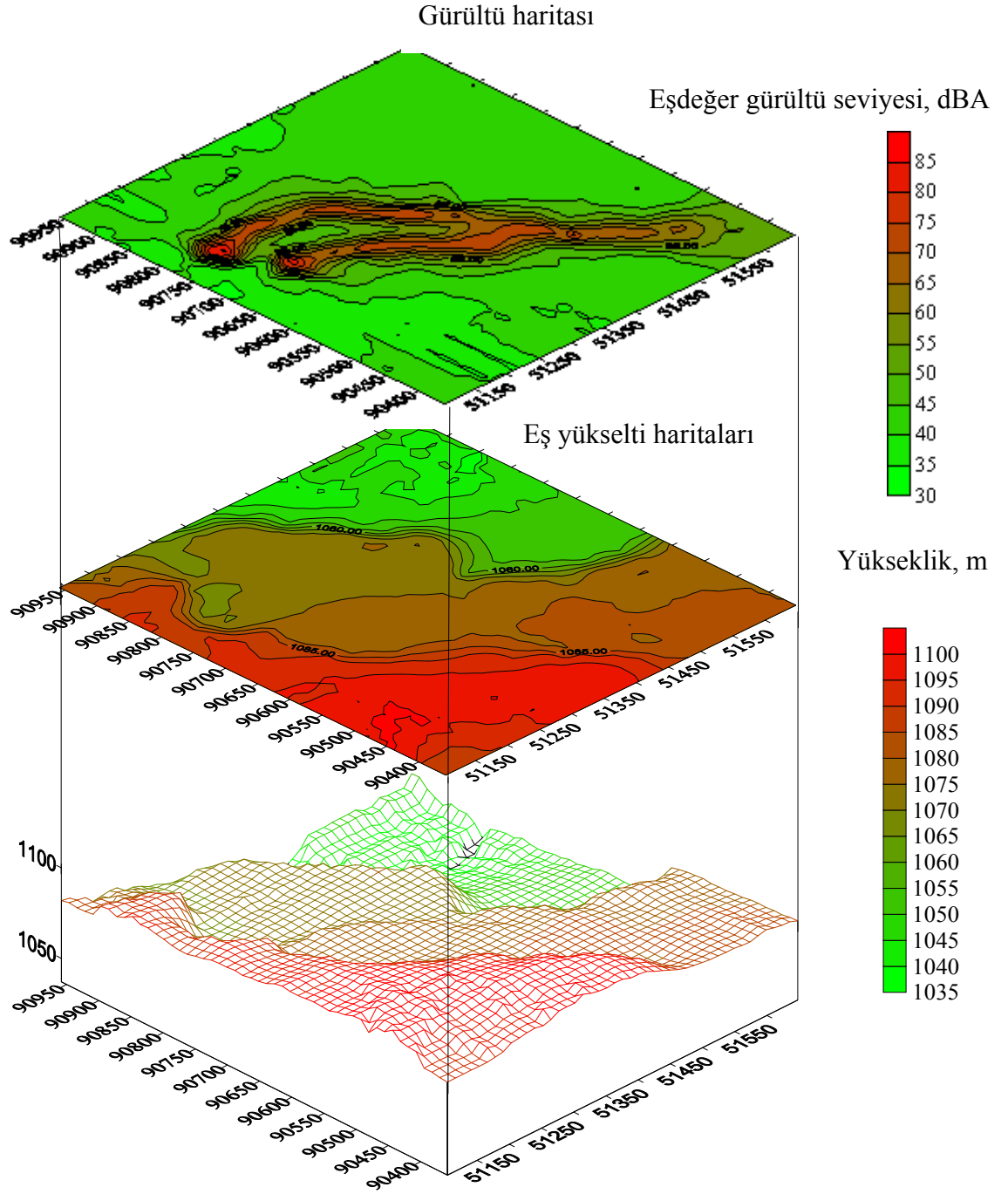


Şekil 6.4. Meteoroloji istasyonu genel görünümü

6.8. Ölçüm Sonuçları

Bu aşamada yapılan çalışmalar Y ekseninde 375.1494 m ve X ekseninde 569.245 m olmak üzere toplam 213 551.9202 m²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu alan içerisinde 174 ölçüm istasyonunda toplam 52000 civarında gürültü değeri kayıt edilmiştir. Her istasyona ait eşdeğer gürültü seviyesi ve meteorolojik bilgiler toplanmıştır. Yapılan ölçümlerin toplu sonuçları EK 6'da verilmiştir.

174 istasyon noktasıyla oluşturulan bölge haritası ve eşdeğer gürültü seviyeleri Şekil 6.5'de birlikte verilmiştir. Burada ekskavatör çalışma noktaları ve yol kenarında ölçüm yapılan noktalarda gürültü miktarında ki artış değerleri daha koyu renkte görülmektedir.



Şekil 6.5. 48 nolu Pano eş yükselti eğrileri ve eşdeğer gürültü seviyesi gösterimi

7. GÜRÜLTÜ HARİTALARININ OLUŞTURULMASI

Gürültü haritalarının oluşturulmasında izlenen aşamalar şu şekilde sıralanmaktadır (Kluijver et. al., 2003).

- i) Verilerin toplanması, hazırlama, depolama ve değerlendirmesi,
- ii) Bilgisayar modelleriyle gürültü seviyelerinin hesaplanması,
- iii) Gürültü seviyesinde artışa neden olan değişik gürültü kaynaklarının etkisi,
- iv) Gürültü konturlarının belirlenmesi,
- v) Gürültü etkilerinin belirlenmesi ve
- vi) Gürültü etkilerinin sunumu olarak verilmektedir.

7.1. GPS Okumalarının Coğrafi Koordinatlara Çevrilmesi

Harita çiziminde en önemli parametrelerden biri kullanılan koordinat sistemlerinin aynı olmasıdır. Bu nedenle GPS ile UTM standartlarıyla yapılan okumalar bölgeye ait coğrafi koordinatlara çevrilmiştir.

GPS okumaları UTM koordinatları olarak alındığından coğrafi koordinatlara çevirimi sırasında (enlem ve boylam olarak bulunması için) aşağıdaki dönüşüm yapılmıştır.

$$DN = \frac{\lambda_0 + 3}{6} + 30 \quad 35 = \frac{\lambda_0 + 3}{6} + 30 \quad \lambda_0 = 27 \text{ olarak bulunur.}$$

Burada;

DN: Dilim numarası

λ_0 : Dilim orta meridyeni

GPS okumalarının coğrafi koordinatlara çevrilmesi için J-trans Dislocator version 1.0 paket programı kullanılmıştır. Programda kullanılan dönüşüm formülleri Ek 5’de verilmiştir.

İşletmenin topografik ölçümlerinde kullanılan bazı ölçüm istasyonlarından alınan GPS okumaları için UTM » Geo çevrimi yapılmış ve yapılan hata miktarları tespit edilmiştir. Çizelge 7.1’de işletmeye ait bazı poligon noktalarının değerleri ve bu noktalarda alınan GPS (UTM) okumaları verilmiştir.

Çizelge 7.1. İşletmeye ait bazı poligon noktalarının koordinatları

Nokta	İşletme Koordinatları, m			GPS (UTM) okumaları, m		
	Y	X	Z	Y	X	Z
45	(4)52969,343	(43)93470,612	923,973	35s0710313	4394438	928
46	(4)52995,777	(43)93458,453	924,202	35s0710341	4394429	927
Beton1	(4)52514,894	(43)93742,096	915,475	35s0709851	4394694	920
39	(4)52867,373	(43)93396,952	931,728	35s0710214	4394359	936
2	(4)51925,310	(43)91422,150	1048,615	35s0709341	4392355	1052

GPS (UTM) okumalarının coğrafik koordinatlara çevrilmesi sonucu elde edilen değerler ve yapılan hata miktarları Çizelge 7.2’de verilmiştir.

Çizelge 7.2. Çevirim sonucu elde edilen değerler ve hata miktarları

Nokta	UTM » Geo çevrimi			Hata miktarları, m		
	Y (Sağa)	X (Yukarı)	Z	Y	X	Z
45	452974,8499	4393465,0339	928	-5,5069	5,5781	-4,027
46	453002,5301	4393455,104	927	-6,7531	3,3490	-2,798
Beton 1	452521,7192	4393736,3048	920	-6,8252	5,7912	-4,525
39	452873,2761	4393389,3965	936	-5,9031	7,5555	-4,272
2	451933,8891	4391415,9202	1052	-8,5791	6,2298	-3,385

7.2. Gürültü haritalarının teorik çalışmalar yardımıyla oluşturulması

Gürültü haritalarının model kullanarak oluşturulabilmesi için aşağıdaki parametrelerin öncelikle göz önünde bulundurulması ve bilgilerin son derece dikkatli yorumlanması gerekmektedir. Bu parametreler;

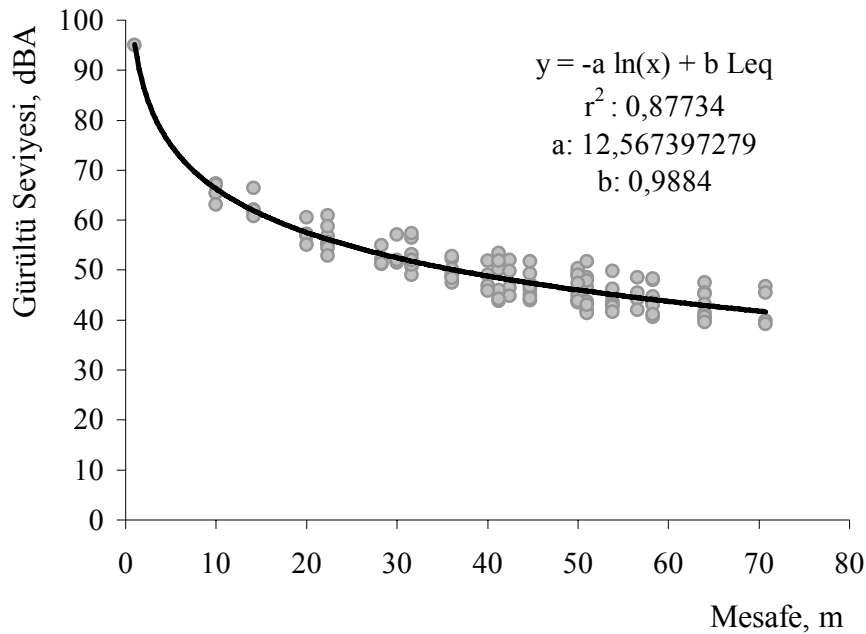
- Mesafeye bağlı değişimin belirlenmesi (L_m),

ii) Yansıyan dalgaların tespiti (L_y),
 iii) Atmosfer şartlarının etkisi (L_a),
 iv) Hareketli ya da sabit fazla sayıda gürültü kaynağının etkileşimi (L_n),
 olarak verilebilir.

Ölçüm değerinin alındığı noktada tespit edilen gürültü miktarını L_{eq} olarak kabul edecek olursak; belirli bir mesafedeki tahmin edilecek gürültü seviyesi (L_t), için bahsedilen bu parametrelerin seviyeyi azaltıcı ya da artırıcı bir etkisi olacaktır. Bu yüzden tahmini gürültü seviyesi aşağıdaki gibi olacaktır.

$$L_t = L_{eq} - L_m + L_y + L_a + L_n \quad [7.1]$$

Mesafeye bağlı değişimin (L_m) belirlenmesinde tek gürültü kaynağı ile farklı frekanslardan yapılan ölçüm sonuçları değerlendirilmiş, yapılan istatistiksel analizler neticesinde elde edilen bağıntı ve korelasyon ve katsayılar Şekil 7.1’de verilmiştir.



Şekil 7.1. Mesafeye bağlı gürültü seviyesi azalımı

Buna göre mesafenin artmasından dolayı gürültü seviyesinde meydana gelecek azalma miktarı L_m aşağıdaki gibi olacaktır.

$$L_m = L_{eq} + a \cdot \ln m - 0,9884 \cdot L_{eq} \quad [7.2]$$

Burada,

L_{eq} : Ölçülen noktadaki gürültü seviyesi, dBA

a: 12,567397279

m: mesafe, m

olarak verilmiştir.

Eşitlik 7.2 gürültü kaynağının oluşturduğu ses düzeyinin 95 dBA olması durumunda geçerlidir. Farklı gürültü seviyelerinde ise a katsayısı farklı değerler almaktadır. Çizelge 7.3’de a katsayısının aldığı değerler Eşitlik 7.3’de ise farklı gürültü seviyelerinde a katsayısının bulunması için kullanılabilecek ifade verilmiştir.

Çizelge 7.3 Farklı gürültü seviyeleri için “a” katsayıları

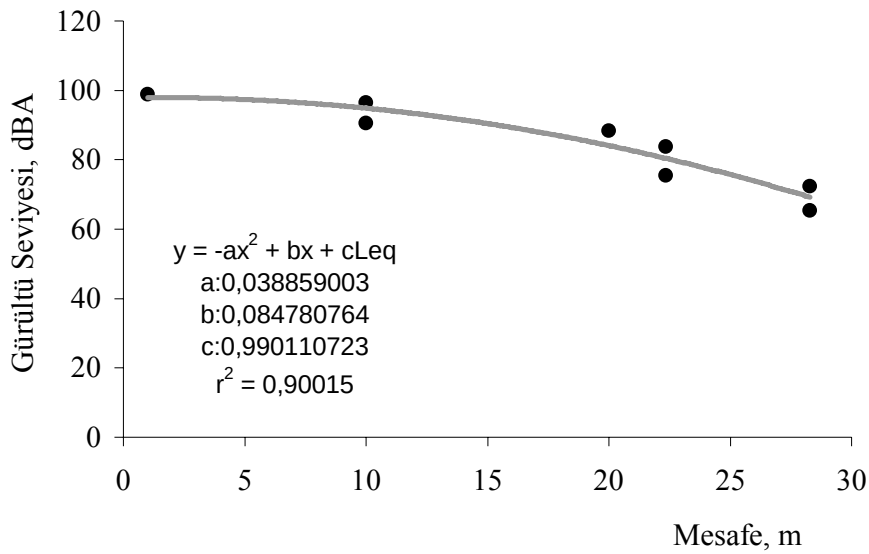
Çalışılan gürültü	a katsayısı	ifade	r^2
94,99571	12,56739728	$L_m = -a \cdot \ln m + 0,9884 \cdot L_{eq}$	0,87734
90,01414	10,19524114	$L_m = -a \cdot \ln m + 0,9884 \cdot L_{eq}$	0,75895
85,10421	9,71565324	$L_m = -a \cdot \ln m + 0,9884 \cdot L_{eq}$	0,79524
79,95241	9,0852545	$L_m = -a \cdot \ln m + 0,9884 \cdot L_{eq}$	0,84542
75,1542	8,46452259	$L_m = -a \cdot \ln m + 0,9884 \cdot L_{eq}$	0,85144
70,05424	5,68459924	$L_m = -a \cdot \ln m + 0,9884 \cdot L_{eq}$	0,81485
65,25417	6,07015657	$L_m = -a \cdot \ln m + 0,9884 \cdot L_{eq}$	0,88252

$$a = 0,214147323 \cdot L_{eq} - 8,321853873 \quad [7.3]$$

şeklinde alındığında r^2 : 0,92320 olarak bulunmuştur.

Açık ocak çalışmalarında özellikle çalışan ekskavatörlerin ve dolum sırasında bekleyen kamyonların, şev yanında durmaları nedeniyle oluşan gürültünün yansıması söz konusu olacaktır. Yansıyan bu gürültü, oluşan gürültüyle birleşerek ortama yayılacaktır.

Bölüm 5’de yansıyan dalgaların belirlenmesi incelenmişti. Bu çalışmalar doğrultusunda modelde kullanılacak miktar bulunmuştur. Yansıyan gürültü miktarının tespit edilebildiği, gürültü kaynağı ile yansıyan yüzey arasındaki mesafenin 20 m ve 10 m olarak ayarlandığı durumlar incelenmiştir. Normal oluşması gereken gürültü düzeyinden farklı ölçülen gürültü seviyelerinin olduğu noktalar ilk durum için 13,16,17,18,19, ve 20 nolu ölçüm istasyonları ikinci durum için de sadece 18 nolu ölçüm istasyonu olarak kaydedilmiştir. Bu noktalar için yapılan analizde aşağıdaki grafik ve denklemin oluştuğu görülmüştür.



Şekil 7.2. Yansıyan gürültüyle birlikte mesafeye göre azalımı

Burada yansıyan gürültü miktarı (L_y);

$$L_y = -0,038859003m^2 + 0,084780764m + 0,990110723L_{eq} - Lm \quad [7.4]$$

olacaktır.

30 m. üzerindeki set mesafelerinde ise gürültü yansımasından dolayı anlamlı bir ses seviyesinde artış kaydı tespit edilememiştir.

Atmosfer şartları için Eşitlik 7.1’e iki önemli parametre (rüzgar etkisi ve havanın yoğunluğu) ilave edilmiştir. Bunun için L_a ifadesi hesabı için aşağıdaki yol izlenmiştir:

Rüzgar etkisi (r) için EK 1'deki veriler kullanılarak Çizelge 5.5'deki hesaplama yöntemi uygulanmış, hava yoğunluğu için de aşağıdaki hesaplama yapılmıştır.

Hava yoğunluğu (γ)

$$\gamma = \frac{13,6.b}{R_n.T} \quad [7.5]$$

ifadesiyle kg/m^3 olarak bulunur (Saltoğlu, 1983).

Burada,

b: Barometrik basınç, mm civa

R_n : Gaz sabiti

T: Sıcaklık, °K'dir.

Yapay olarak oluşturulan 96,30987 dBA eşdeğer gürültü seviyesinin 7.80 m mesafede oluşturacağı ses düzeyi Eşitlik 7.2 yardımıyla bulunmuş ve bu mesafede olması gereken gürültü seviyesi 69,37769 dBA olarak tespit edilmiştir. Meteorolojik şartlara bağlı olarak meydana gelen değişim ($L_{met.}$) ise istatistiksel olarak hesaplanmış ve sonuçları aşağıda verilmiştir.

$$L_{met.} = L_m + L_a$$

$$L_{met.} = 69,37769 + 0,947336560r + 1,395267873\gamma \quad [7.6]$$

Burada,

L_a : Atmosfer etkisi, dBA

r: Rüzgar etkisi

γ : Havanın yoğunluğu, kg/m^3

r^2 : 0,56580 olarak bulunmuştur.

Gürültü kaynağının birden fazla olması durumunda izlenmesi gereken yol aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

- i) Öncelikle gürültü kaynaklarının yerleri, oluşturdukları gürültü seviyeleri ve alıcının olduğu noktaya olan mesafeleri bilinmelidir,

- ii) Bilinen bu veriler doğrultusunda gürültü kaynaklarının alıcının bulunduğu noktada oluşturacakları gürültü miktarlarının Eşitlik 7.2 yardımıyla hesaplanması
- iii) Her bir gürültü kaynağının neden olacağı gürültü seviyeleri arasındaki farkın bulunması
- iv) Bulunan fark miktarına bağlı olarak büyük olan gürültü seviyesine ilave olunacak gürültü miktarının bulunması ve bu miktarın eşdeğer gürültü seviyesine eklenmesi olarak sıralanabilir.

Buna göre EK 4'deki veriler ışığında yapılan çalışmada fazla sayıda gürültü kaynağının olması durumunda ilave edilmesi gereken gürültü miktarı Şekil 7.3'de verilmiştir.

