

TC
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ENDÜSTRİYEL SEKTÖRLERDEKİ KAPALI ÇALIŞMA ORTAMLARI İÇİN GÜRÜLTÜ HARİTALARININ HAZIRLANMASI, ANALİZİ VE GÜRÜLTÜ KONTROL ÖNERİLERİ

Serkan GÜRSOY

İş Güvenliği Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

TC
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ENDÜSTRİYEL SEKTÖRLERDEKİ KAPALI ÇALIŞMA ORTAMLARI İÇİN GÜRÜLTÜ HARİTALARININ HAZIRLANMASI, ANALİZİ VE GÜRÜLTÜ KONTROL ÖNERİLERİ

Serkan GÜRSOY
İş Güvenliği Anabilim Dalı
Tezin Sunulduğu Tarih: **17/01/2020**

Tez Danışmanı:
Doç. Dr. Ali Riza MOTORCU

ÇANAKKALE

Serkan GÜRSOY tarafından Doç. Dr. Ali Riza MOTORCU yönetiminde hazırlanan ve **17/01/2020** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Farklı Endüstriyel Sektörlerdeki Kapalı Çalışma Ortamları İçin Gürültü Haritalarının Hazırlanması, Analizi Ve Gürültü Kontrol Önerileri**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İş Güvenliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Rıdvan ARSLAN ……
Başkan

Doç. Dr. Ali Riza MOTORCU ……
Üye

Doç. Dr. Mustafa ÇINAR …….
Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No: ……

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Serkan GÜRSOY

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen ve sürekli motive eden saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Ali Riza MOTORCU ’ya çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen geniş ailemin her bir ferdine, dualarını hiçbir zaman eksik etmeyen anne ve babama, özellikle eşim Dr. Öğretim Üyesi Melike YALÇIN GÜRSOY’a ve biricik kızım Elif GÜRSOY’a destekleri ve anlayışları için teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Ayrıca çalışmalarım sırasında teknik desteklerini esirgemeyen Sayın Mehmet ÇİÇEK’e, değerli dostum Numan ÇAKIR’a ve Elinsan LTD. ŞTİ. ailesine teşekkürlerimi sunarım.

Serkan GÜRSOY

Çanakkale, Ocak 2020

SİMGELER VE KISALTMALAR

2B	İki boyutlu
%	Yüzde oranı
λ	Dalga boyu, m
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AÇSHB	Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı
BDÇ	Bilgisayar Destekli Çizim
c	Dalga yayılma hızı, m/sn
dB	Desibel
dB(A)	A ağırlıklı ses filtresi
dB(B)	B ağırlıklı ses filtresi
dB(C)	C ağırlıklı ses filtresi
dB(D)	D ağırlıklı ses filtresi
f	Frekans, Hz
f_0	Merkez frekansı, Hz
f_1	Alt sınır frekansı, Hz
f_2	Üst sınıf frekansı, Hz
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
GIS	Coğrafi Bilgi Sistemi
h	Saat
Hz	Hertz
ISO	Uluslararası Standartlar Örgütü
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
İSGÜM	İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı
kHz	Kilohertz
kW	Kilowatt
KKD	Kişisel Koruyucu Donanım
L_{Aeq}	A-Ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi
L_{Cpeak}	C-Ağırlıklı tepe ses basınç düzeyi
$L_{EX,8saat}$	Günlük gürültü maruziyet düzeyi

m	Metre
MÜSİAD	Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği
NIOSH	Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü
OSHA	İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi
P_0	Referans değer (20 μPa)
Pa	Paskal
SGK	Sosyal Güvenlik Kurumu
sn	Saniye
T	periyot zaman, sn
T_0	Referans süre (8 saat)
T_e	Çalışma günü içerisindeki etkin olunan (çalışılan) süre, Saat
TS	Türk Standardı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TÜRKAK	Türk Akreditasyon Kurumu
W	Ses gücü, Watt
W_0	Referans ses gücü, pikowatt

ÖZET

FARKLI ENDÜSTRİYEL SEKTÖRLERDEKİ KAPALI ÇALIŞMA ORTAMLARI İÇİN GÜRÜLTÜ HARİTALARININ HAZIRLANMASI, ANALİZİ VE GÜRÜLTÜ KONTROL ÖNERİLERİ

Serkan GÜRSOY
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İş Güvenliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman : Doç. Dr. Ali Riza MOTORCU
17/01/2020, 109