Burada ilave edilecek gürültü miktarı yapılan istatistiksel çalışma sonucunda Eşitlik 7.6 olduğu gibi tespit edilmiştir.

$$L_n = -a \ln(|L_1 - L_2|) + b \quad [7.7]$$

Burada;

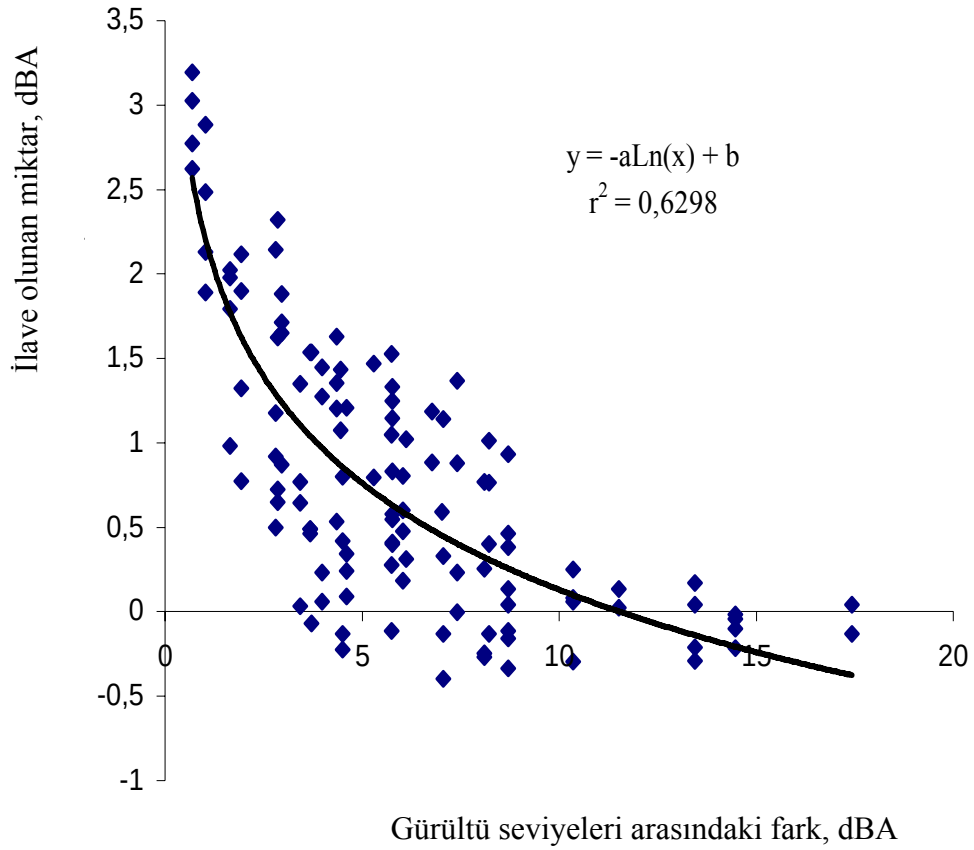
L_n : Yüksek olan gürültü seviyesine eklenecek miktar, dBA

L_1, L_2 : Alıcının bulunduğu noktada olması gereken gürültü miktarları, dBA

a: 0,910768088

b: 2,227379494

r^2 : 0,62976 olarak bulunmuştur.



Şekil 7.3 Fazla sayıdaki gürültü kaynağının etkisi

7.3. Model Uygulaması

Eşitlik 7.1 ile gürültü seviyesi tahmini için geliştirilen modeldeki L_y parametresi gürültü kaynağı ile yüzey arasında 30 m.'lik alanda etkili olduğu durumlarda hesaba katılmıştır. Fazla sayıda gürültü kaynağı için hesaba katılması gereken L_n parametresi ise iki gürültü kaynağı arasındaki mesafenin 10 m.'nin altında olması durumlarda değerlendirmeye alınmıştır. L_n ve L_y parametrelerinin hesaba katılmadığı alanlarda Eşitlik 7.1 yerine Eşitlik 7.7 ifadesi kullanılmıştır.

$$L_T = L_{eq} - L_m + L_a \quad [7.8]$$

Model uygulaması GLİ Tunçbilek Bölgesi 48 nolu panoda denenmiştir. Bunun için 312 noktada ölçüm istasyonu oluşturularak gürültü kaydı, meteorolojik veri kaydı ve her noktanın GPS okuması yapılmıştır.

UTM standartlarıyla yapılan GPS okumaları coğrafik koordinatlara çevrilerek Netcad 4.0 programı ile çizilen bölgenin coğrafik haritası EK 7’de verilmiştir.

Ayrıca ocağın gürültü haritası ise yapılan gürültü seviyesi ölçümlerine göre EK 8’deki gibi oluşturulmuştur.

Oluşturulan harita üzerinde PH 37 ekskavatörün çalıştığı yer 307 nolu ölçüm istasyonu ve PH 33 ün çalıştığı yer ise 258 nolu ölçüm istasyonu olarak belirlenmiştir.

312 ölçüm istasyonu için ayrı ayrı inceleme yapılarak her istasyon için etkili gürültü kaynağına uzaklığı, şeve uzaklığı, meteoroloji etkileri, gürültü kaynağı sayısı belirlenerek oluşturulan model ile gürültü seviyesi tahmini yapılmıştır.

Çalışma alanı içerisinde aktif olarak kullanılan iki farklı ocak yolu bulunmaktadır. Bu yolların üstünde ve kenarında yapılan ölçüm istasyonları ise Çizelge 7.4’de verilmiştir.

Çizelge 7.4 Aktif olarak kullanılan yollardaki istasyonlar

Yollar	Yol üzerindeki ölçüm istasyonları
I.Yol	307-173-172-272-309-310-274-311-276-301-299-300-286-297-282-252-251-242-248-243-78-51-50
II.Yol	258-235-236-257-237-234-228-217-227-218-213-207-202-201
Ortak	49-37-39-22-21

Modelde kullanılan yollar için eşdeğer gürültü seviyeleri hesaplanan değerler ölçüm sayılarıyla birlikte Çizelge 7.5’de verilmiştir. Pano da üretimin durması halinde çalışmalara ara verilmiştir.

Çizelge 7.5. Ocak yollarındaki eşdeğer gürültü seviyeleri

Yollar	Ölçüm sayısı	Leq (dBA)
I.Yol	394	71,23614
II.Yol	376	69,42375
Ortak	418	72,31429

312 noktanın tahmin sonucu bulunan eşdeğer gürültü seviyeleri EK 9'da verilmiştir, bu sonuçlara göre çizilen gürültü haritası ise EK 10'da verilmiştir. Bu haritalar arasındaki farklılıklar izlenerek sonuçlar çıkarılmıştır.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1. Sonuçlar

Çevresel gürültü konusunda yapılan çalışmaların büyük bir kısmı ölçüm istasyonlarında alınan ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi ve bazılarında da değerlerin harita üzerinde verilmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Madencilikte yapılan gürültü çalışmalarında ise yine aynı şekilde her bir gürültü kaynağında oluşan gürültü seviyelerinin tespitine yönelik çalışmalar bol miktarda bulunmaktadır.

Bu çalışma ile başta madencilikte olmak üzere yüksek gürültü seviyelerine ulaşıldığı tüm alanlarda verilen yöntem ile gürültü yayılımının çok daha kolay ve pratik olarak hesaplanması ve haritalanmasıyla alınabilecek tüm gürültüden korunma yöntemlerinin planlanması aşamasına yön vermesi amaçlanmıştır.

Tez çalışması temelde iki aşamadan meydana gelmektedir. Birinci aşama; yapay olarak oluşturulan gürültülü bir ortamda gürültü yayılımına etki edecek olan parametrelerin değiştirilerek yayılımdaki etkisini bulmaya yönelik deneysel çalışmaları içermektedir. İkinci aşama ise; teorik olarak elde edilen verilerin gerçek bir işletmede uygulanması kısmını içermektedir.

Teorik parametrelerin belirlenmesinde; üç nokta ölçüm yöntemiyle gürültü yayılımına atmosfer şartlarının etkisi belirlenmiş ve insan kulağının en duyarlı olduğu 2000 Hz frekans değerinde çalışılarak meteorolojik şartların etkisi $L_{met.} = 69,37769 + 0,947336560r + 1,395267873\gamma$ eşitliği ile 0,56580 korelasyonla bulunmuştur.

Genel dağılımının belirlenmesi aşamasında çalışmalar iki kapsamda yürütülmüş tek gürültü kaynağı ile 7 oktav bandının merkez frekanslarında ve 10 000 m²'lik alanda 121 ölçüm istasyonunda yapılan çalışmalar neticesinde $L_m = L_{eq} + a \cdot \ln m - 0,9884 \cdot L_{eq}$ eşitliği ile verilen ifade ile gürültünün mesafeye bağlı olarak değişimi 0,87734 korelasyon ile tespit edilmiştir. İkinci aşamada ise gürültü

kaynağı sayısı ikiye çıkarılmasıyla çalışmalara devam edilerek fazla sayıdaki gürültü kaynağının birbirine etkisi araştırılmış ve gürültü kaynaklarının birbirlerine etkisi eşitlik $L_n = -0,910768088 \ln(|L_1 - L_2|) + 2,227379494$ ile 0,62976 korelasyon ile verilebilmiştir.

Yansıyan dalgaların etkisini belirlemek amacıyla yeni bir ölçüm düzeneği için 1200 m²'lik alanda 20 ölçüm istasyonu kurularak 2000 Hz frekansta yapılan çalışmalarda yansıyan dalgaların ortam gürültüsüne yapacağı ilave gürültü seviyesi araştırılmış ve 0,90015 korelasyon ile verilen ifade $L_y = -0,038859003m^2 + 0,084780764m + 0,990110723L_{eq} - L_m$ bulunmuştur.

Tüm parametreler birlikte değerlendirildiğinde $L_t = L_{eq} - L_m + L_y + L_a + L_n$ ifadesi gürültü seviyesinin tahmini için kullanılabilir duruma getirilmiştir. Bu ifadenin kullanılabilir aralığı teorik çalışmaların yapıldığı alan ile sınırlandırılmış olup daha farklı durumlarda çok az da olsa değişimin olabileceği düşünülmelidir. Teorik çalışmaların yürütüldüğü alan içerisinde mesafeye bağlı değişim 70,71 m., yansıyan dalgaların etkili olduğu alan 28,28 m. ve kaynaklar arası gürültü seviyesi farkı maksimum 10 dBA minimum 0,5dBA olarak sınırlandırılmıştır.

Model uygulamasının gerçekleştirildiği arazi çalışmaları GLİ Tunçbilek Açık İşletmesi 48 nolu panoda yer almıştır. Bu alanda öncelikle tüm gürültü kaynakları belirlenerek tek başlarına oluşturdukları gürültüler kayıt edilmiştir.

Panoda çalışan PH ekskavatörlerin 78,40823 dBA ile 80,11420 dBA arasında gürültü seviyesine neden olduğu, Wabco kamyonların ise tüm sefer boyunca 89,15689 dBA ve ekskavatör yanında ise 85,44683 dBA'lık bir gürültüye neden olduğu görülmüştür. Burada ekskavatör yanında düşük seviyenin nedeni kamyonların hareket halinde daha çok gürültü oluşturmasıyla açıklanabilir. Wabco kamyonların ocak içerisinde yol kenarlarında neden olduğu gürültü miktarları yolun kullanım yoğunluğuna göre değişiklikler gösterip çalışmaların yapıldığı pano içerisinde 72,31429 dBA ile 69,42375 dBA arasında değiştiği görülmüştür. Sürücü açısından

düşünüldüğünde ise tam bir sefer boyunca kişinin maruz kalacağı eşdeğer gürültü seviyesi pencere açık iken 89,15689 dBA, pencere kapalı iken de 73,27511 olarak tespit edilmiştir. Her ne kadar model çalışmada aktif olarak sürekli çalışmadığı için yer almasa da Ingerrson delik delme makinasının oluşturduğu gürültü seviyesi ve kabin gürültüsü ise 94,30778 dBA ve 79,28142 dBA olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışmaların devamında pano içerisinde 312 ölçüm istasyonunda gürültü kaydı ve meteorolojik veriler alınarak bilgisayar ortamında depolanmıştır. Bu istasyonlarda yaklaşık olarak 93600 gürültü kaydı alınmıştır. Aynı zamanda tüm noktaların GPS okumaları alınmıştır. GPS okumalarının coğrafik koordinatlara çevrilmesi için J-trans Dislocator version 1.0 programı kullanılarak okumalar bölgenin coğrafik koordinatlara uygun hale getirilmiştir.

Teorik çalışmalar neticesinde elde edilen bağıntılar kullanılarak 312 nokta için gürültü tahmini yapılmıştır. Yapılan eşdeğer gürültü seviyesi tahminleriyle elde edilen sonuçlar Netcad 4.0 programı ile çizilen harita ile verilmiştir. Yapılan tahminlerin doğruluğunun belirlenmesi için 312 noktada yapılan gürültü ölçümleri kullanılmıştır. Bu veriler ile çizilen gürültü seviyesi haritası da ekler kısmında verilmiştir.

Haritalama sırasında modele göre gürültü tahmini yapılmayan noktalar da eşdeğer gürültü seviyesi ortam gürültüsü olarak 41,24159 dBA olarak girilmiştir. Bu değer gürültü tahmini yapılmayan 102 noktanın arazi ölçümleri sırasında alınan değerlerin ortalaması olarak bulunmuştur. Kalan 210 nokta için gürültü tahmini yapılmıştır.

Ölçülen değerlerin 155'i tahmin edilen eşdeğer gürültü seviyesinden yüksek çıkarken 55 değer tahmin edilen değer in altında çıkmıştır.

Tahmin edilen seviyeden yüksek çıkan değerlerin 15'i 4 dBA ve daha fazla olduğu görülürken diğerleri 4 dBA'in altında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek değer ise 226 nolu 1.yol ile 2.yol arasında kalan noktada olup 11,12309803 dBA

olarak ölçülmüştür. Bu değerin çok yüksek çıkması, ölçüm sırasında çok dikkat edilmesine rağmen çalıştığı fark edilemeyen bir dozer ya da o anlık geçmekte olan bir sulama kamyonunun varlığı ile açıklanabilir. Diğer 4,00-5,65 dBA arasında yüksek çıktığı görülen 14 noktanın ise yol kenarında ya da ekskavatör yakınlarında olduğu görülmektedir. Bu da yine hareketli gürültü kaynaklarının çoğunlukta olduğu ve o anlık faaliyetin çok olduğu durumları ifade ettiği düşünülmektedir.

Tahmin edilen seviyeden düşük ölçülen 55 noktada ise sadece 5 değerin 2 dBA'den daha fazla hata ile bulunduğu görülmüştür. Bunların içerisinde de en yüksek hata 63 nolu noktada 3,046197873 dBA olarak hesaplandığı görülmektedir. Bu noktanın kavşak noktasında olması ve ölçülen değerin tahmin edilenden düşük çıkması ancak o anda herhangi bir nedenden dolayı (üretimdeki yavaşlama gibi) kamyon sayısındaki azalma ve buna bağlı olarak da gürültü seviyesinde oluşan düşüş olarak açıklanabilir.

Bu çalışma ile yapılan modellemede sadece gürültü kaynağının olduğu noktalardaki gürültü seviyesi belirlenmesi ile tüm alandaki gürültünün nasıl yayılacağı haritalanmış ve sunulmuştur.

8.2. Öneriler

Gürültü seviyesinin emniyet sınırlarını aştığı bölgelerde çalışan işçilere kişisel koruyucu kullanımı eğitimi verilerek kişisel koruyucu kullanımı özendirilmelidir. Gürültünün zararlarına ilişkin afiş ve broşürler görülebilecek yerlere asılmalıdır.

Yapılan bu çalışmayla geliştirilen modelin havaalanı gürültüsüne, şehir gürültüsüne ya da sanayi bölgelerinde ki gürültüye uygulanabilirliği araştırılması faydalı olacaktır. Formülasyona yapılacak ilave parametrelerle farklı çalışmalarında yapılabileceği düşünülmektedir.

Zeminin absorblama özellikleri belirlenerek farklı zemin özelliklerinde gürültü seviyesi ölçümleri alınarak zeminin etkisine bağlı olarak da çalışmaların yapılmasının faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Açık işletmelerde üretim miktarıyla oluşan gürültü miktarının sürekli kayıt edilmesi ile yapılabilecek bir çalışmayla üretime bağlı olarak gürültü oluşumu ya da tam zıt bir ifade ile oluşan gürültü miktarına göre üretim miktarının bulunmasına yönelik bir çalışmanın son derece orijinal olacağı söylenebilir.

Ayrıca meteorolojik verilerin etkisinin hesaplanmasına, gerekli koşulların sağlanamaması nedeniyle ilave edilmemiş olan yağış miktarı etkisinin de incelenmesinin faydalı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Acar, C., Divan, Z. 1976. "GLİ Tunçbilek Bölgesi Ömerler Köyü Civarı Tektonik Etüdü, TKİ, Ankara.
- Akalp, M.K. 2002. "Taşıtlardaki Kabin Gürültüsünün Yalıtımı", Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, Ankara.
- Aktürk, N., Toprak, R., Asiloğulları, E. 2003. "Hızlı Raylı Ulaşım Sistem Kaynaklı Çevresel Gürültü", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Vol 18, No 3, s15-25.
- Aktürk, N., Akdemir, O., Üzkurt, İ. 2003. "Trafik Işık Sürelerinin Neden Olduğu Çevresel Taşıt Gürültüsü", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Vol 18, No 1, s71-87.
- Alfatlı, S. 1998. "Endüstriyel Kuruluşlarda Gürültü Kontrolü", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Ali, S.A., Tamura, A. 2002. "Road Traffic Noise Mitigation Strategies in Greater Cairo, Egypt", Applied Acoustics, Vol 63, pp1257-1265.
- Anonymous, 1999. "Engineering Controls for Noise", Rock Products, March, pp8-9.
- Atmaca, E. 1997. "Sivas'ta Trafik ve Endüstriden Kaynaklanan Gürültü Kirliliğinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Ayr, U., Cirillo, E., Fato, I., Martellotta, F. 2003. "A New Approach to Assessing the Performance of Noise Indices in Buildings", Applied Acoustics, Vol 64, pp129-145.
- Babalık, F. 2003. "İş Yerinde Gürültü ve Sağırlık Olasılığı", Mühendis ve Makina Dergisi, Sayı 520, Mayıs, s1-7.
- Badur, T. 1997. "Gaziantep Kent Merkezinin Gürültü Haritası ve Gürültünün İşitsel Etkileri Üzerine Bir Çalışma", Uzmanlık Tezi, Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep.
- Bennett, S.C. 1991. "Noise Control Within the UK Coalmining Industry", 24. International Conference of Safety in Mines Research Institutes, Donetsk, pp159-163.
- Bürck, W. 1981. "Messung, Bewertung und Wirkungen auf den Menschen", Lehrbuch der Ergonomie, C. Hanser Verlag, München/Wien, pp199-221.

- Calixto, A., Diniz, F.B., Zannin, P.H.T. 2003. "The Statistical Modelling of Road Traffic Noise in on Urban Setting", Cities, Vol 20, No 1, pp23-29.
- Cui, J., Behar, A., Wong, W., Kunov, H. 2003. "Insertion Loss Testing of Active Noise Reduction Headsets Using Acoustic Fixture", Applied Acoustics, Vol 64, pp1011-1031.
- Çakar, Y. 1988. "İşyerlerinde Gürültü, Titreşim ve Işıkların İnsan Sağlığına Zararları ve Koruma", Mühendis ve Makina Dergisi, Cilt 29, Sayı 336, Ocak, s1-2.
- Çakır, Ö. 1999. "A Study on Outdoor Sound Propagation: A Computer Implementation to Predict Sound Pressure Levels in Open Air", Master Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, Ankara.
- Çaldıran, S. 1995. "Noise Control in Underground Coal Mining", Master Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Dokuz Eylül University, İzmir.
- Çetin, O. 2000. "OAL'de Gürültüye Bağlı İşitme Kayıplarının İncelenmesi, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Dergisi, Eylül-Aralık, s39-45.
- Çetin, İ. 2002. "Taşıt Motorlarının Neden Olduğu Gürültü", Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, Ankara.
- ÇGDYY (Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği), 2005, Resmi Gazete, Sayı.25862, 01.07.2005.
- Çınar, İ., Özdeniz, A.H., Şensöğüt, C. 2001. "Garp Linyitleri İşletmesi faaliyetlerinin toz ve gürültüye bağlı olarak işçi sağlığı açısından değerlendirilmesi", II. İş Sağlığı ve İşyeri Hemşireliği Sempozyumu, Zonguldak, s99-104.
- ÇK (Çevre Kanunu), 1983, Resmi Gazete, Sayı. 18132, Kanun Numarası 2872, 09.08.1983.
- Dalgıç, N.A. 1991. "Gürültünün Ankara Esenboğa Hava Limanındaki İşçilerin Sağlığı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması", Uzmanlık Tezi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Demir, A. 1997. "Sanayide Gürültü Kontrolü ve Modellemesi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Domaniç, F., Tacer, L., Murat, Y. 1977. "Modern Üniversite Fiziği", Çağlayan Kitabevi, İstanbul, s365-371.

- Durucan, S., Pathak, K., Reilly, B.O., Kunimatsu, S. 1998. "Environmental Noise Near a Processing Plant: A case Study", SWEMP'98, Ankara, pp.179-184.
- Elbistanlıoğlu, B. 1988. "Gürültü Etkileri ve Alınması Gereken Önlemler", Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt 29, Sayı 346, Kasım, s33-36.
- Eleftheriou, P.C. 2002. "Industrial Noise and Its Effects on Human Hearing", Applied Acoustics, Vol 63, pp35-42.
- Eltutmaz, M. 1990. "İşyerlerinde Gürültü ve Titreşim İzolasyonu", Y.Ü., Makine Müh. Böl., Yılıçi Projesi (1), s35.
- Erarslan, O. 1995. "Noise Monitoring and Control at the A.L.I. Soma Coal Region in Eynez Mine", Master Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Dokuz Eylül University, İzmir.
- Ergün, F., Toprak, R., Aktürk, N. 2004. "Açık Ocak Maden İşletmelerinin Neden Olduğu Çevresel Gürültü", Hacettepe Üniversitesi Çevre Bilimleri, Sayı 6, s1-10.
- Filho, J.M.A., Lenzi, A., Zannin, P.H.T. 2003. "Effects of Traffic Composition on Road Noise:A Case Study", Transportation Research Part D, Article in Pres.
- Forssen, J., Ögren, M. 2002. "Thick Barrier Noise-Reduction in the Presence of AtmosphericTurbulence: Measurements and Numerical Modelling", Applied Acoustics, Vol 63, pp173-187.
- Frank, T., Bise, C.J., Michael, K. 2003. "A Hearing Conservation Program for Coal Miners", Occupational Health&Safety, Vol 72, No 6, pp106-110.
- Fujiwara, K., Hothersall, D.C., Kim, C. 1997. "Noise Barriers with Reactive Surface", Applied Acoustics, Vol 53, No 4, pp255-272.
- Gaja, E., Gimenez, A., Sancho, S., Reig, A. 2003. "Sampling Techniques for the Estimation of the Annual Equivalent Noise Level Under Urban Traffic Conditions", Applied Acoustics, Vol 64, pp43-53.
- Garrett, R. 2002. "A Sound and Dust Decision", Pit & Quarry, Vol 95, No 6, pp38-40.
- Garvey, D.J. 2000. "Mining MSHA's New Noise Exposure Regulations", Professional Safety, Vol 45, No 1, pp12-53.
- Gezbul, H. 1996. "Sakarya İlinde Trafik Kaynaklı Gürültü ve Kontrolü", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.

- GLİ, 2005. "Garp Linyitleri İşletmesi Faaliyet Raporları", Kütahya.
- Golebiewski, R., Makarewicz, R. 2002. "Engineering Formulas for Ground Effects on Broad-Band Noise", *Applied Acoustics*, Vol 63, pp993-1001.
- Göktaş, A. 1999. "Ankara'da Trafik Yoğun Olduğu Bölgelerde Gürültü Seviyeleri Tayini ve Bazı Bitkilerde Gürültü Absorbsiyon Değerlerinin Tesbiti", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Grella, G., Patrucco, M. 1996. "Environmental Noise from a New Surface Mining Project", *SWEMP'96*, Italy, pp1089-1096.
- Gündüz, L. 1998. "Ses Etkileri ve Yalıtım", *Pomza Teknolojisi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, s104-129.
- Gündüz, L., Uğur, İ. 2000. "Pomzadan Mamul Blok Elemanlarında Kayaç Parametreleri-Ses Akustiği İlişkisi Üzerine Teknik Bir Analiz", *V.Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu*, Isparta, s205-215.
- Güvercin, Ö., Aybek, A. 2003. "Taş Kırma ve Eleme Tesislerinde Gürültü Sorunu", *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 6, Sayı 2, s101-107.
- GY (Gürültü Yönetmeliği), 2003. Resmi Gazete, Sayı 25325, 23.12.2003.
- İncir, G. 1980. "Ergonomi", *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*, No.240, Ankara, s22-24.
- Hartman, H.L., Mutmansky, J.M., Ramani, R.V., Wang, Y.J. 1997. "Mine Ventilation and Air Conditioning", John Wiley&Sons, New York.
- Hasgür, İ. 1992. "Gürültü Kirliliğinin Türk Mevzuatındaki Yeri", *Ekoloji Çevre Dergisi*, Cilt 1, Sayı 4, s31-33.
- Kanawaty, G. 1997. "İş Etüdü", *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*, ILO:29, Ankara, s59-65.
- Kaşık, B. 1999. "Ses Yalıtımı", *Savunma ve Güvenlik Bülteni*, Vol 12, p12.
- Kaya, A. 1998. "Trabzon ve Çevresindeki Fabrikalarda Gürültü Seviyelerinin İncelenmesi ve Gürültü Kontrolü", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Klaeboe, R., Kolbenstvedt, M., Clench-Aas, J., Bartonova, A. 2000. "Oslo Traffic Study-Part 1: An Integrated Approach to Assess the Combined Effects of Noise and Air Pollution on Annoyance", *Atmospheric Environment*, Vol 34, pp4727-4736.

- Kluijver, H., Stoter, J. 2003. "Noise Mapping and GIS: Optimising Quality and Efficiency of Noise Effect Studies", Computers, Environment and Urban System, No 27, pp85-102.
- Korul, V. 2003. "Havaalanları ve Gürültü Kirliliği", TMMOB Makine Mühendisleri Odası Eskişehir Şubesi Bülteni, Yıl 11, Sayı 57, s3.
- Kuru, H. 1989. "Samsun İl Merkezindeki Gürültü Kirliliğinin İncelenmesi ve Kirliliğin İnsan Psikolojisine Etkilerinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Leahy, J.C. and Mawson, B. 1985. "Control of Noise in UK Coal Mines, Safety in Mines Research, Edited by A.R. Green, pp413-419.
- Lercher, P., Evans, G.W., Meis, M., Kofler, W.W. 2002. "Ambient Neighbourhood Noise and Children's Mental Health", Occupational and Environmental Medicine, Vol 59, No 6, pp380-386.
- Li, B., Tao, S., Dawson, R.W. 2002. "Evaluation and Analysis of Traffic Noise from the Main Urban Roads in Beijing", Applied Acoustics, Vol 63, pp1137-1142.
- Li, B., Tao, S., Dawson, R.W., Cao, J., Lam, K. 2002. "A GIS Based Road Traffic Noise Prediction Model", Applied Acoustics, Vol 63, pp679-691.
- Lusk, S.L., Hagerty, B.M., Gillespie, B., Caruso, C.C. 2002. "Chronic Effects of Workplace Noise on Blood Pressure and Heart Rate", Archives of Environmental Health, Vol 57, No 4, pp273-278.
- Lüleci, E. 2000. "İzmir'in Bornova İlçe Merkezinde Gürültü Düzeyleri Belirlenerek Gürültü Haritasının Oluşturulması", Uzmanlık Tezi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Manatakis, E., Skarlatos, D. 2002. "A Statistical Model for Evaluation and Prediction of the Noise Exposure in a Construction Equipment Area", Applied Acoustics, Vol 63, pp759-773.
- Manatakis, E.K. 2000. "A New Methodological Trial on Statistical Analysis of Construction Equipment Noise", Applied Acoustics, Vol 59, pp67-76.
- Marsh, K.J. 1982. The Concawe Model for Calculating the Propagation of Noise from Open Air Industrial Plants, Applied Acoustics, Vol.15, p411.
- Martin, S.J., Hothersall, D.C. 2002. "Numerical Modelling of Median Road Traffic Noise Barriers", Journal Sound and Vibration, Vol 251, No 4, pp671-681.

- Massassi, G., Hennies, W.T., Eston, S.M. 1997. "Noise Associated with Mining Excavation Equipment", *Mine Planning and Equipment Selection*, Balkema, pp897-901.
- Mattis, A.R., Glotova, T.G., Zaytsev, G.D. 1997. "Determination of the Noise-Control Public-Health Zone for Blast-Free Technology of Strip Mining", *Journal of Mining Science*, Vol 33, No 5, pp478-480.
- Morillas, J.M., Escobar, V.G., Sierra, J.A., Gomez, R.V., Carmona, J.T. 2002. "An Environmental Noise Study in the City of Caceres, Spain", *Applied Acoustics*, Vol 63, pp1061-1070.
- Murrell, K.F.H. 1979. "Environmental Factors II.Noise", *Ergonomics-Man in Working Environmental*, John Willey&Sans, New York, pp283-300.
- O.J. 2002. "Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council-Relating to the Assessment and Management of Environmental Noise", *Official Journal of the European Communities*, L 189, pp12-25.
- O.J. 2003. "Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council on the Minimum Health and Safety Requirements Regarding the Exposure of Workers to the Risks Arising from Physical Agents (Noise)", *Official Journal of the European Communities*, L 42, pp38-44.
- Öğüt, F. 2002. "Objektif Ses Analizi", *Türkiye Klinikleri, KBB Hekimler Birliği Vakfı*, Cilt 2, Sayı 2, s121-126.
- Özdamar, A., Baltacı, A. 2001. "Ege Üniversitesi Kampüsü'nün Gürültü Profili", *Mühendis ve Makina Dergisi*, Sayı 496, Mayıs, s1-13.
- Özdeniz, A. H. 2003. "Kömür Stoklarındaki Kendiliğinden Yanma Olayının İncelenmesi - Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) Örneği", *Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya*.
- Özer, S. 1998. "Peyzaj Mimarlığı Açısından Erzurum Kenti Gürültü Kirliliğinin Değerlendirilmesi", *Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum*.
- Paakkönen, R., Jokitalppo, J., Heinijoki, V.M., Kuronen, P. 2003. "Noise Exposure of Spectators at Finnish Air Shows", *Applied Acoustics*, Vol 64, pp121-127.

- Pamanikabud, P., Tansatcha, M. 2003. "Geographical Information System for Traffic Noise Analysis and Forecasting with the Appearance of Barriers", *Environmental Modelling&Software*, Vol 18, pp959-973.
- Pampal, S., Kayranlı , B., Karakuş, D. 2002. "Raylı Ulaşım Sistemlerinden Kaynaklanan Çevresel Gürültünün İncelenmesi", *Uluslar arası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi*, Ankara, s10.
- Pathak, K. 1996. "Modelling and Prediction of Environmental Noise Levels Near Mechanised Surface Mines and Quarries", PhD Thesis, Imperial College, London, October, p302.
- Pathak, K., Durucan, S., Kunimatsu, S. 1999. "Activity Accounting Technique for Environmental Noise Assessment in Mechanized Surface Mining", *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol 56, No 3, pp241-256.
- Pathak, K., Durucan, S., Kore, A. 2000. "Development of an Air Attenuation Model for Noise Prediction in Surface Mines and Quarries", *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, Vol 14, pp223-234.
- Poltev, M. K. 1985. "Industrial Vibration: Health Hazards and Their Prevention", *Occupational Health and Safety in Mining Industries*, Mir Publishers, Moscow, pp102-135.
- Probst, W., Huber, B. 2003. "The Sound Power Level of Cities", *Sound and Vibration*, Vol 37, No 5, pp14-17.
- PVSK (Polis Vazife ve Selahiyet Kanunu), 1934, Resmi Gazete, Sayı. 2751, Kanun Numarası 2559, 04.07.1934.
- Resmi Gazete, 2003. "Açık Alanda Kullanılan Teçhizat Tarafından Oluşturulan Çevredeki Gürültü Emisyonu İle İlgili Yönetmelik (2000/14/AT)", Resmi Gazete, Sayı 25001, 22.01.2003.
- Sabuncu, H. 1998. "Fiziksel Etkilere Bağlı Meslek Hastalıkları", *İşyeri Hekimliği Ders Notları*, Türk Tabipler Birliği Yayını, Ankara, s207-226.
- Saltoğlu, S. 1983. "Madenlerde Havalandırma ve Emniyet İşleri", *İTÜ Maden Fakültesi*, İstanbul, s302.
- Savich, M.U. 1982. "Abatement of Noise and Vibration in the Canadian Mining Industry", *Canadian Mining Journal*, Vol 103, No 8, pp31-35.

- Schunk, R., Lisiecki, J. 2001. "Making a Loud Case for Reduced Gear Box Noise", *Coal Age*, Vol 106, No 6, pp35.
- Seal, A.B., Bise, C.J. 2002. "Case Study Using Task-Based, Noise-Exposure Assesment Methods to Evaluate Miner Noise Hazards", *Mining Engineering*, Vol 54, No 11, pp44-48.
- Selver, R., Varol, R. 2002. "Polystren Malzemelerin Isıl ve Bazı Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi", *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 4, Sayı 1, s71-78.
- Sharland, I. 1972. "Woods Practical Guide to Noise Control", Woods of Colchester Ltd., May, pp22-24.
- Sharma, O., Mohanan, V., Singh, M. 1997. "Noise Emission Levels in Coal Industry", *Applied Acoustics*, Vol 54, No 1, pp1-7.
- Shao, W., Lee, H.P., Lim, S.P. 2001. "Performance of Noise Barriers with Random Edge Profiles", *Applied Acoustics*, Vol 62, pp1157-1170.
- Stanef, D.A., Hansen, C.H., Morgans, R.C. 2003. "Active Control Analysis of Mining Vehicle Cabin Noise Using Finite Element Modelling", *Journal of Sound and Vibration*, Article in Pres, pp1-21.
- Staples, S.L. 1997. "Public Policy and Environmental Noise: Modeling Exposure or Understanding Effects", *American Journal of Public Health*, Vol 87, No 12, pp2063-2067.
- 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*, Vol 63, pp1-8.
- Steele, C. 2001. "A Critical Review of Some Traffic Noise Prediction Models", *Applied Acoustics*, Vol 62, pp271-287.
- Stoilova, K., Stoilov, T. 1998. "Traffic Noise and Traffic Light Control", *Transportation Research*, Vol 3, No 6, pp399-417.
- Suksaard, T., Sukasem, P., Tabucanon, S.M., Aoi, I., Shirai, K., Tanaka, H. 1999. "Road Traffic Noise Prediction Model in Thailand", *Applied Acoustics*, Vol 58, pp123-130.

- Suter, A. 1994. "An Occupational Noise Primer", Professional Safety, Vol 39, No 10, pp22-23.
- Şahin, K. 1998. "Aydın Linyit İşletmesinde Gürültü Seviyesinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Şahin, E. 2003. "Gürültü Kontrol Yöntemleri-Bir Uygulama", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Vol 18, No 4, s67-80.
- Şensöğüt, C. 1998. "Industrial Noise in Mines", 1. International Workshop on Environmental Quality and Environmental Engineering in The Middle East Region, Konya, pp678-685.
- Şensöğüt, C., Özdeniz, A.H., Çınar, İ., Taksuk, M. 1999. "Garp Linyitleri İşletmesi Faaliyetlerinin Çevre Açısından Değerlendirilmesi", 11. Mühendislik Haftası Yerbilimleri Sempozyumu, Isparta, Ekim, s312-319.
- Şensöğüt, C., Saraç, S. 1998. "Noise Pollution in Mines-Measurements from OAL and GLI Collieries in Turkey", The Second Symposium on Mine Environmental Engineering, Brunel University, United Kingdom, pp134-140.
- Şensöğüt, C. 1998. Madenlerde Endüstriyel Gürültü ve İşçi Sağlığı, Maden İş Kolunda İşçi Sağlığı Sempozyumu, Zonguldak, s73-77.
- Şensöğüt, C., Eralp, H. 1998. "Ömerler Yeraltı Ocağı'ndaki Gürültü Ölçümleri ve Öneriler", Türkiye 11. Kömür Kongresi, Bartın, s43-52.
- Şensöğüt, C., Özdeniz, A.H. 1998. "Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı Açısından Gürültü Kirliliğinin Önemi", Yerbilimleri Dergisi, Sayı.32, s159-166.
- Taksuk, M. 2001. "G.L.İ. Açık Ocaklarında Çalışan Elektrikli Ekskavatörlerin ve Kamyonların Yükleme ve Taşıma Performanslarına Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.
- Taşyürek, M. 1992. "Kulak Koruyucuları", Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt 35, Sayı 391, Ağustos, s15-19.
- Tatar, Ç., Tatar, D. 1990. "OAL'de Mekanize Kömür Madenciliğinde Oluşan Toz ve Gürültünün Ölçümleri ile Bunların Fizyolojik Etkileri", Türkiye 7.Kömür Kongresi, Zonguldak, s383-398.

- TCK (Türk Ceza Kanunu), 1926, Resmi Gazete, Sayı. 320, Kanun Numarası 765, 01.03.1926.
- Tör, F. 1989. “Endüstride Gürültünün Geleceği”, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İSGÜM Bülteni, Sayı.12, s39-42.
- TS 854, 1970. “Ses veya Gürültünün Güç ve Yeğlilik (Şiddet) İfadesi”, TS, Nisan, s1.
- TS 187, 1973. “Ses veya Gürültünün Fiziksel ve Öznel Yeğliliğinin İfadesi”, TS, Aralık, s1-2.
- TS 2373, 1976. “Makina Gürültülerinin Ölçülmesine Özgü Deney Kodlarının Hazırlanmasına İlişkin Genel Kurallar”, TS, Nisan, s1-7.
- TS 2494, 1977. “Akustik-Ses Şiddeti Seviyesini Hesaplama Yöntemi”, TS, Ocak, s1-19.
- TS 2604, 1977. “Duyarlı Sonometreler (Duyarlı Ses Servisi Ölçü Aleti), TS, Mart, s1-10.
- TS 2606, 1977. “Akustik-Toplumsal Yaşam Yönünden Gürültünün Değerlendirilmesi”, TS, Mart, s1-6.
- TS 2607, 1977. “Akustik İşitme Yeteneğinin Korunması Amaçları İçin İş Yerlerinde Oluşan Gürültünün Değerlendirilmesi”, TS, Mart, s1-8.
- TS 2673, 1977. “Akustik-Havadaki Akustiksel Gürültülerin Ölçülmesi ve İnsan Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesine İlişkin Kılavuz”, TS, Nisan, s1-6.
- TS 2711, 1977. “Ses Düzeyi Ölçü Cihazları İçin Genel Prensipler”, TS, Nisan, s1-10.
- TS 1309, 1989. “Türk Birimler Sistemi (SI)-Akustik Büyüklük ve Birimleri”, Temmuz, s1-21.
- Ustasüleyman, T. 1998. “Gürültü Sorunu ve Gürültünün Azaltılmasında Bitkisel Materyalin Kullanımı İle İlgili Ölçüm Yöntemleriyle Yapılmış Çalışmaların Derlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Ünver, B., 1995. “Madencilik Faaliyetleri Sırasında Oluşan Gürültünün İşçi Sağlığı Üzerindeki Olumsuz Etkilerinin İncelenmesi”, Maden İşletmelerinde İş Güvenliği-Sağlığı ve Çevrenin Korunması Konferansı, İSGÜM, Ankara, s83-98.

- Watts, G.R., Godfrey, N.S. 1999. "Effects on Roadside Noise Levels of Sound Absorptive Materials in Noise Barriers", *Applied Acoustics*, Vol 58, pp385-402.
- Workman, C.L. 1989. "Noise and Hearing in a Trackless-Mining Environmental", *Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, Vol 89, No 7, pp211-217.
- Yıldız, H. 1996. "İşyerlerinde Gürültü Haritası Çıkarma Yönteminin Uygulanması, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri (Bir Tel Fabrikası Örneği)", *Bilim Uzmanlığı Tezi*, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Zannin, P.H.T., Diniz, F.B., Barbosa, W.A. 2002. "Environmental Noise Pollution in the City of Curitiba, Brazil", *Applied Acoustics*, Vol 63, pp351-358.