Teknolojinin hızla ilerlemesi ile birlikte farklı sektörlerde artan makine kullanımı sonucu makinelerin çalışması ve kullanımı esnasında ortaya çıkan endüstriyel gürültü aynı ortamda çalışan işçi ve operatörler için önemli bir fiziksel risk etmeni olmaktadır. Endüstriyel gürültüden korunmak için genellikle pratik ve ekonomik görünen kişisel koruyucu donanımlar (KKD) kullanılmaktadır. KKD'ler çalışanları endüstriyel gürültünün etkilerinden koruyabilmekte, ancak gürültünün kaynağında yok edilmesine ya da azaltılmasına katkı sağlayamamaktadır. Bu bağlamda, atölye ve imalat ortamları kurulurken ya da revize edilirken kullanılacak gürültü haritaları ile İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) açısından riskli bölgeler çok daha kolay tespit edilecek ve gerekli parametrelerinin analizi sonucu gürültünün çalışanlar için etkisiz hale getirilmesi sağlanarak proaktif bir yaklaşım sergilenmiş olunacaktır.

Bu çalışmada, pres, tekstil, makina ve mobilya imalat olmak üzere farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin gürültü maruziyetinin yüksek olduğu atölyelerinde endüstriyel gürültü ölçümleri yapılmış ve gürültü haritaları hazırlanmıştır. Gürültü haritalarının değerlendirilmesinden sonra gürültünün önlenmesine yönelik öneriler sunulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda en yüksek kapalı ortam L_{Aeq} değerleri tekstil ve presle imalat atölyelerinde, en yüksek kapalı ortam L_{Cpeak} değerleri ise makina imalat ve presle imalat atölyelerinde ölçülmüştür. Kapalı ortam ölçümlerine katkı sağlaması açısından dozimetreler ile çalışanlar üzerinden alınan kişisel maruziyet $L_{EX,8saat}$ değerleri tekstil ve presle imalat sektörlerinde diğer iki sektöre kıyasla daha yüksek çıkmıştır.

Dozimetreler ile yapılan L_{CPeak} ölçümlerinde ise tekstil sektöründe en yüksek değerler elde edilmiştir. Maruziyet eylem ve sınır değerlerine göre renklendirilerek oluşturulan gürültü haritaları sayesinde atölyelerde İSG açısından fiziksel bir risk etmeni olan endüstriyel gürültünün oluştuğu riskli bölgeler ayrıntılı bir şekilde tespit edilmiş ve en uygun önleme yöntemleri belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Gürültü, Gürültü Ölçümü, Gürültü Haritalama, Gürültü Kontrol Yöntemleri, İş Sağlığı ve Güvenliği

ABSTRACT

PREPARATION OF NOISE MAPS FOR CLOSED WORK ENVIRONMENTS IN DIFFERENT INDUSTRIAL SECTORS, THEIR ANALYSIS AND NOISE CONTROL PROPOSALS

Serkan GÜRSOY

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Occupational Safety

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ali Riza MOTORCU

01/17/2020, 109

With the rapid advancement of technology, the industrial noise generated during the operation and use of machinery as a result of the increased use of machinery in different sectors is an important physical risk factor for workers and operators working in the same environment. Personal protective equipment (PPE), which appears practical and economical, is generally used to protect against industrial noise. PPE can protect workers from the effects of industrial noise but cannot contribute to the elimination or reduction of noise at its source. In this context, with the noise maps to be used during the establishment or revision of the workshop and manufacturing environments, the risky areas in terms of Occupational Health and Safety (OHS) will be identified much more easily and as a result of the analysis of the necessary parameters, a proactive approach will be exhibited by neutralizing the noise for the employees.

In this study, industrial noise measurements and noise maps were prepared in workshops where presses, textiles, machinery and furniture manufacturing activities are high in the sectors with high noise exposure. After the evaluation of noise maps, suggestions for noise prevention were presented. As a result of the study, the highest indoor L_{Aeq} values were measured in textile and press manufacturing workshops and the highest indoor L_{Cpeak} values were measured in machine manufacturing and press manufacturing workshops. In order to contribute to indoor measurements, $LE_{X,\ 8h}$ values were higher in textile and press manufacturing sectors compared to two other sectors. In L_{Cpeak} measurements with dosimeters, the highest values were obtained in textile sector. In

order to prevent industrial noise which is a physical risk factor in terms of OHS, risk zones in the workshops have been determined in detail, more effective evaluations have been made and the most appropriate measures have been provided by means of noise maps colored by exposure action and limit values.