EKLER**EK 1. Üç Noktadan Yapılan Ölçüm Sonuçları**

Ölçüm	Rüzgar hızı (m/s)	Rüzgar yönü (°)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Basınç (mb)	Ses seviyesi (dB)	Mesafe (m)	Gaz sabiti R_n
1	1,8	148	20	31,2	1023	80,64610	8,2	29,35
2	3	159	19	30,1	1023	78,83603	8,2	29,35
3	3,4	171	20	29,6	1023	79,80087	8,2	29,35
4	3	169	20	29,8	1023	79,21136	8,2	29,35
5	2,4	126	20	29,4	1023	78,50268	8,2	29,35
6	2,6	176	20	29,3	1023	79,01545	8,2	29,35
7	3	163	20	29,1	1023	77,99756	8,2	29,35
8	3,6	135	20	28,4	1023	78,77874	8,2	29,35
9	2,8	138	20	28,3	1023	77,85242	8,2	29,35
10	2,8	121	21	27,6	1023	78,60863	8,2	29,35
11	2	113	21	27,6	1023	78,29261	8,2	29,35
12	2,6	168	21	26,6	1023	78,66586	8,2	29,34
13	2,2	144	21	27,5	1022	79,11293	8,2	29,35
14	1,8	96	21	27,2	1022	79,59430	8,2	29,35
15	1,8	122	21	27,1	1022	80,13664	8,2	29,35
16	2	155	21	27,2	1022	80,67798	8,2	29,35
17	1,8	166	21	27,2	1022	81,14251	8,2	29,35
18	1,6	152	21	27,3	1022	81,53380	8,2	29,35
19	1,8	224	21	27,2	1022	81,42880	8,2	29,35
20	1,2	233	21	27,3	1022	82,19496	8,2	29,35
21	1,4	213	21	27,3	1022	82,32246	8,2	29,35
22	1,6	162	21	27,5	1022	81,47863	8,2	29,35
23	1,4	163	21	27,5	1022	82,47204	8,2	29,35
24	0	198	21	27,7	1022	80,87449	8,2	29,35
25	2,2	117	21	26,7	1022	82,81265	8,2	29,34
26	3	117	21	26,6	1022	83,09886	8,2	29,34
27	0	80	21	28,4	1022	80,64437	8,2	29,35
28	0	95	21	28,5	1022	79,22583	8,2	29,35
29	1	55	21	28,5	1022	78,94647	8,2	29,35
30	3,4	74	59	2,1	1027	81,08692	8,2	29,33
31	3	71	58	2,1	1027	80,77256	8,2	29,33
32	3,4	54	58	2	1027	80,13660	8,2	29,33
33	2,6	46	58	2	1027	79,80314	8,2	29,33
34	3,4	46	59	2	1027	79,67065	8,2	29,33
35	2,6	72	59	2	1027	79,64805	8,2	29,33
36	3,2	54	59	2,1	1027	79,87148	8,2	29,33
37	4,1	52	58	2,1	1027	80,07280	8,2	29,33
38	3,4	50	58	2,1	1027	80,19398	8,2	29,33
39	3	58	59	2,1	1027	80,16466	8,2	29,33
40	2,6	59	60	2,1	1027	81,98013	8,2	29,33

EK 1. (devam)

Ölçüm	Rüzgar hızı (m/s)	Rüzgar yönü (°)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Basınç (mb)	Ses seviyesi (dB)	Mesafe (m)	Gaz sabiti R _n
41	2,6	51	59	2,1	1027	80,31296	8,2	29,33
42	2,4	50	58	2	1027	80,25890	8,2	29,33
43	2,2	53	59	2	1027	79,99610	8,2	29,33
44	3,6	44	60	2	1027	80,20160	8,2	29,33
45	2,6	29	60	1,9	1027	79,81734	8,2	29,33
46	2,2	72	60	1,9	1027	80,00678	8,2	29,33
47	3,8	53	61	2	1027	80,13712	8,2	29,33
48	3,8	59	61	1,9	1027	80,25946	8,2	29,33
49	2,4	47	61	2	1027	80,23906	8,2	29,33
50	2,6	75	61	2	1027	80,27726	8,2	29,33
51	3,2	69	62	2	1027	82,43130	8,2	29,33
52	3,2	57	63	1,9	1027	82,05371	8,2	29,33
53	2	126	25	17,3	1027	80,08846	8,2	29,32
54	1,6	195	25	17,3	1027	79,89581	8,2	29,32
55	1,2	151	25	17,3	1027	79,63983	8,2	29,32
56	1,8	273	25	16,5	1027	80,25983	8,2	29,32
57	1,4	286	25	16,7	1027	80,37934	8,2	29,32
58	1,2	86	25	17,3	1027	80,62026	8,2	29,32
59	1,8	76	25	17,5	1027	80,45413	8,2	29,32
60	3	43	25	17,3	1027	79,59016	8,2	29,32
61	1	67	25	17,7	1027	79,09895	8,2	29,32
62	1	247	25	17,3	1027	78,94301	8,2	29,32
63	1,4	182	25	16,6	1027	78,97371	8,2	29,32
64	1,2	124	25	17	1027	80,00388	8,2	29,32
65	0	0	23	21,4	1027	77,20020	8,2	29,32
66	1	306	23	21,5	1027	77,33880	8,2	29,32
67	1,8	331	23	21,5	1027	77,68953	8,2	29,32
68	2,4	345	23	20,9	1027	77,64084	8,2	29,32
69	3,4	353	23	20,4	1027	75,85584	8,2	29,32
70	2,6	0	23	20,6	1027	75,88452	8,2	29,32
71	1,4	17	23	20,9	1027	75,34512	8,2	29,32
72	1,2	74	23	20,9	1027	76,75359	8,2	29,32
73	1,2	131	23	20,9	1027	77,49087	8,2	29,32
74	1	301	23	20,2	1027	75,99379	8,2	29,32
75	2	324	23	20	1027	75,78800	8,2	29,32
76	2,2	306	24	19,4	1027	76,09202	8,2	29,32
77	3	319	24	19,5	1027	78,58808	8,2	29,32
78	2,4	314	24	19,3	1027	79,30022	8,2	29,32
79	1,8	329	24	19,3	1027	79,99188	8,2	29,32
80	2,6	42	60	2,1	1027	72,6495	7,8	29,33
81	2,2	311	60	2,2	1027	72,31429	7,8	29,33
82	2	332	61	2,2	1027	73,8342	7,8	29,33

EK 1. (devam)

Ölçüm	Rüzgar hızı (m/s)	Rüzgar yönü (°)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Basınç (mb)	Ses seviyesi (dB)	Mesafe (m)	Gaz sabiti R _n
83	2,2	33	61	2,2	1027	73,67429	7,8	29,33
84	3,2	310	61	2,1	1027	73,52015	7,8	29,33
85	4,1	59	61	2,1	1027	72,28429	7,8	29,33
86	2,6	19	60	2,1	1027	73,43411	7,8	29,33
87	1,2	332	59	2	1027	73,42569	7,8	29,33
88	3,4	53	59	2	1027	73,2485	7,8	29,33
89	2,8	51	59	2	1027	73,24403	7,8	29,33
90	2,6	36	59	2	1027	71,09109	7,8	29,33
91	3	335	62	1,8	1027	73,43715	7,8	29,33
92	2,8	341	62	1,9	1027	74,08429	7,8	29,33
93	3,4	332	62	1,9	1027	73,27011	7,8	29,33
94	3,2	33	61	1,8	1027	73,3622	7,8	29,33
95	3,4	53	61	1,8	1027	74,45759	7,8	29,33
96	2,4	31	61	1,8	1027	72,43338	7,8	29,33
97	1,8	15	63	1,8	1027	74,6456	7,8	29,33
98	2	309	63	1,9	1027	69,45672	7,8	29,33
99	2,2	315	63	2	1027	73,4345	7,8	29,33
100	2,8	322	63	2	1027	73,86012	7,8	29,33
101	3,2	311	63	2	1027	71,66005	7,8	29,33
102	3,2	348	62	2	1027	73,9241	7,8	29,33
103	1,2	198	25	17	1027	71,23411	7,8	29,32
104	0	75	25	17,5	1027	72,2756	7,8	29,32
105	2,6	263	25	17,5	1027	69,74004	7,8	29,32
106	2,2	274	25	17,8	1027	71,0749	7,8	29,32
107	1,4	229	25	17,9	1027	70,31565	7,8	29,32
108	1,8	272	25	18,3	1027	70,77477	7,8	29,32
109	1,6	118	25	18,5	1027	72,31523	7,8	29,32
110	2,4	121	25	18,5	1027	70,82004	7,8	29,32
111	2	111	25	18,5	1027	72422	7,8	29,32
112	1,2	123	25	18,8	1027	72,568	7,8	29,32
113	1,4	242	25	18,8	1027	72,2552	7,8	29,32
114	2,6	251	25	18,7	1027	72,04412	7,8	29,32
115	1,6	222	25	18,3	1027	70,7852	7,8	29,32
116	1,8	315	24	19,3	1027	71,33943	7,8	29,32
117	2	292	24	19,4	1027	71,87746	7,8	29,32
118	2,6	261	24	19,5	1027	72,13624	7,8	29,32
119	2,2	260	24	18,9	1027	72,03422	7,8	29,32
120	2,4	274	24	19,3	1027	70,71426	7,8	29,32
121	2,4	312	24	19,1	1027	71,18924	7,8	29,32
122	2	173	24	19,3	1027	69,33789	7,8	29,32
123	1	80	24	19,5	1027	70,6302	7,8	29,32

EK 1. (devam)

Ölçüm	Rüzgar hızı (m/s)	Rüzgar yönü (°)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Basınç (mb)	Ses seviyesi (dB)	Mesafe (m)	Gaz sabiti R _n
124	1	136	24	19,7	1027	71,29761	7,8	29,32
125	1,2	190	24	19,6	1027	71,36457	7,8	29,32
126	1	185	24	19,7	1027	70,36992	7,8	29,32
127	0	100	24	20,1	1027	71,248	7,8	29,32
128	2,6	199	19	31,2	1023	68,91815	7,8	29,35
129	1,8	175	19	31,5	1023	69,38774	7,8	29,35
130	1,4	202	19	31,7	1023	68,86664	7,8	29,35
131	1,4	242	20	31,7	1023	69,80642	7,8	29,35
132	1,6	196	19	31,4	1023	68,4847	7,8	29,35
133	1,6	208	19	31,4	1023	69,99095	7,8	29,35
134	2,2	170	19	31,3	1023	69,5241	7,8	29,35
135	1,8	212	20	31,5	1023	69,74025	7,8	29,35
136	2	214	20	31,2	1023	69,47885	7,8	29,35
137	1,6	120	19	31	1023	71,3256	7,8	29,35
138	2,6	132	19	31,1	1023	71,4475	7,8	29,35
139	1	94	21	27,7	1022	71,01778	7,8	29,35
140	1	97	21	27,9	1022	70,58944	7,8	29,35
141	0	141	21	27,9	1022	69,95453	7,8	29,35
142	1,4	140	21	27,8	1022	69,88851	7,8	29,35
143	2	114	21	27,5	1022	69,89628	7,8	29,35
144	1,6	102	21	27,1	1022	69,5184	7,8	29,35
145	1,8	142	21	27,1	1022	71,12464	7,8	29,35
146	0	142	21	27,4	1022	70,12118	7,8	29,35
147	0	146	21	27,6	1022	71,38531	7,8	29,35
148	0	105	21	27,7	1022	71,85751	7,8	29,35
149	1	100	21	27,7	1022	71,23158	7,8	29,35
150	1,6	124	21	27,8	1022	70,46292	7,8	29,35
151	2,4	96	21	27,5	1022	69,50099	7,8	29,35
152	2,2	117	21	26,7	1022	69,02056	7,8	29,35
153	1,2	59	21	28,5	1022	71,58075	7,8	29,35
154	1,2	27	21	28,4	1022	71,69849	7,8	29,35
155	1,4	5	21	28,4	1022	72,68929	7,8	29,35
156	0	272	24	20,1	1027	68,50217	7,8	29,32
157	0	281	23	20,2	1027	69,59048	7,8	29,32
158	1	330	23	20	1027	73,58196	7,8	29,32
159	0	165	23	20,2	1027	70,51428	7,8	29,32
160	0	239	23	20,3	1027	69,33615	7,8	29,32
161	1	285	23	20,1	1027	69,66102	7,8	29,32
162	0	143	23	20,2	1027	69,3323	7,8	29,32
163	0	293	23	20,1	1027	72,60727	7,8	29,32
164	1	270	24	19,9	1027	71,78496	7,8	29,32

EK 1. (devam)

Ölçüm	Rüzgar hızı (m/s)	Rüzgar yönü (°)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Basınç (mb)	Ses seviyesi (dB)	Mesafe (m)	Gaz sabiti R _n
165	1,8	274	24	18,4	1027	70,33004	7,8	29,32
166	1,2	358	24	18,5	1027	70,71996	7,8	29,32
167	1,8	335	24	18,1	1027	72,06095	7,8	29,32
168	0	283	24	17,2	1027	70,55457	7,8	29,32
169	0	212	25	17,1	1027	70,38105	7,8	29,32
170	1,4	335	21	27,4	1022	71,93745	7,8	29,35
171	1,2	319	21	27,7	1022	70,17125	7,8	29,35
172	1,4	200	21	28	1022	69,89626	7,8	29,35
173	2,8	197	21	27,8	1022	69,93354	7,8	29,35
174	2	229	21	27,9	1022	69,63441	7,8	29,35
175	1,4	226	21	27,7	1022	70,23025	7,8	29,35
176	1	234	21	27,6	1022	70,50188	7,8	29,35
177	1,4	230	21	27,6	1022	69,74423	7,8	29,35
178	2	236	21	27,1	1022	69,9342	7,8	29,35
179	1,8	235	21	27,2	1022	70,17551	7,8	29,35
180	0	56	21	27,5	1022	70,46162	7,8	29,35
181	0	198	21	27,7	1022	70,34362	7,8	29,35
182	1	74	21	28	1022	70,28824	7,8	29,35
183	0	184	21	28,2	1022	69,89542	7,8	29,35
184	0	131	21	28,6	1022	70,11004	7,8	29,35
185	0	170	21	28,5	1022	70,26268	7,8	29,35
186	1,6	138	21	28,8	1022	70,19136	7,8	29,35
187	0	179	21	28,9	1022	71,15008	7,8	29,35
188	0	179	20	29,2	1022	70,85992	7,8	29,35
189	0	179	20	29,4	1022	70,59354	7,8	29,35
190	0	205	20	29,5	1022	70,9421	7,8	29,35
191	0	235	20	29,7	1022	71,26459	7,8	29,35
192	1,6	136	21	27,1	1022	70,03928	7,8	29,35
193	1,2	167	21	26,6	1022	70,67773	7,8	29,35
194	2,4	157	21	26,6	1022	70,67027	7,8	29,35
195	0	43	21	27,8	1022	69,61185	7,8	29,35
196	0	51	21	28,1	1022	72,9541	7,8	29,35
197	0	80	21	28,1	1022	71,43539	7,8	29,35
198	1,6	146	59	2	1027	69,6541	7,8	29,33
199	2,4	133	59	2,1	1027	70,56038	7,8	29,33
200	3,7	142	59	2,1	1027	69,15934	7,8	29,33
201	3	125	60	2,1	1027	70,27458	7,8	29,33
202	2,6	130	60	2,1	1027	70,30916	7,8	29,33
203	2,2	122	60	2,1	1027	70,79874	7,8	29,33
204	1,8	143	60	2	1027	70,1166	7,8	29,33
205	2	103	60	2	1027	70,0465	7,8	29,33

EK 1. (devam)

Ölçüm	Rüzgar hızı (m/s)	Rüzgar yönü (°)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Basınç (mb)	Ses seviyesi (dB)	Mesafe (m)	Gaz sabiti R _n
206	1,6	109	60	2	1027	70,58868	7,8	29,33
207	2,4	144	59	2	1027	69,57408	7,8	29,33
208	2,4	218	59	2	1027	68,62311	7,8	29,33
209	2,6	236	60	2	1027	68,9409	7,8	29,33
210	2,4	223	62	2,1	1027	70,56002	7,8	29,33
211	2,8	213	61	2	1027	68,24729	7,8	29,33
212	1,8	200	62	2	1027	69,0641	7,8	29,33
213	2,8	231	61	2,2	1027	70,48886	7,8	29,33
214	2,6	221	60	2,1	1027	69,46931	7,8	29,33
215	2,6	233	60	2,1	1027	71,1768	7,8	29,33
216	3	210	60	2,1	1027	69,14689	7,8	29,33
217	2,4	220	60	2,1	1027	70,58533	7,8	29,33
218	2,8	214	61	2,1	1027	70,22089	7,8	29,33
219	3,2	229	60	2,2	1027	69,26359	7,8	29,33
220	3	219	60	2,1	1027	70,29486	7,8	29,33
221	2,8	233	58	2,1	1027	70,15168	7,8	29,33
222	2,6	221	59	2,1	1027	70,75888	7,8	29,33
223	2,2	211	24	19,5	1028	68,94952	7,8	29,32
224	2,6	190	24	19,6	1028	68,62126	7,8	29,32
225	2,6	218	25	18	1028	70,06096	7,8	29,32
226	1,6	279	25	17,1	1028	71,14085	7,8	29,32
227	1,2	219	25	16,6	1028	71,60845	7,8	29,32
228	1,2	290	25	17,1	1027	72,51097	7,8	29,32
229	1,4	301	25	17,6	1027	72,88443	7,8	29,32
230	1,8	175	25	18,2	1027	68,94963	7,8	29,32
231	3	193	25	18	1027	70,59085	7,8	29,32
232	3,2	223	25	17,4	1027	68,89051	7,8	29,32
233	1,8	220	25	17,2	1027	68,78933	7,8	29,32
234	2	215	25	17,2	1027	68,44574	7,8	29,32

EK 2. Tek gürültü kaynağı tüm frekanslar için hesaplanmış eşdeğer gürültü seviyeleri (L_{eq} , dBA)

Nokta	1 kHz	2 kHz	8 kHz	500 Hz	250 Hz	125 Hz	4 kHz	Mesafe (m)
1	62,03	64,47	34,89	45,45	42,52	38,53	38,91	70,71
2	61,8	62,86	34,64	51,62	43,52	39,21	38,89	64,03
3	62,39	61,91	36,36	51,49	44,26	38,15	41,8	58,31
4	62,98	64,49	35,6	56,66	45,23	41,23	42,18	53,85
5	58,84	64,74	37,4	51,57	44,26	41,21	41,76	50,99
6	60,52	63,03	37,79	53,33	44,63	39,5	42,56	50
7	55,19	60,12	37,31	47,28	43,2	41,23	42,06	50,99
8	52,47	54,05	37,92	42,57	40,52	40,89	46,61	53,85
9	52,77	55,69	35,86	42,79	38,58	39,98	37,77	58,31
10	48,84	44,9	34,69	39,6	37,56	38,45	37,47	64,03
11	43,62	47,68	33,97	40,61	38,52	36,72	37,5	70,71
12	60,7	52,33	34,52	51,54	41,23	36,83	41,56	64,03
13	64,43	59,26	36,46	53,26	45,56	38,45	42,42	56,57
14	65,31	57,3	38,24	53,53	46,29	38,41	47,89	50
15	61,41	58,86	48,47	55,78	48,59	43,19	46,16	44,72
16	60,39	55,77	44,87	57,86	50,1	43,3	44,21	41,23
17	59,76	56,87	39,62	54,52	45,62	42,65	43,88	40
18	59,58	57,27	43	55,47	47,56	43,69	44,61	41,23
19	57,86	54,52	40,04	51,55	43,5	41,56	41,46	44,72
20	56,5	53,99	38,67	48,5	39,49	39,97	41,42	50
21	51,45	51,84	38,57	48,77	40,15	37,89	40,84	56,57
22	51,57	43,55	34,58	44,22	39,79	36,94	39,21	64,03
23	61,46	56,9	37,36	53,39	45,43	39,56	44,21	58,31
24	63,58	60,5	37,66	56,49	44,21	42,23	47,85	50
25	64,22	64,97	37,49	57,56	46,26	42,98	50,17	42,43
26	65,66	64,54	40,44	56,65	47,1	41,25	49,8	36,06
27	65,6	63,99	41,55	56,5	48,25	43,6	52,03	31,62
28	60,6	63,14	41,7	53,58	45,26	44,12	53,34	30
29	58,81	59,64	41,55	53,58	49,91	44,23	47,4	31,62
30	53,82	61,67	40,3	46,27	44,95	45,52	47,91	36,06
31	53,19	55,67	38,22	48,62	41,4	42,36	46,02	42,43
32	50,48	48,99	37,63	43,62	40,67	41,36	42,05	50
33	49,24	43,28	36,4	39,78	37,95	38,96	38,94	58,31
34	57,9	54,52	41,47	41,8	38,5	43,56	45,83	53,85
35	59,74	58,73	48,3	44,52	40,23	43,65	50,15	44,72
36	68,67	61,67	45,36	51,29	43,5	44,23	54,34	36,06
37	69,06	64,82	44,75	58,49	45,62	44,56	57,54	28,28
38	70,24	64,94	44,18	61,64	50,8	44,51	61,38	22,36
39	67,6	65,51	45,7	62,5	52,39	46,39	57,66	20
40	66,72	64,98	44,63	59,74	51,63	45,67	55,01	22,36
41	62,1	56,59	44,34	53,37	45,9	46,95	49,17	28,28

EK 2. (devam)

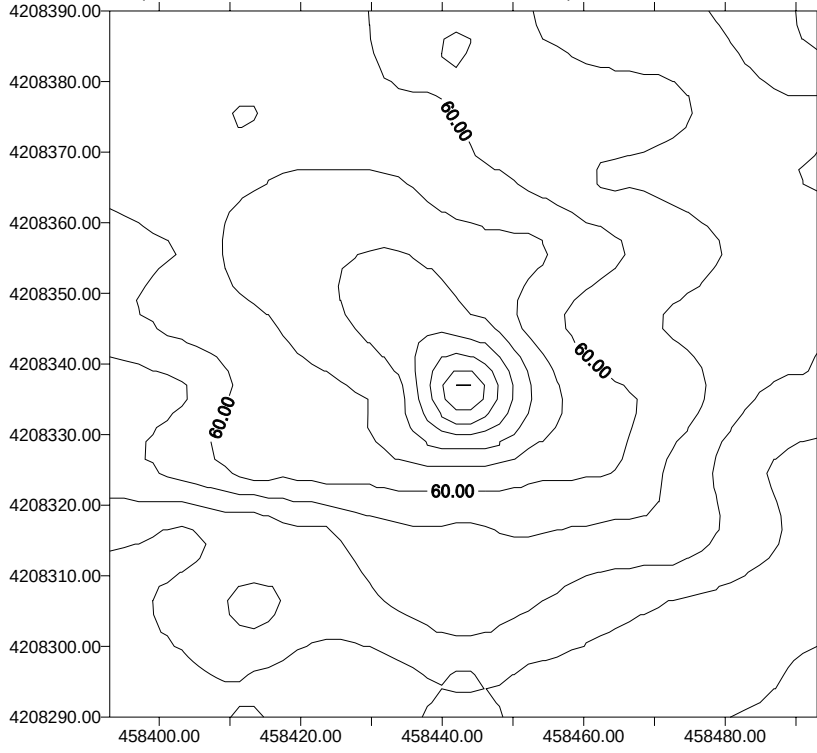
Nokta	1 kHz	2 kHz	8 kHz	500 Hz	250 Hz	125 Hz	4 kHz	Mesafe (m)
42	58,44	56,3	41,52	51,34	43,14	44,52	48,93	36,06
43	54,44	50,95	39,12	46,73	42,32	45,33	43,76	44,72
44	53,93	45,97	37,37	41,56	39,61	40,58	42,65	53,85
45	59,7	61,5	44,72	50,93	45,7	48,57	51,09	50,99
46	62,38	60,46	43,51	51,52	53,62	50,23	52	41,23
47	63,22	63,83	43,64	57,64	53,57	51,25	61,71	31,62
48	68,48	69,5	47,34	66,05	58,54	53,61	63,03	22,36
49	73,56	74,62	52,47	72,58	65,12	56,52	69,7	14,14
50	70,93	76,1	53,64	75,54	66,25	56,12	72,42	10
51	61,52	71,82	53,34	62,79	64,13	56,3	64,83	14,14
52	55,62	62,03	47,2	58,74	57,56	50,81	56,55	22,36
53	53,91	54,03	46,45	55,56	53,57	51,26	49,31	31,62
54	50,44	46,07	41,68	44,66	40,2	49,32	46	41,23
55	50,32	40,13	37,75	43,51	40,17	40,26	41,02	50,99
56	50,29	64,17	43,46	47,9	44,59	46,49	46,61	50
57	53,44	64,78	44,08	51,59	46,29	48,65	54,03	40
58	61,15	67,49	46,25	58,84	52,63	53,45	60,08	30
59	63,55	72,64	48,43	61,29	56,42	56,23	65,44	20
60	65,55	76,63	55,58	69,65	67,14	62,26	72,56	10
61	94,25	101,38	83,96	97,18	93,1	88,21	97,39	0
62	69,18	65,79	60,92	65,55	65,01	65,14	65,87	10
63	61,25	61,82	50,35	58,32	56,86	55,36	56,49	20
64	59,6	52,61	44,37	54,41	50,21	50,3	48,66	30
65	50,82	42,85	41,44	52,09	47,63	48,63	44,69	40
66	49,85	39,18	39,61	49,84	43,12	44,69	40,76	50
67	54,31	61,46	40,4	45,68	43,04	43,96	46,27	50,99
68	58,69	62,87	42,45	54,5	47,23	46,89	50,45	41,23
69	64,61	66,51	51,34	56,72	53,66	53,25	55,48	31,62
70	64,31	68,97	51,73	55,79	55,11	57,26	58,28	22,36
71	64,29	69,72	56,5	57,88	61,2	61,25	62,61	14,14
72	65,53	66,47	57,35	63,41	63,59	62,15	63,32	10
73	61,94	68,67	53,48	60,47	61,88	60,04	59,38	14,14
74	61,48	60,73	49,27	53,5	55,26	53,62	52,5	22,36
75	53,46	54,94	44,36	46,37	47,5	49,2	47,37	31,62
76	45,6	45,53	39,31	45,55	44,67	41,5	44,89	41,23
77	42,61	39,57	36,85	45,57	39,03	40,01	46,04	50,99
78	45,68	55,29	38,82	43,31	38,44	39,53	44,26	53,85
79	43,15	61,24	39,51	45,68	39,57	39,67	46,91	44,72
80	44,34	64,12	42,31	45,33	43,26	44,26	48,95	36,06
81	48,48	64,86	46,19	52,48	50,94	50,11	52,06	28,28
82	53,59	66,37	47,68	55,79	53,63	50,32	53,13	22,36
83	52,94	64,62	48,04	58,54	55,88	52,29	52,93	20

EK 2. (devam)

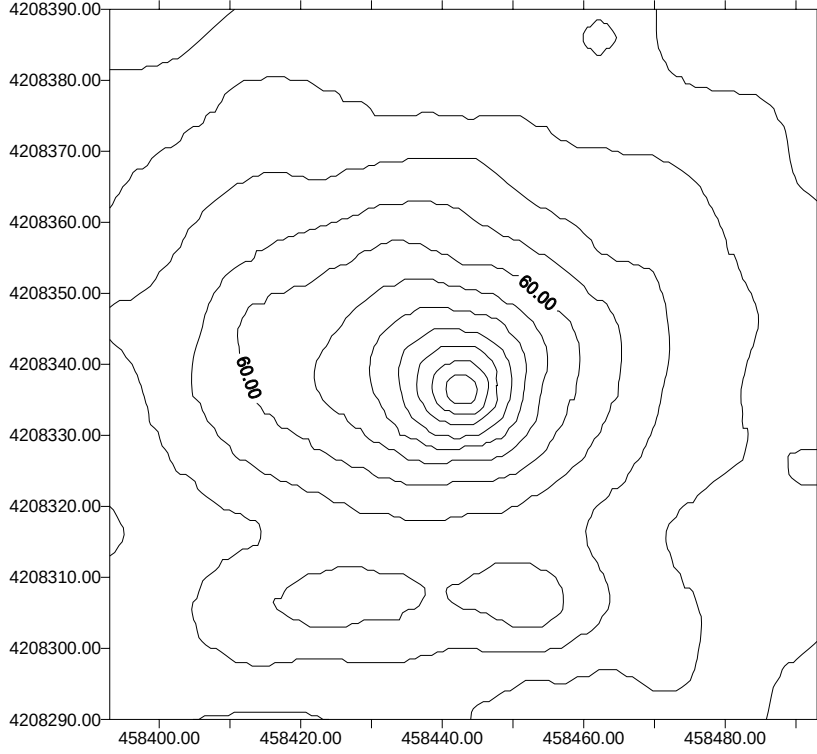
Nokta	1 kHz	2 kHz	8 kHz	500 Hz	250 Hz	125 Hz	4 kHz	Mesafe (m)
84	55,09	62,44	46,53	55,48	50,12	48,23	51,86	22,36
85	53,58	56,99	43,72	55,59	52	49,56	48,09	28,28
86	54,38	49,8	46,45	54,6	50,13	49,55	44,31	36,06
87	48,37	44,5	53,36	45,54	44,52	49,23	42	44,72
88	49,04	41,87	38,52	47,26	40,16	45,69	39,92	53,85
89	44,35	51,06	42,58	42,95	40,71	44,59	46,7	58,31
90	46,55	55,26	46,61	44,53	43,59	45,69	49,4	50
91	53,47	54,85	48,43	43,63	44,52	48,85	54,89	42,43
92	48,37	57,57	44,87	49,64	46,91	45,63	58,2	36,06
93	50,56	55,08	43,54	55,37	51,21	45,39	56,4	31,62
94	55,54	56,21	43,89	54,56	51,87	46,21	55,45	30
95	50,34	57,51	42,52	55,25	50,83	47,59	60,1	31,62
96	46,59	53,95	40,51	51,5	49,99	45,96	50,5	36,06
97	44,37	45,1	38,15	48	47,71	45,15	45,61	42,43
98	42,08	45,45	38,32	49,7	47,96	42,25	44,51	50
99	41,96	39,49	39,6	48,51	47,57	45,2	41,66	58,31
100	42,44	54,4	41,38	44,4	43,59	44,19	46,28	64,03
101	43,67	49,36	40,4	46,32	46,2	44,49	47,43	56,57
102	44,78	49,63	39,1	44,55	44,27	43,69	48,97	50
103	40,54	52,28	39,28	44,54	43,71	40,52	46,57	44,72
104	43,35	53,67	42,25	45,55	42,14	46,52	48,42	41,23
105	44,37	52,87	41,15	46,43	45,07	45,25	45,75	40
106	43,99	52,74	40,22	43,51	42,19	42,19	44,85	41,23
107	43,33	48,99	41,49	45,77	42,85	43,6	44,04	44,72
108	41,95	46,08	40,56	47,31	40,15	42,6	46,24	50
109	41,57	39,52	41,53	45,22	40,84	44,3	41,12	56,57
110	38,68	39,53	39,52	46,43	39,29	42,31	38,19	64,03
111	40,43	47,36	46,34	44,79	40,17	54,51	44,69	70,71
112	41,56	43,74	39,34	46,58	41,48	45,52	43,7	64,03
113	47,25	46,08	41,33	43,09	42,86	39,52	41,56	58,31
114	42,54	48,13	40,25	42,25	42,82	38,59	44,14	53,85
115	43,52	51,08	38,72	44,28	41,12	42,56	44,65	50,99
116	49,58	44,16	39,66	42,45	42,8	42,3	45,5	50
117	42,65	48,51	38,23	42,25	40,63	46,23	42,43	50,99
118	42,62	44,06	37,69	42,44	38,61	42,87	43,39	53,85
119	41,07	43,87	37,4	43,94	37,22	43,2	41,19	58,31
120	38,5	37,4	37,61	43,83	36,91	42,94	39,69	64,03
121	39,37	37,74	37,11	43,17	38,79	37,14	40,84	70,71

EK 3. Tek Gürültü kaynağı farklı frekanslar için gürültü haritaları

1000 Hz (61: 94,25dBA, ortam:38,89 dBA)

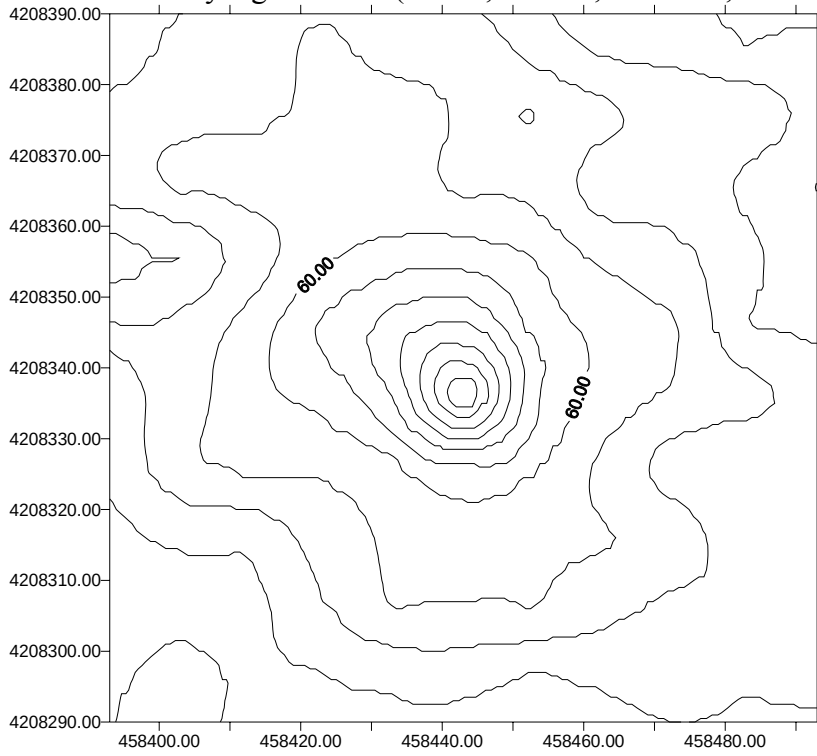


Tek Gürültü kaynağı 4000 Hz (61: 97,39dBA, ortam:39,62 dBA)

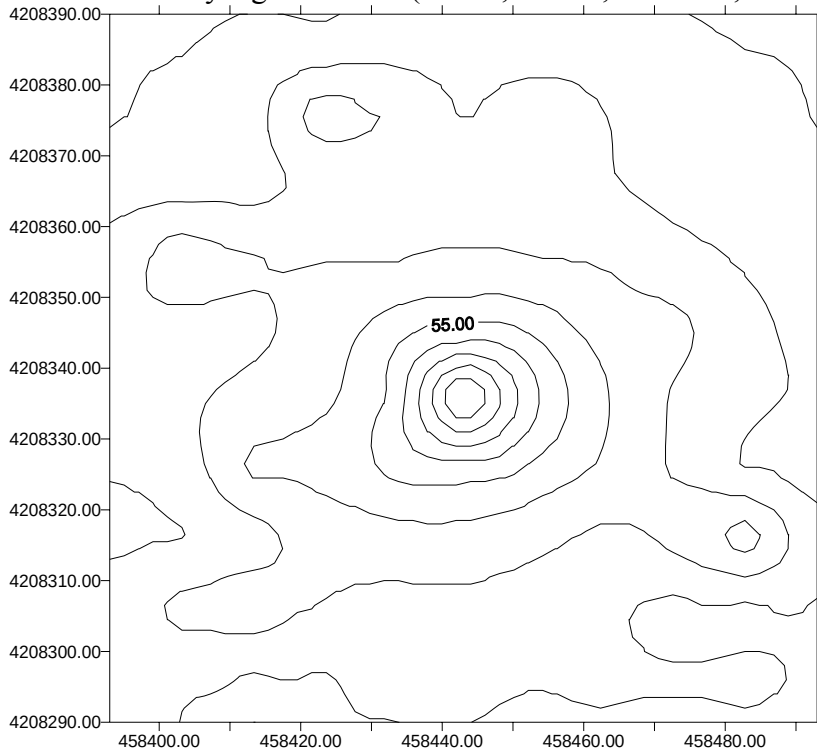


EK 3. (devam)

Tek Gürültü kaynağı 500 Hz (61: 97,18 dBA, ortam:36,56 dBA)

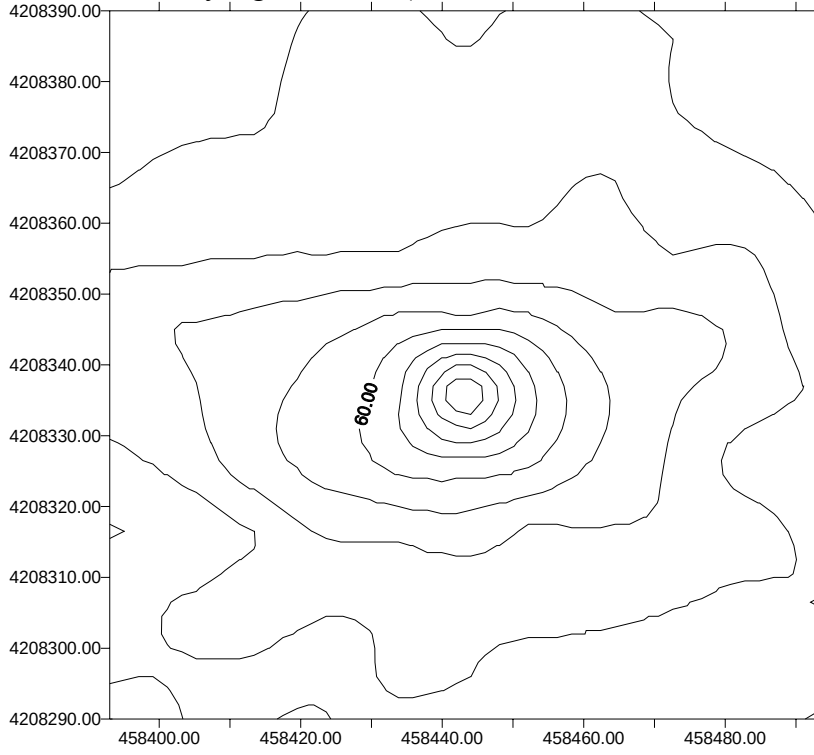


Tek Gürültü kaynağı 8000 Hz (61: 83,96dBA, ortam:35,25 dBA)

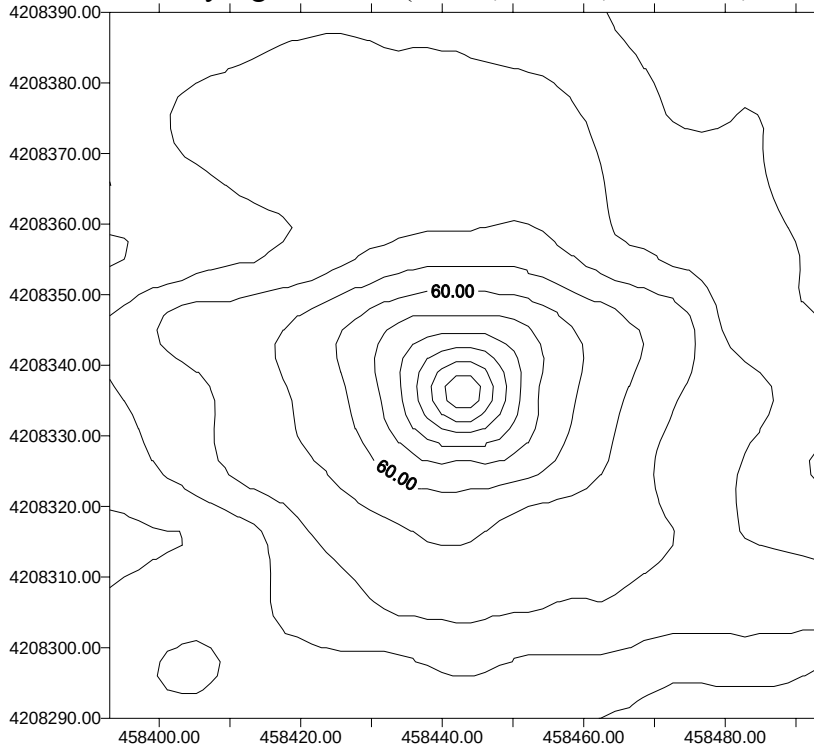


EK 3. (devam)

Tek Gürültü kaynağı 125 Hz (61: 88,21 dBA, ortam: 36,59 dBA)



Tek Gürültü kaynağı 250 Hz (61: 93,10 dBA, ortam: 38,57 dBA)



EK 4. İki gürültü kaynağı tüm frekanslar için hesaplanmış eşdeğer gürültü seviyeleri
(L_{eq} , dBA)

Nokta	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	60'a olan mesafe (m)	63'e olan mesafe (m)
1	38,39	39,58	47,58	56,36	52,26	38,22	38,8	64,03	86,02
2	38,92	40,33	49,3	58,2	53,14	41,05	38,48	58,31	78,1
3	39,08	40,1	49,1	59,11	57,7	42,1	37,94	53,85	70,71
4	40,22	42,37	52,23	60,31	58,52	43,52	39,56	50,99	64,03
5	40,9	42,52	51,37	59,5	57,4	45,5	39,82	50	58,31
6	42,26	43,52	53,4	58,21	58,23	46,85	40,37	50,99	53,85
7	41,31	43,11	52,6	58,49	59,27	45,61	41,26	53,85	50,99
8	40,99	43,59	49,55	58,47	57,47	44,71	40,72	58,31	50
9	41,8	42,92	50,29	56,17	56,82	43,04	40,8	64,03	50,99
10	41,24	42,56	44,57	52,62	54,16	44,26	40,78	70,71	53,85
11	39,91	40,85	43,24	54,1	53,2	40,54	40,07	78,1	58,31
12	38,43	41,9	49,01	60,4	51,9	41,78	37,96	56,57	80,62
13	38,02	40,49	50,21	61,2	56,5	47,11	37,14	50	72,11
14	40,15	40,4	51,5	60,24	58,4	46,5	40,43	44,72	64,03
15	41,5	44,96	52,89	62,98	57,75	47,87	40,14	41,23	56,57
16	42,21	46,31	53,21	64,42	59,27	50,4	41,03	40	50
17	43,24	45,03	53,98	60,15	60,41	48,52	41,08	41,23	44,72
18	42,6	46,5	55,4	61,59	59,22	48,6	40,17	44,72	41,23
19	42,34	46,48	51,02	61,8	58,74	47,83	41,86	50	40
20	43,27	45,75	53,41	60,47	57,7	46,53	42,17	56,57	41,23
21	42,43	42,22	52,31	56,74	55,14	45,7	40,42	64,03	44,72
22	40,6	40,02	48,59	55,69	55,48	43,5	40,74	72,11	50
23	40,22	42,85	49,56	60,25	55,69	46,57	37,36	50	76,16
24	40,5	43,54	50,99	62,86	60,15	47,54	38,41	42,43	67,08
25	40,15	43,56	53,45	64,58	62,2	49,56	41,67	36,06	58,31
26	40,52	46,45	56,48	67,1	63,56	52,7	43,71	31,62	50
27	43,01	48,96	54,69	65,89	67,23	54,02	42,81	30	42,43
28	44,89	47,23	55,41	66,23	65,35	52,19	45,37	31,62	36,06
29	44,94	47,7	55,8	67,8	63,9	53,95	42,28	36,06	31,62
30	43,66	48,71	54,71	63,98	66,4	53,77	44,34	42,43	30
31	46,48	46,95	54,6	61,56	62,36	50,42	43,96	50	31,62
32	45,12	45,52	50,39	58,54	60,23	49,56	42,88	58,31	36,06
33	40,96	41,77	49,28	56,54	59,85	47,56	39,9	67,08	42,43
34	42,6	43,56	50,63	57,49	56,54	49,58	38,77	44,72	72,8
35	42,68	47,5	49,42	66,52	59,02	52,13	41,68	36,06	63,25
36	44,36	46,56	54,69	66,54	62,3	56,78	42,89	28,28	53,85
37	44,39	52,68	60,14	69,12	65,23	59,48	45,19	22,36	44,72
38	45,86	54,23	66,01	71,45	67,2	60,25	43,98	20	36,06
39	46,52	52,44	62,5	70,72	67,79	60,18	44,83	22,36	28,28
40	47,55	53,6	61,68	70,25	67,75	60,51	44,82	28,28	22,36

EK 4. (devam)

Nokta	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	60'a olan mesafe (m)	63'e olan mesafe (m)
41	47,57	56,2	65,48	70,31	67,15	61,25	44,42	36,06	20
42	48,26	52,62	58,57	65,37	64,7	56,37	44,75	44,72	22,36
43	48,56	49,52	54,96	60,15	60,42	52,54	44,47	53,85	28,28
44	45,69	44,25	52,42	57,96	57,44	50,15	40,25	63,25	36,06
45	46,5	45,6	52,65	61,48	53,26	47,15	38,72	41,23	70,71
46	45,58	50,54	52,69	63,9	56,48	58,45	41,95	31,62	60,83
47	51,48	55,45	57,58	67,58	66,55	50,52	44,26	22,36	50,99
48	51,56	59,68	68,49	70,49	70,68	64,52	48,18	14,14	41,23
49	55,52	64,48	74,59	73,59	74,8	69,54	50,98	10	31,62
50	55,48	63,58	61,45	68,58	73,52	64,5	50,26	14,14	22,36
51	52,6	61,54	66,58	71,52	72,01	66,23	51,55	22,36	14,14
52	55,47	64,21	74,09	71,39	74,12	69,47	53,53	31,62	10
53	58,96	63,78	59,65	63,54	72,54	62,48	50,33	41,23	14,14
54	54,69	56,44	57,4	58,79	63,1	56,49	46,65	50,99	22,36
55	52,04	54,2	55,42	57,6	55,21	48,12	42,74	60,83	31,62
56	44,56	45,75	52,14	54,69	58,47	50,49	39,87	40	70
57	48,2	50,12	54,26	56,36	62,47	56,85	39,82	30	60
58	52,39	52,47	63,71	63,81	69,26	58,67	43,44	20	50
59	60,57	63,54	68,47	68,74	77,45	68,47	55,63	10	40
60	89,59	90,74	95,5	92,23	97,2	92,1	86,4	1	30
61	65,48	66,24	69,01	69,58	74,03	66,14	59,85	10	20
62	62,14	64,23	69,47	68,73	76,35	67,24	58,32	20	10
63	88,73	91,01	93,37	94,02	92,94	94,27	85,89	30	1
64	66,95	66,48	65,65	68,24	68,77	65,35	62,64	40	10
65	57,48	56,48	59,75	64,54	61,07	55,06	48,6	50	20
66	50,15	50,96	51,38	61,5	58,65	48,75	44,95	60	30
67	43,56	46,08	50,36	58,42	58,45	50,03	40,56	41,23	70,71
68	48,59	49,25	51,96	61,24	62,77	52,63	41,42	31,62	60,83
69	52,24	52,49	55,49	63,95	67,48	52,49	46,8	22,36	50,99
70	58,95	58,49	61,25	66,98	69,48	62,13	54,55	14,14	41,23
71	64,52	65,6	66,48	71,45	71,56	64,44	59,63	10	31,62
72	62,35	63,9	62,77	67,59	70,24	59,79	55,99	14,14	22,36
73	60,24	61,29	61,11	67,29	68,49	64,55	53,22	22,36	14,14
74	64,5	67,89	65,51	70,15	70,14	65,48	59,42	31,62	10
75	62,45	63,54	61,54	66,44	67,77	57,39	55,37	41,23	14,14
76	55,24	56,44	55,09	62,54	61,51	56,45	47,48	50,99	22,36
77	53,19	49,67	49,28	56,47	56,97	48,59	47,42	60,83	31,62
78	42,95	40,33	50,41	52,22	58,89	45,36	44,04	44,72	72,8
79	43,57	42,62	52,64	55,45	67,37	48,95	42,66	36,06	63,25
80	49,23	50,14	58,47	55,4	66,48	51,38	46,63	28,28	53,85
81	51,03	55,92	56,7	55,41	68,08	58,43	46,33	22,36	44,72

EK 4. (devam)

Nokta	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	60'a olan mesafe (m)	63'e olan mesafe (m)
82	55,74	58,61	59,79	59,83	69,55	54,72	46,19	20	36,06
83	52,46	53,45	60,81	56,12	68,67	55,85	57,19	22,36	28,28
84	54,48	58,62	57,93	55,49	67,89	58,26	46,41	28,28	22,36
85	57,2	59,91	58,57	59,31	66,41	53,04	48,34	36,06	20
86	49,37	53,48	56,44	58,48	65,48	53,8	56,23	44,72	22,36
87	52,62	54,5	55,49	55,48	57,41	48,65	46,31	53,85	28,28
88	51,81	50,62	47,85	54,48	54,15	46,33	44,79	63,25	36,06
89	45,49	41,31	51,79	48,19	51,29	46,29	43,42	50	76,16
90	44,35	44,85	49,81	54,21	55,37	52,29	46,44	42,43	67,08
91	45,42	46,95	52,61	52,87	58,71	54,73	45,29	36,06	58,31
92	49,1	51,47	54,98	53,14	57,49	53,45	45,69	31,62	50
93	49,28	51,8	56,51	57,72	59,03	55,73	48,48	30	42,43
94	48,49	51,56	55,41	53,92	61,88	55,19	48,62	31,62	36,06
95	50,98	53,7	53,64	52,27	57,62	54,24	46,95	36,06	31,62
96	49,59	52,55	55,37	56,33	58,99	52,44	45,61	42,43	30
97	47,73	51,24	54,41	53,26	60,42	53,96	47,31	50	31,62
98	49,38	50,34	52,95	48,56	56,89	53,08	43,08	58,31	36,06
99	49,56	50,2	47,58	49,09	51,88	44,79	45,47	67,08	42,43
100	43,08	42,37	49,94	44,37	52,44	45,81	40,84	56,57	80,62
101	42,56	45,52	45,36	46,75	51,29	49,87	41,48	50	72,11
102	42,33	44,3	50,63	48,88	53,49	50,74	40,09	44,72	64,03
103	47,45	44,72	52,24	48,59	56,57	48,97	41,05	41,23	56,57
104	47,77	47,9	48,56	52,17	56,44	49,48	43,01	40	50
105	47,95	48,59	53,49	50,11	59,87	52,41	46,95	41,23	44,72
106	49,9	47,55	51,52	51,29	58,45	52,18	45,86	44,72	41,23
107	49,32	48,14	48,52	53,14	54,88	49,02	45,25	50	40
108	44,88	47,59	49,48	48,93	58,59	47,38	43,94	56,57	41,23
109	48,62	44,59	49,64	44,52	51,622	46,52	45,58	64,03	44,72
110	46,35	42,58	47,58	47,08	49,63	45,21	45,45	72,11	50
111	41,75	40,78	48,75	40,79	45,72	43,71	38,45	64,03	86,02
112	42,35	44,88	44,56	46,9	46,5	45,8	41,12	58,31	78,1
113	40,36	43	48,56	45,21	49,41	48,37	41,01	53,85	70,71
114	43,11	44,2	51,7	43,24	51,29	49,28	42,72	50,99	64,03
115	43,5	45,99	45,96	53,4	47,96	49,85	40,94	50	58,31
116	46,23	46,95	49,28	49,77	50,69	50,71	45,21	50,99	53,85
117	46,96	45,39	48,25	46,74	55,63	50,48	46,45	53,85	50,99
118	44,96	46,58	47,52	53,69	47,59	48,58	42,54	58,31	50
119	45,3	44,88	47,58	47,58	48,57	47,5	43,62	64,03	50,99
120	43,6	43,95	49,67	47,25	47,54	46,87	42,19	70,71	53,85
121	46,58	42,36	46,52	44,59	44,25	44,79	43	78,1	58,31

EK 5. Coğrafi ve Grid Dönüşümlerini Yapmak için Gerekli Formülasyonlar :

Meridyen mesafesi hesabı seri açılım ile,

$$m = a \{A_0f - A_2\sin^2 f + A_4\sin^4 f - A_6\sin^6 f\}$$

$$A_0 = 1 - (e^2/4) - (3e^4/64) - (5e^6/256)$$

$$A_2 = (3/8)(e^2 + e^4/4 + 15e^6/128)$$

$$A_4 = (15/256)(e^4 + 3e^6/4)$$

$$A_6 = 35e^6/3072$$

Ayak noktası enlemi (f'):

$$n = (a-b)/(a+b) = f/(2-f)$$

$$G = a(1-n)(1-n^2)(1+(9/4)n^2+(225/64)n^4)(p/180)$$

$$s = (mp)/(180G)$$

$$f' = s + ((3n/2) - (27n^3/32))\sin 2s + ((21n^2/16) - (55n^4/32))\sin 4s + (151n^3/96)$$

$$\sin 6s + (1097n^4/512)\sin 8s$$

Eğrilik yarıçapı :

$$r = a(1-e^2) / (1-e^2\sin^2 f)^{3/2}$$

$$n = a / (1-e^2\sin^2 f)^{1/2}$$

$$y = n / r$$

Coğrafi koordinatlardan düzlem koordinatlarının hesabı :

$$t = \tan f$$

$$w = l - l_0$$

$$E' = (K_0 n w \cos f) \{1 + \text{Term1} + \text{Term2} + \text{Term3}\}$$

$$\text{Term1} = (w^2/6)\cos 2f(y-t^2)$$

$$\text{Term2} = (w^4/120)\cos 4f[4y^3(1-6t^2)+y^2(1+8t^2)-y^2t^2+t^4]$$

$$\text{Term3} = (w^6/5040)\cos 6f(61-479t^2+179t^4-t^6)$$

$$E = E' + 500\,000$$

$$N' = K_0 \{m + \text{Term1} + \text{Term2} + \text{Term3} + \text{Term4}\}$$

$$\text{Term1} = (w^2/2)n \sin f \cos f$$

$$\text{Term2} = (w^4/24)n \sin f \cos^3 f(4y^2+y-t^2)$$

$$\text{Term3} = (w^6/720)n \sin f \cos^5 f[8y^4(11-24t^2)-28y^3(1-6t^2)+y^2(1-32t^2)-y(2t^2)+t^4]$$

$$\text{Term4} = (w^8/40320)n \sin f \cos^7 f(1385-3111t^2+543t^4-t^6)$$

$$N = N' + 0$$

EK 5. (devam)

Meridyen yakınsama açısı :

$$g = \text{Term1} + \text{Term2} + \text{Term3} + \text{Term4}$$

$$\text{Term1} = -w \sin f$$

$$\text{Term2} = -(w^3/3) \sin f \cos^2 f (2 y^2 - y)$$

$$\text{Term3} = -(w^5/15) \sin f \cos^4 f [y^4(11-24t^2) - y^3(11-36t^2) + 2y^2(1-7t^2) + yt^2]$$

$$\text{Term4} = -(w^7/315) \sin f \cos^6 f (17-26t^2+2t^4)$$

Haritalama ölçeği :

$$k = K_0 + K_0 \text{Term1} + K_0 \text{Term2} + K_0 \text{Term3}$$

$$\text{Term1} = (\eta^2/2) \cos^2 \eta$$

$$\text{Term2} = (\eta^4/24) \cos^4 \eta [4\eta^3(1-6t^2) + \eta^2(1+24t^2) - 4\eta^2 t^2]$$

$$\text{Term3} = (\eta^6/720) \cos^6 \eta (61-148t^2+16t^4)$$

Düzlem koordinatlardan coğrafi koordinatların hesabı :

$$E' = E - 500\,000$$

$$x = E' / (K_0 n')$$

$$f = f' - \text{Term1} + \text{Term2} - \text{Term3} + \text{Term4}$$

$$\text{Term1} = (t' / (K_0 r')) (xE' / 2)$$

$$\text{Term2} = (t' / (K_0 r')) (E' x^3 / 24) [-4y'^2 + 9y' (1-t'^2) + 12t'^2]$$

$$\text{Term3} = (t' / (K_0 r')) (E' x^5 / 720) [8y'^4 (11-24t'^2) - 12y'^3 (21-71t'^2) + 15y'^2 (15-98t'^2 + 15t'^4) + 180y' (5t'^2 - 3t'^4) + 360t'^4]$$

$$\text{Term4} = (t' / (K_0 r')) (E' x^7 / 40320) (1385 + 3633t'^2 + 4095t'^4 + 1575t'^6)$$

$$w = \text{Term1} - \text{Term2} + \text{Term3} - \text{Term4}$$

$$\text{Term1} = x \sec f'$$

$$\text{Term2} = (x^3/6) \sec f' (y' + 2t'^2)$$

$$\text{Term3} = (x^5/120) \sec f' [-4y'^3 - 6t'^2] + y'^2 (9 - 68t'^2) + 72y't'^2 + 24t'^4]$$

$$\text{Term4} = (x^7/5040) \sec f' (61 + 662t'^2 + 1320t'^4 + 720t'^6)$$

$$l = l_0 + w$$

Meridyen yakınsama açısı :

$$x = E'/K_0'$$

$$t' = \tan \eta'$$

$$\eta' = \text{Term1} + \text{Term2} + \text{Term3} + \text{Term4}$$

EK 5. (devam)

$$\text{Term1} = -t' x$$

$$\text{Term2} = (t' x^3/3) (-2t'^2 + 3t' + t'^2)$$

$$\text{Term3} = (-t' x^5/15) [t'^4 (11 - 24t'^2) - 3t'^3 (8 - 23t'^2) + 5t'^2 (3 - 14t'^2) + 30t' + 3t'^4]$$

$$\text{Term4} = (t' x^7/315) (17 + 77t'^2 + 105t'^4 + 45t'^6)$$

Burada;

F : Enlem

l : Boylam

a : Elipsoidin büyük yarı eksen

b : Elipsoidin küçük yarı eksen

f : Elipsoidin basıklığı

e : Elipsoidin birinci dış merkezliliği

E : Sağa değer

N : Yukarı değer

g : Meridyen yakınsama açısı

k : Haritalama ölçeği

K0 : Küçültme faktörü

olarak verilmiştir.

EK 6. 48 nolu Panoya ait ölçüm sonuçları

Nokta	GPS Okumaları			L _{eq} , dBA	Rüzgar Hızı, m/s	Rüzgar Yönü, °	Sıcaklık, °C	Nem, %	Basınç, mb-hPa
	Y (m)	X (m)	Z (m)						
1	51480	90358	1085	42,15511	1,6	312	27,7	39	1027
2	51470	90386	1082	43,15242	1,2	300	28,1	38	1027
3	51502	90382	1082	40,35416	1	144	28,3	38	1027
4	51444	90396	1090	42,2421	0	216	28,5	38	1027
5	51486	90402	1080	42,54128	0	259	28	38	1027
6	51462	90406	1081	39,92716	1,2	97	27,6	37	1027
7	51522	90410	1082	48,15141	1,4	268	29,5	38	1027
8	51450	90418	1081	41,69653	1,4	320	28,6	37	1027
9	51422	90422	1092	42,31011	1,8	210	27,6	37	1027
10	51466	90424	1080	41,59635	0	217	28,2	37	1027
11	51506	90422	1081	42,15421	1	235	28,3	37	1027
12	51404	90428	1093	40,15298	0	264	28,1	36	1027
13	51402	90442	1093	40,78596	1,6	213	27,6	37	1027
14	51420	90440	1081	40,24251	1,6	259	27,6	36	1027
15	51422	90448	1081	41,22658	1,6	263	28	36	1027
16	51448	90450	1081	45,57541	1,8	265	28,3	36	1027
17	51486	90454	1080	44,7424	2	142	28,4	35	1027
18	51508	90440	1081	48,50192	1,8	156	28,2	34	1027
19	51516	90466	1080	59,24509	0	207	27,9	34	1027
20	51472	90466	1081	44,41251	1	307	27,5	34	1027
21	51570	90460	1080	67,50151	1,4	220	27,6	34	1027
22	51528	90482	1079	71,2548	1,4	97	28,6	34	1027
23	51430	90464	1081	41,2519	2,4	234	27,9	34	1027
24	51402	90458	1081	41,01525	1,6	247	29,5	34	1027
25	51422	90476	1081	41,59981	1	305	28,6	34	1027
26	51432	90482	1081	43,20021	2,4	289	28,4	32	1027
27	51410	90488	1081	45,25141	1,8	275	27,6	32	1027
28	51422	90502	1081	45,2412	1,6	256	27,1	32	1027
29	51452	90496	1081	48,52201	1,4	101	27	32	1027
30	51476	90498	1081	55,4412	0	154	28,5	32	1027
31	51502	90488	1080	63,19205	1,4	310	28,4	32	1027
32	51408	90526	1081	47,5963	1,6	261	29	31	1027
33	51440	90516	1081	46,0548	1,4	224	29,8	32	1027
34	51458	90512	1081	53,4247	2	259	30,1	31	1027
35	51400	90544	1080	53,52441	2,2	246	30,2	31	1027
36	51444	90538	1080	56,69524	2,4	275	29,6	31	1027
37	51474	90528	1081	77,21069	2,2	259	29,5	31	1027
38	51514	90526	1079	57,54052	1,8	111	28,6	31	1027
39	51510	90510	1080	71,26952	1,8	230	30,1	31	1027
40	51542	90496	1079	58,54155	0	321	30,5	31	1027
41	51556	90508	1078	48,59227	1	310	30,8	31	1027
42	51550	90528	1078	48,55207	0	217	30,3	31	1027
43	51578	90512	1080	44,52752	1,4	97	35,6	26	1026
44	51582	90534	1080	43,65958	1	245	34,8	27	1026
45	51594	90556	1077	39,56352	1,2	220	33,1	29	1026

EK 6. (devam)

Nokta	GPS Okumaları			L _{eq} , dBA	Rüzgar Hızı, m/s	Rüzgar Yönü, °	Sıcaklık, °C	Nem, %	Basınç, mb-hPa
	Y (m)	X (m)	Z (m)						
46	51600	90580	1054	41,26305	1,6	219	33,5	30	1026
47	51530	90542	1078	51,20642	1	304	32,4	30	1026
48	51488	90546	1080	57,51145	0	105	32,5	30	1026
49	51456	90554	1080	71,56052	1,4	154	29,7	31	1026
50	51466	90564	1079	74,5952	1,6	163	29,5	30	1025
51	51446	90588	1077	73,52145	1,6	179	28,9	31	1025
52	51422	90600	1076	70,26055	1,8	256	27,6	33	1025
53	51458	90600	1077	60,35621	2	248	28,6	33	1025
54	51560	90558	1079	41,52982	2,2	268	28,1	34	1025
55	51542	90560	1079	44,02452	2,4	234	27,1	35	1025
56	51544	90574	1074	45,69658	1,4	243	19,8	54	1024
57	51556	90592	1054	41,20659	0	263	20,3	53	1024
58	51514	90566	1074	48,55217	1	256	20,1	52	1024
59	51496	90560	1079	49,50521	1	246	20	53	1024
60	51496	90566	1075	50,36524	1,8	229	19,9	53	1024
61	51480	90568	1079	55,5285	2	263	20,8	52	1024
62	51492	90594	1076	51,52559	2,2	85	20,6	52	1024
63	51414	90596	1079	69,58521	2,4	95	19,9	51	1024
64	51610	90494	1078	45,52742	2,2	259	20,8	52	1024
65	51622	90536	1077	41,11526	2,4	75	20,8	52	1024
66	51648	90556	1075	42,23699	1,2	63	20,9	53	1024
67	51646	90590	1054	40,55881	1,6	76	21	52	1024
68	51634	90620	1054	42,22514	0	100	20,6	52	1024
69	51614	90656	1054	40,56359	1,6	59	20,8	52	1024
70	51602	90610	1054	39,99652	1,2	63	21,2	51	1024
71	51572	90640	1054	40,2659	2	96	21,5	51	1024
72	51518	90620	1055	40,28557	2,2	78	21	51	1024
73	51464	90624	1075	52,69584	2,6	105	20,6	50	1024
74	51548	90666	1053	41,26527	3	58	20,3	51	1024
75	51514	90654	1054	41,77528	1,6	24	20,3	50	1024
76	51476	90650	1055	41,95214	0	357	20,1	49	1024
77	51446	90642	1074	56,54002	1,6	10	20,1	50	1024
78	51418	90652	1074	74,02557	1,4	268	20,8	49	1024
79	51444	90664	1057	41,25481	2,2	241	20,8	49	1024
80	51428	90674	1073	53,21065	2	250	20,5	49	1024
81	51406	90698	1074	52,01491	1,8	296	20,4	48	1024
82	51422	90706	1074	50,44721	1,8	85	20,9	47	1024
83	51442	90692	1074	47,88952	1,6	101	22,5	48	1024
84	51508	90698	1054	41,26589	1,4	359	22,1	48	1024
85	51534	90708	1054	40,55274	1	89	22	47	1024
86	51456	90718	1073	45,2411	0	241	21,5	46	1024
87	51442	90732	1074	44,09981	1,6	70	21,4	47	1024
88	51430	90748	1074	43,4692	1,4	67	21,4	47	1024
89	51472	90744	1074	43,22515	2,2	56	21,1	48	1024
90	51492	90744	1057	42,00256	2,4	118	20,9	47	1024

EK 6. (devam)

Nokta	GPS Okumaları			L _{eq} , dBA	Rüzgar Hızı, m/s	Rüzgar Yönü, °	Sıcaklık, °C	Nem, %	Basınç, mb-hPa
	Y (m)	X (m)	Z (m)						
91	51484	90782	1051	42,25301	1,2	3	20,9	46	1024
92	51460	90764	1073	41,55279	1,2	49	20,7	46	1024
93	51408	90772	1075	43,6299	1	232	20,6	46	1024
94	51430	90782	1075	40,25199	1,2	142	20,4	46	1024
95	51412	90794	1075	40,9652	0	189	21,4	47	1024
96	51446	90798	1052	41,95241	0	169	20,6	46	1024
97	51404	90724	1074	47,89522	1	178	20,5	45	1025
98	51420	90762	1074	44,52158	0	183	20,6	46	1025
99	51400	90758	1074	42,522421	1,2	169	20,8	46	1025
100	51464	90812	1051	40,99522	1,4	176	21,3	45	1025
101	51416	90804	1074	41,6254	0	171	20,9	45	1024
102	51398	90810	1074	42,150501	1	294	20,7	47	1024
103	51412	90820	1073	42,01542	0	317	20,6	49	1024
104	51428	90826	1050	43,21452	0	128	25,5	34	1024
105	51442	90840	1050	44,1414	1,2	149	25,3	34	1024
106	51414	90870	1050	43,21521	1	12	26	34	1024
107	51382	90806	1074	42,66692	1,4	69	26,4	33	1024
108	51358	90800	1074	48,52192	1,2	70	26	33	1024
109	51332	90802	1073	49,85244	1	62	25,9	33	1024
110	51306	90798	1073	56,25481	1,6	345	26,4	32	1024
111	51280	90804	1072	55,24111	0	14	25,3	30	1024
112	51258	90806	1071	56,33994	0	357	25,8	31	1024
113	51240	90810	1070	57,2251	1,6	5	26,4	31	1024
114	51220	90812	1070	53,21054	1,6	230	27,4	31	1024
115	51200	90816	1069	49,31952	1,4	222	28,4	32	1024
116	51208	90832	1069	45,29252	2	219	27,1	32	1024
117	51228	90830	1069	46,11487	2,2	265	26,3	31	1024
118	51250	90824	1070	49,63251	2,4	249	26,2	31	1023
119	51276	90828	1070	50,36142	2,2	36	26,7	30	1023
120	51298	90830	1070	48,21004	1,8	25	27	30	1023
121	51310	90816	1071	50,21952	1,8	90	27,5	30	1023
122	51338	90816	1072	48,48521	1,4	109	27,4	30	1023
123	51372	90828	1073	43,05247	2,8	20	27,5	31	1023
124	51390	90822	1073	40,25411	2,4	76	28	30	1023
125	51388	90838	1074	41,22142	1,8	0	16	77	1025
126	51346	90834	1073	47,52011	0	349	16,5	76	1025
127	51316	90836	1073	46,90411	1	253	16,2	73	1025
128	51278	90846	1073	45,24022	0	246	16,4	72	1025
129	51236	90848	1071	44,14596	1,4	196	16,2	72	1025
130	51216	90850	1070	42,20154	1,6	219	16,1	71	1025
131	51226	90866	1070	41,98612	2,6	187	16,3	71	1025
132	51246	90862	1070	44,62091	2,2	96	16,7	70	1025
133	51280	90862	1070	42,65214	2,4	156	17	69	1025
134	51320	90856	1071	44,21521	1	140	17,2	70	1025
135	51354	90848	1072	43,25214	0	6	17,9	69	1025

EK 6. (devam)

Nokta	GPS Okumaları			L _{eq} , dBA	Rüzgar Hızı, m/s	Rüzgar Yönü, °	Sıcaklık, °C	Nem, %	Basınç, mb-hPa
	Y (m)	X (m)	Z (m)						
136	51378	90852	1073	42,2459	1,6	15	18,5	69	1025
137	51350	90860	1072	40,21409	1,6	68	17,9	68	1025
138	51362	90874	1073	41,2562	1,8	49	18	68	1025
139	51326	90872	1073	44,2152	1,4	357	18,1	67	1025
140	51314	90882	1071	40,2562	2	342	18,3	68	1025
141	51358	90888	1070	40,0052	2,2	293	18,1	66	1025
142	51348	90896	1071	41,2695	1,2	268	18,5	65	1025
143	51324	90890	1071	40,5252	1,2	256	18,4	64	1025
144	51294	90888	1071	39,45251	2,4	269	18,6	63	1025
145	51280	90896	1070	40,36001	2,6	258	18,2	64	1025
146	51264	90892	1070	39,21088	1	0	19,1	63	1025
147	51256	90878	1070	39,99521	0	68	19,5	62	1025
148	51236	90886	1070	40,01521	1	12	19,7	62	1025
149	51216	90882	1070	40,56952	0	24	19,5	60	1025
150	51228	90904	1069	41,2457	1,2	19	19,6	60	1025
151	51264	90906	1070	41,25441	1,8	21	19,6	61	1025
152	51312	90902	1071	39,52512	2	102	19,8	60	1025
153	51294	90914	1071	43,52421	1	93	20,1	59	1025
154	51278	90920	1071	41,2562	0	82	20,3	58	1025
155	51262	90926	1070	40,02565	2,2	349	20,1	58	1025
156	51294	90938	1070	41,25596	2,4	350	20,8	56	1025
157	51320	90930	1070	40,25625	3	357	20,6	55	1025
158	51348	90916	1070	39,99626	1	341	20,6	55	1025
159	51388	90920	1049	38,52691	1,2	336	20,3	55	1025
160	51360	90930	1049	40,22563	1,8	11	20	54	1025
161	51306	90958	1049	39,33525	0	29	18,9	54	1025
162	51382	90884	1050	41,25112	0	41	19,6	55	1025
163	51326	90920	1071	40,00125	1	85	20,4	54	1025
164	51204	90872	1084	40,14521	1,2	14	20,1	54	1025
165	51200	90850	1070	42,98117	0	2	20,4	54	1025
166	51190	90854	1085	42,01242	0	209	21,6	53	1025
167	51170	90840	1084	45,52411	1,6	349	20,5	52	1025
168	51184	90820	1070	48,06521	1,4	269	20,8	54	1025
169	51170	90812	1070	56,2852	2,2	96	19,6	54	1025
170	51148	90802	1086	41,21501	2,4	24	20,9	55	1025
171	51158	90794	1070	74,25124	1,2	105	19,8	54	1025
172	51198	90790	1070	75,6952	1,2	35	19,2	54	1025
173	51190	90776	1070	76,52124	1,8	259	19,7	54	1025
174	51172	90764	1070	84,54157	1,2	349	19,6	53	1025
175	51146	90768	1090	40,25142	2,4	271	20,6	54	1025
176	51106	90778	1087	41,25159	2	118	20,5	54	1025
177	51104	90758	1087	41,23623	1,2	110	19,1	54	1025
178	51164	90742	1089	41,20036	0	18	19,9	53	1025
179	51190	90722	1089	40,12553	1,6	330	20,1	54	1025
180	51162	90710	1089	40,02512	1,4	235	20,6	54	1025

EK 6. (devam)

Nokta	GPS Okumaları			L _{eq} , dBA	Rüzgar Hızı, m/s	Rüzgar Yönü, °	Sıcaklık, °C	Nem, %	Basınç, mb-hPa
	Y (m)	X (m)	Z (m)						
181	51190	90670	1089	41,09521	1,6	255	20,4	54	1025
182	51206	90642	1090	42,01528	2,4	290	20,8	54	1025
183	51212	90614	1090	42,77522	1	307	19,9	53	1025
184	51228	90596	1090	42,18754	2,4	222	19,7	53	1025
185	51256	90576	1090	41,13651	1	310	20,4	53	1025
186	51282	90542	1091	40,12518	1,8	198	20,1	53	1025
187	51314	90526	1092	42,1526	1,4	270	20	53	1025
188	51334	90492	1091	42,21156	1	132	19,7	53	1025
189	51334	90510	1092	42,15548	1,2	294	16,4	70	1025
190	51374	90474	1093	41,22514	0	314	16,8	69	1025
191	51168	90656	1090	41,26952	1,2	272	17	69	1025
192	51390	90474	1080	40,25412	1,8	222	17,4	65	1025
193	51382	90490	1080	42,95214	1	250	17,1	64	1025
194	51366	90510	1081	42,56577	0	264	18,2	64	1025
195	51376	90516	1080	44,09921	1	291	18,4	62	1025
196	51376	90530	1080	48,5521	1,2	95	17,9	62	1025
197	51356	90546	1080	48,5415	2,4	234	18	60	1025
198	51324	90566	1080	48,21147	1	254	18,8	61	1025
199	51348	90568	1080	53,50991	2,2	245	19,1	58	1025
200	51374	90568	1079	63,24225	1,2	72	34,2	30	1025
201	51392	90576	1079	74,65247	0	54	35,6	30	1026
202	51380	90598	1079	74,69021	1,6	71	35,7	30	1026
203	51346	90590	1079	55,69527	2	280	35,5	30	1026
204	51294	90592	1079	43,08521	1,8	216	36	31	1026
205	51260	90594	1079	41,20024	2	250	36,4	31	1026
206	51326	90606	1077	57,57298	1,8	301	37	31	1026
207	51356	90610	1077	74,59681	0	65	36,6	31	1026
208	51316	90620	1077	53,69571	1,4	10	37,4	31	1026
209	51248	90622	1078	46,90528	1,6	77	37,2	30	1026
210	51224	90630	1078	47,69055	2,2	55	37,9	30	1026
211	51236	90634	1078	48,92595	1,2	8	32	30	1026
212	51266	90632	1078	48,51211	1,8	299	31,9	30	1026
213	51286	90630	1078	53,695	1,4	351	32,3	30	1026
214	51224	90652	1078	52,39661	1,8	100	31,8	30	1026
215	51248	90642	1078	47,42587	1,4	65	31,4	30	1026
216	51276	90648	1077	50,99661	2,2	92	31,7	29	1026
217	51302	90650	1077	67,50898	2,4	160	32	29	1026
218	51326	90640	1077	71,6325	2	225	31,4	29	1026
219	51348	90634	1077	72,69581	2,4	250	31,2	29	1026
220	51372	90636	1077	56,36094	1,8	30	31	29	1026
221	51398	90634	1074	59,16149	1,6	220	30,8	29	1026
222	51380	90642	1077	58,15814	0	312	30,6	29	1026
223	51368	90656	1077	55,69451	1,4	355	30,4	29	1026
224	51380	90666	1074	64,05927	1,2	250	30,9	28	1026
225	51356	90668	1077	53,16548	1,4	120	31,2	28	1026

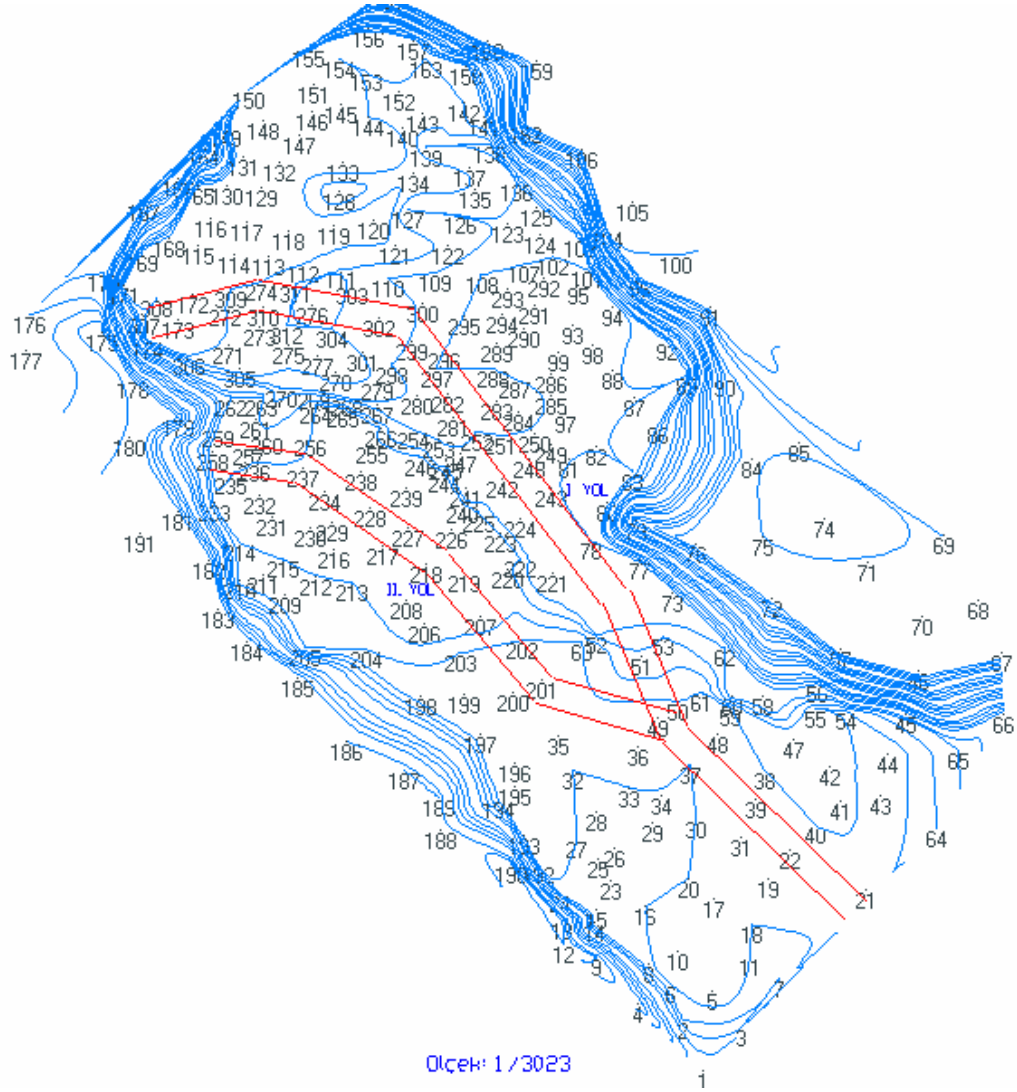
EK 6. (devam)

Nokta	GPS Okumaları			L _{eq} , dBA	Rüzgar Hızı, m/s	Rüzgar Yönü, °	Sıcaklık, °C	Nem, %	Basınç, mb-hPa
	Y (m)	X (m)	Z (m)						
226	51340	90658	1077	65,5482	2	221	29,4	37	1027
227	51316	90660	1077	74,15623	1,2	95	29,1	37	1027
228	51296	90672	1077	76,62109	2,8	15	28,9	37	1027
229	51274	90664	1077	62,3159	1,8	5	28,4	37	1027
230	51262	90660	1077	50,1859	1	132	29	37	1027
231	51242	90666	1077	54,19248	1,8	51	27,4	38	1027
232	51234	90678	1077	58,69521	1,6	62	27,6	38	1027
233	51210	90674	1077	63,95244	1,8	94	27,8	38	1027
234	51270	90680	1077	71,29651	1	244	28,1	38	1027
235	51218	90690	1077	75,21002	1,4	238	28,4	39	1027
236	51232	90696	1077	74,18524	2	255	27,8	39	1027
237	51258	90694	1077	72,65997	1,4	147	27,1	39	1027
238	51290	90692	1077	59,14299	0	14	28,4	45	1027
239	51316	90682	1077	56,05247	1,2	231	28,4	46	1027
240	51346	90674	1077	52,21957	1	254	28,2	46	1027
241	51348	90682	1074	57,12596	1,2	96	28,3	46	1027
242	51368	90688	1074	71,26502	1,8	220	28,1	46	1027
243	51396	90682	1074	74,51582	2,2	255	28,1	47	1027
244	51336	90690	1077	52,6326	1,4	162	27,8	47	1027
245	51338	90698	1074	56,2152	2,6	239	27,6	48	1027
246	51324	90700	1077	52,32052	1,2	24	28,1	48	1027
247	51346	90702	1074	54,59624	1,4	92	27,4	48	1027
248	51384	90698	1074	76,19585	1	331	27,2	48	1027
249	51396	90706	1074	55,64091	1,4	82	26,5	48	1027
250	51388	90712	1074	58,41925	0	104	27,1	48	1027
251	51368	90712	1074	75,15821	1,6	339	26,9	49	1027
252	51354	90714	1074	72,5692	2	254	26,7	49	1027
253	51334	90710	1074	55,49854	1,4	72	27,2	49	1027
254	51320	90714	1074	53,65452	2,2	44	27,5	49	1027
255	51296	90706	1077	51,26952	0	14	27,4	49	1027
256	51262	90710	1077	54,95267	2,4	120	27,1	50	1027
257	51228	90706	1076	68,54802	1	184	27	50	1027
258	51208	90702	1076	85,96524	1	302	26,9	50	1027
259	51212	90716	1076	83,52154	1,2	160	26,7	49	1026
260	51238	90712	1076	63,28021	1,2	94	26,2	49	1026
261	51232	90720	1076	58,48911	0	104	25,4	49	1026
262	51218	90732	1077	52,18909	1,2	100	26,4	49	1026
263	51236	90732	1077	51,65287	1,8	196	26	49	1026
264	51266	90728	1077	46,00949	1,6	255	26,2	48	1026
265	51280	90726	1077	48,99441	1,8	162	26,5	48	1026
266	51302	90716	1077	47,55495	1,4	230	26,7	48	1026
267	51300	90728	1073	49,63089	0	255	26,1	48	1026
268	51282	90732	1073	44,56291	2,4	220	25,9	48	1026
269	51264	90736	1073	45,60521	1,6	252	25,6	49	1026
270	51246	90738	1073	46,54821	1	314	25,5	49	1026

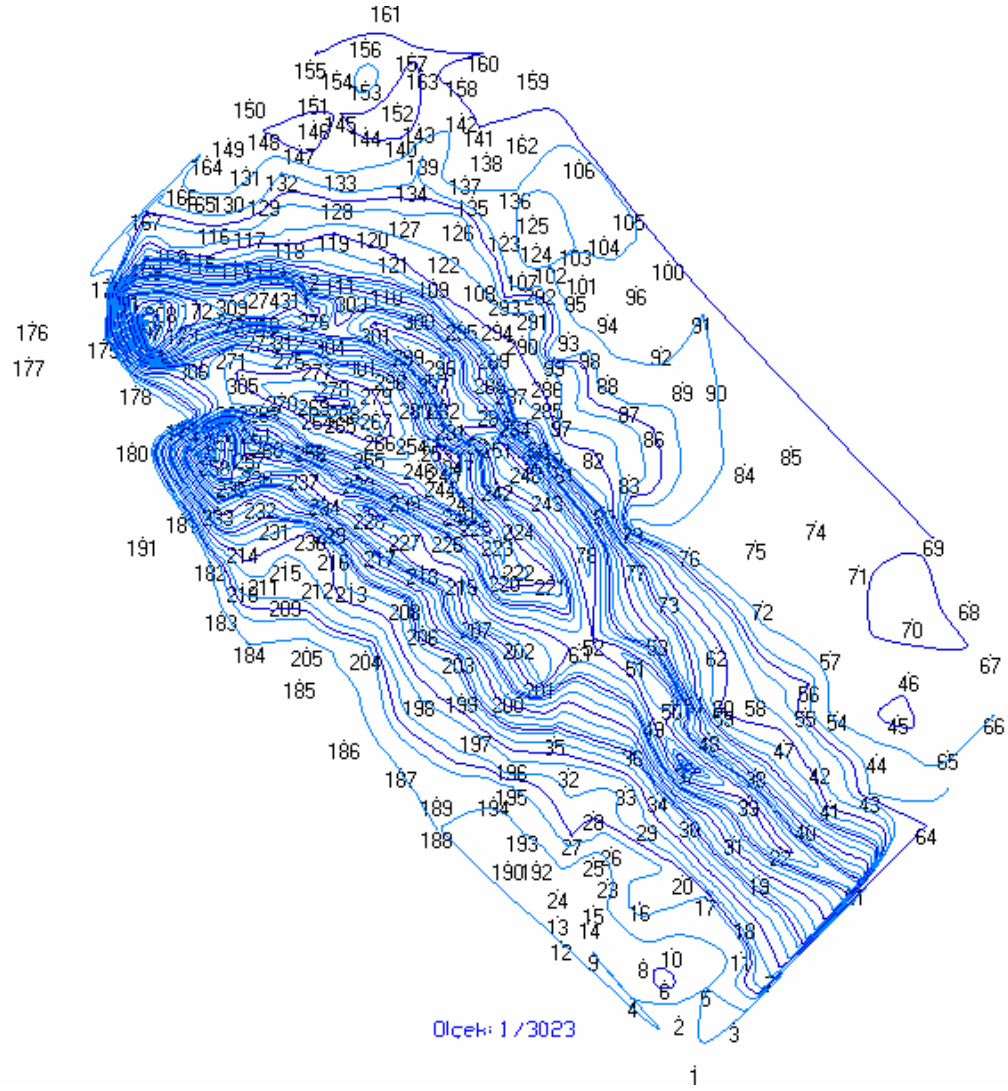
EK 6. (devam)

Nokta	GPS Okumaları			L _{eq} , dBA	Rüzgar Hızı, m/s	Rüzgar Yönü, °	Sıcaklık, °C	Nem, %	Basınç, mb-hPa
	Y (m)	X (m)	Z (m)						
271	51218	90762	1071	53,9551	1,4	322	25,2	49	1026
272	51216	90782	1071	74,48921	1,4	272	25,7	49	1026
273	51234	90772	1071	58,59185	2	264	26	49	1026
274	51236	90796	1071	74,95017	2	240	25	48	1026
275	51250	90762	1071	56,60852	1,8	162	27,1	40	1026
276	51264	90784	1071	72,265	1,6	195	27,6	39	1026
277	51266	90756	1071	51,1892	1,8	199	27,4	39	1026
278	51276	90746	1071	50,63085	0	354	27,3	39	1026
279	51300	90742	1072	51,03609	1,6	253	27,8	39	1026
280	51322	90734	1073	56,30294	1,2	302	28,1	38	1026
281	51342	90722	1073	69,02501	1,8	234	28,5	38	1026
282	51338	90734	1073	71,60255	1	253	28,4	38	1026
283	51366	90730	1073	64,62351	1,4	95	28,6	38	1026
284	51378	90724	1073	54,36907	1	301	28,7	38	1026
285	51396	90734	1074	50,09701	1,2	78	29,1	38	1026
286	51396	90746	1074	49,41201	1,6	62	29	37	1026
287	51376	90742	1074	52,62104	1,2	82	29,4	37	1026
288	51364	90748	1074	57,51014	1	74	29,5	37	1026
289	51366	90762	1074	52,65109	1,6	8	29,6	37	1026
290	51382	90770	1074	49,62518	2,2	45	29,6	36	1026
291	51388	90784	1074	48,06524	2,8	33	29,2	36	1026
292	51392	90798	1074	44,65201	0	14	29,8	36	1026
293	51372	90792	1074	45,69102	1,2	94	30,1	35	1026
294	51368	90778	1074	49,00159	1,4	193	30	35	1026
295	51348	90778	1074	51,6299	2,4	163	27,4	34	1026
296	51336	90758	1074	73,90413	1	132	27,9	34	1026
297	51332	90748	1074	73,62091	1,4	5	28,4	34	1026
298	51308	90750	1073	55,91807	2,2	301	28,2	33	1026
299	51318	90764	1073	74,10897	0	302	28,8	33	1026
300	51324	90784	1073	62,92195	2,8	18	29	33	1026
301	51292	90758	1072	57,15201	1,6	24	29,4	33	1026
301	51300	90776	1072	71,62091	1	296	29,6	33	1026
303	51286	90794	1072	62,9652	1,8	244	29,2	33	1026
304	51274	90770	1072	65,95219	1,4	82	29,9	33	1026
305	51224	90748	1071	49,42099	2,4	22	30	33	1026
306	51196	90756	1071	56,11782	1,4	252	30,4	32	1026
307	51170	90778	1071	89,59101	1	307	30,8	32	1026
308	51178	90788	1071	83,55142	0	104	31,1	32	1026
309	51218	90792	1071	71,69505	1,2	272	30,4	32	1026
310	51236	90782	1071	73,6521	1	238	30,2	32	1026
311	51254	90796	1072	73,62152	2	244	29,9	31	1026
312	51250	90772	1072	63,19501	1,8	122	30,5	31	1026

EK 7. 48 nolu Panonun coğrafik haritası



EK 8. Ölçümler sonucuna göre çizilen gürültü haritası



EK 9. Model yardımıyla bulunan eşdeğer gürültü seviyeleri

Nokta	X	Y	L _t	Nokta	X	Y	L _t
1	51480	90358	41,24159	157	51320	90930	41,24159
2	51470	90386	41,24159	158	51348	90916	41,24159
3	51502	90382	41,24159	159	51388	90920	41,24159
4	51444	90396	41,24159	160	51360	90930	41,24159
5	51486	90402	41,24159	161	51306	90958	41,24159
6	51462	90406	41,24159	162	51382	90884	41,24159
7	51522	90410	45,1461652	163	51326	90920	41,24159
8	51450	90418	41,24159	164	51204	90872	41,24159
9	51422	90422	41,24159	165	51200	90850	43,65689451
10	51466	90424	41,24159	166	51190	90854	41,24159
11	51506	90422	44,38112183	167	51170	90840	48,11359014
12	51404	90428	41,24159	168	51184	90820	50,56548389
13	51402	90442	41,24159	169	51170	90812	51,81150988
14	51420	90440	41,24159	170	51148	90802	41,24159
15	51422	90448	41,24159	171	51158	90794	69,20526047
16	51448	90450	42,3751321	172	51198	90790	73,19980981
17	51486	90454	45,36646479	173	51190	90776	74,22244205
18	51508	90440	45,76376001	174	51172	90764	82,33672904
19	51516	90466	55,05676722	175	51146	90768	41,24159
20	51472	90466	46,50297321	176	51106	90778	41,24159
21	51570	90460	65,72970547	177	51104	90758	41,24159
22	51528	90482	73,70955787	178	51164	90742	41,24159
23	51430	90464	41,24159	179	51190	90722	41,24159
24	51402	90458	41,24159	180	51162	90710	41,24159
25	51422	90476	42,93868423	181	51190	90670	41,24159
26	51432	90482	44,19831752	182	51206	90642	41,24159
27	51410	90488	42,45166645	183	51212	90614	41,24159
28	51422	90502	44,21659678	184	51228	90596	41,24159
29	51452	90496	47,58242129	185	51256	90576	41,24159
30	51476	90498	52,95419645	186	51282	90542	41,24159
31	51502	90488	60,19058569	187	51314	90526	41,24159
32	51408	90526	48,02667745	188	51334	90492	41,24159
33	51440	90516	47,93978606	189	51334	90510	41,24159
34	51458	90512	50,97855865	190	51374	90474	41,24159
35	51400	90544	52,6798042	191	51168	90656	41,24159
36	51444	90538	57,68258881	192	51390	90474	41,24159
37	51474	90528	73,18852277	193	51382	90490	41,24159
38	51514	90526	55,77502314	194	51366	90510	43,62212511
39	51510	90510	72,85695497	195	51376	90516	45,17764992
40	51542	90496	56,74232766	196	51376	90530	47,01287947
41	51556	90508	49,40352382	197	51356	90546	45,91124315
42	51550	90528	46,84106294	198	51324	90566	44,86786818
43	51578	90512	45,4795796	199	51348	90568	48,08072308
44	51582	90534	42,70741597	200	51374	90568	59,5705775
45	51594	90556	41,24159	201	51392	90576	70,81901787
46	51600	90580	41,24159	202	51380	90598	71,1979525
47	51530	90542	47,62251363	203	51346	90590	53,18080851
48	51488	90546	58,09084502	204	51294	90592	43,28741215
49	51456	90554	72,71485449	205	51260	90594	41,24159
50	51466	90564	72,572754	206	51326	90606	53,45880174
51	51446	90588	71,11566938	207	51356	90610	70,81901787
52	51422	90600	72,20510642	208	51316	90620	52,47709822

EK 9. (devam)

Nokta	X	Y	L_t	Nokta	X	Y	L_t
53	51458	90600	58,87423926	209	51248	90622	44,29178799
54	51560	90558	42,82221302	210	51224	90630	44,10922552
55	51542	90560	43,00692928	211	51236	90634	45,31461531
56	51544	90574	42,52638706	212	51266	90632	46,95845606
57	51556	90592	41,24159	213	51286	90630	49,66273515
58	51514	90566	46,23704467	214	51224	90652	49,24579658
59	51496	90560	50,03831624	215	51248	90642	46,54568139
60	51496	90566	48,09501373	216	51276	90648	51,09969352
61	51480	90568	53,72430917	217	51302	90650	68,92576528
62	51492	90594	47,03347792	218	51326	90640	69,87168131
63	51414	90596	72,63140787	219	51348	90634	70,25061594
64	51610	90494	43,55545369	220	51372	90636	55,15412633
65	51622	90536	41,24159	221	51398	90634	55,41556747
66	51648	90556	41,24159	222	51380	90642	52,5038553
67	51646	90590	41,24159	223	51368	90656	53,56360858
68	51634	90620	41,24159	224	51380	90666	59,27381885
69	51614	90656	41,24159	225	51356	90668	51,55143345
70	51602	90610	41,24159	226	51340	90658	54,42510197
71	51572	90640	41,24159	227	51316	90660	70,81901787
72	51518	90620	41,24159	228	51296	90672	72,80842465
73	51464	90624	50,68796129	229	51274	90664	60,40833452
74	51548	90666	41,24159	230	51262	90660	51,77220404
75	51514	90654	41,24159	231	51242	90666	52,53527951
76	51476	90650	41,24159	232	51234	90678	56,88907195
77	51446	90642	54,97933359	233	51210	90674	59,63588435
78	51418	90652	72,63140787	234	51270	90680	70,58218373
79	51444	90664	41,24159	235	51218	90690	77,4764485
80	51428	90674	50,4821883	236	51232	90696	70,34534959
81	51406	90698	52,27328002	237	51258	90694	69,82431449
82	51422	90706	47,36027423	238	51290	90692	56,12338103
83	51442	90692	45,95416603	239	51316	90682	52,12803398
84	51508	90698	41,24159	240	51346	90674	51,66415821
85	51534	90708	41,24159	241	51348	90682	52,04318891
86	51456	90718	42,46536369	242	51368	90688	69,0803204
87	51442	90732	42,94370764	243	51396	90682	72,11037277
88	51430	90748	42,94349848	244	51336	90690	49,97609128
89	51472	90744	41,24159	245	51338	90698	51,31115306
90	51492	90744	41,24159	246	51324	90700	51,16403156
91	51484	90782	41,24159	247	51346	90702	55,63400805
92	51460	90764	41,24159	248	51384	90698	73,34191029
93	51408	90772	42,49388778	249	51396	90706	53,33682465
94	51430	90782	41,24159	250	51388	90712	55,27523538
95	51412	90794	41,24159	251	51368	90712	73,76821175
96	51446	90798	41,24159	252	51354	90714	72,15773959
97	51404	90724	46,96703765	253	51334	90710	53,51226601
98	51420	90762	42,71243576	254	51320	90714	51,75512967
99	51400	90758	43,92325901	255	51296	90706	50,1215706
100	51464	90812	41,24159	256	51262	90710	55,22867389
101	51416	90804	41,24159	257	51228	90706	69,87168131
102	51398	90810	41,24159	258	51208	90702	87,78031201
103	51412	90820	41,24159	259	51212	90716	80,37390988
104	51428	90826	41,24159	260	51238	90712	58,30692792

EK 9. (devam)

Nokta	X	Y	L _t	Nokta	X	Y	L _t
105	51442	90840	41,24159	261	51232	90720	55,48228352
106	51414	90870	41,24159	262	51218	90732	52,49807666
107	51382	90806	43,36221248	263	51236	90732	50,51399672
108	51358	90800	46,48421996	264	51266	90728	47,84402841
109	51332	90802	50,4955314	265	51280	90726	46,18985334
110	51306	90798	54,91239416	266	51302	90716	46,20902601
111	51280	90804	53,74477613	267	51300	90728	47,95427111
112	51258	90806	54,24951951	268	51282	90732	45,45737265
113	51240	90810	55,48973136	269	51264	90736	46,38913534
114	51220	90812	52,22388405	270	51246	90738	46,75004842
115	51200	90816	50,0506838	271	51218	90762	54,64620443
116	51208	90832	46,97196274	272	51216	90782	72,63140787
117	51228	90830	47,83744804	273	51234	90772	57,08276017
118	51250	90824	47,84296522	274	51236	90796	72,15773959
119	51276	90828	47,81388784	275	51250	90762	51,66351019
120	51298	90830	46,91243223	276	51264	90784	71,494604
121	51310	90816	47,81126862	277	51266	90756	50,45980158
122	51338	90816	46,02731976	278	51276	90746	49,39438412
123	51372	90828	44,44168995	279	51300	90742	49,68419075
124	51390	90822	41,24159	280	51322	90734	55,54666806
125	51388	90838	41,24159	281	51342	90722	66,91586308
126	51346	90834	43,73144549	282	51338	90734	72,39457373
127	51316	90836	44,0428149	283	51366	90730	62,82849887
128	51278	90846	43,96628245	284	51378	90724	55,56337909
129	51236	90848	43,65028749	285	51396	90734	48,37087853
130	51216	90850	43,40244063	286	51396	90746	47,0005693
131	51226	90866	40,02953497	287	51376	90742	50,81338907
132	51246	90862	42,85904673	288	51364	90748	54,01757346
133	51280	90862	41,24159	289	51366	90762	51,32736633
134	51320	90856	41,24159	290	51382	90770	47,12570635
135	51354	90848	41,24159	291	51388	90784	46,20912947
136	51378	90852	41,24159	292	51392	90798	42,6366626
137	51350	90860	41,24159	293	51372	90792	45,10689827
138	51362	90874	41,24159	294	51368	90778	46,01933752
139	51326	90872	41,24159	295	51348	90778	50,06041018
140	51314	90882	41,24159	296	51336	90758	72,15773959
141	51358	90888	41,24159	297	51332	90748	73,95767906
142	51348	90896	41,24159	298	51308	90750	55,77712687
143	51324	90890	41,24159	299	51318	90764	72,63140787
144	51294	90888	41,24159	300	51324	90784	63,53802729
145	51280	90896	41,24159	301	51292	90758	55,8713585
146	51264	90892	41,24159	302	51300	90776	72,86824201
147	51256	90878	41,24159	303	51286	90794	59,26332702
148	51236	90886	41,24159	304	51274	90770	66,15200187
149	51216	90882	41,24159	305	51224	90748	48,60476558
150	51228	90904	41,24159	306	51196	90756	54,52227309
151	51264	90906	41,24159	307	51170	90778	88,01866615
152	51312	90902	41,24159	308	51178	90788	81,37511149
153	51294	90914	41,24159	309	51218	90792	72,63140787
154	51278	90920	41,24159	310	51236	90782	72,39457373
155	51262	90926	41,24159	311	51254	90796	72,15773959
156	51294	90938	41,24159	312	51250	90772	61,89640273

EK 10. Modele göre çizilen gürültü haritası