Keywords: Noise, Noise Measurement, Noise Mapping, Noise Control Methods, Occupational Health and Safety

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU…….. ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI..... iii
TEŞEKKÜR.....iv
SİMGELER VE KISALTMALAR v
ÖZET vii
ŞEKİLLER DİZİNİ xiv
TABLOLAR DİZİNİ.....xvi
BÖLÜM 1
GİRİŞ.....1
1.1. Ses, Gürültü Tanımı ve Fiziksel Yapısı 1
1.2. Ses Hızı, Ses Şiddeti, Ses Basıncı.....3
1.3. Frekans Aralığı ve Oktav Bantları 3
1.4. Ses Yüksekliği ve Gürültü Ölçütü 5
1.5. Ses Düzeyi Ağırlıkları.....6
1.6. Bir Kaynaktan Yayılan Sesin Gücü, Şiddeti ve Basıncı 7
1.7. Ses Gücü ve Ses Basıncının Desibel İlişkisi.....8
1.8. Desibel İfadelerde Toplama ve Çıkarma İşlemi 9
1.9. Gürültü Ölçümü ve Kullanılan Cihazlar 10
1.10. Ölçülen Ses Gürültü Büyüklükleri.....11
1.10.1. A-Ağırlıklı Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Düzeyi (L_{Aeq}).....12
1.10.2. C-Ağırlıklı Tepe Ses Basınç Düzeyi (L_{Cpeak}).....13
1.10.3. Çalışma Gününe (8 Saat) Normalize Edilmiş A- Ağırlıklı Gürültü Maruziyet Düzeyi ($L_{EX,8saat}$) 13
1.11. Gürültü Türleri 14
1.11.1. Frekans Dağılımına Göre Gürültü Türleri.....14
1.11.2. Ses Yüksekliği Düzeyi ve Zamansal Değişime Göre Gürültü Türleri.....14
1.12. Gürültünün Olumsuz Etkileri.....15
1.13. Gürültü Kontrolü ve Korunma Yöntemleri.....16
1.13.1. Gürültünün Kaynağında Yok Edilmesi.....16
1.13.2. Gürültünün Kaynak ile Alıcı Arasındaki Yolda Yok Edilmesi 17
1.13.3. Gürültünün Alıcıda Kontrol Edilmesi.....21
1.14. Endüstride Gürültü Değerlendirmesine İlişkin Standartlar ve Yönetmelikler.....22

1.15. Gürültü Haritalama ve Gürültü Haritaları 23
1.16. Endüstriyel Gürültü Maruziyeti ve Sektörel Farklılıklar 26
1.16.1. Tekstil ve Hazır Giyim Üretim Sektörü 26
1.16.2. Mobilya Üretim Sektörü 27
1.16.3. Makine Metal ve Pres Üretim Sektörleri 27
BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 29
2.1. Endüstriyel Gürültü Maruziyetinin Ölçümü ve Değerlendirilmesine İlişkin Yurtiçi ve Yurtdışı Çalışmalar 29
2.2. Gürültü Haritalamasına İlişkin Yurtiçi ve Yurtdışı Çalışmalar 38
2.3. Endüstriyel Gürültü Maruziyetinin Ölçümü ve Gürültü Haritalamasına İlişkin Yurtiçi ve Yurt Dışı Çalışmaların Genel Değerlendirilmesi 47
BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM 48
3.1. Ölçüm Yapılan İşletme ve Atölyelerin Tanıtımı 48
3.1.1. Tekstil İmalat Atölyesi (F1) 48
3.1.2. Presle İmalat Atölyesi (F2) 51
3.1.3. Makine İmalat Atölyesi (F3) 54
3.1.4. Mobilya İmalat Atölyesi (F4) 56
3.2. Gürültü Ölçümleri, Kullanılan Cihazlar ve Kalibrasyon 59
3.3. Gürültü Ölçüm Yöntemi ve İmalat Atölyeleri İçin Gürültü Haritalarının Oluşturulması 61
BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 63
4.1. Tekstil İmalat Atölyesi (F1) İçin Gürültü Ölçümleri ve Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi 63
4.1.1. Tekstil İmalat Atölyesi (F1) İçin Gürültü Ölçümü Sonuçlarının Değerlendirilemesi 64
4.1.2. Tekstil İmalat Atölyesi (F1) İçin Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi 65
4.1.3. Tekstil İmalat Atölyesi (F1) İçin Gürültü Önleme Önerileri 70
4.2. Presle İmalat Atölyesi (F2) İçin GürültüÖlçümleri ve Haritalarının Değerlendirilmesi 72
4.2.1. Presle İmalat Atölyesi (F2) İçin Gürültü Ölçümü Sonuçlarının Değerlendirilmesi……..……...72
4.2.2. Presle İmalat Atölyesi (F2) İçin Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi 73
4.2.3. Presle İmalat Atölyesi (F2) İçin Gürültü Önleme Önerileri 80

4.3. Makine İmalat Atölyesi (F3) İçin Gürültü Ölçümleri ve Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi 81
4.3.1. Makine İmalat Atölyesi (F3) İçin Gürültü Ölçümü Sonuçlarının Değerlendirilmesi 81
4.3.2. Makine İmalat Atölyesi (F3) İçin Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi 82
4.3.3. Makine İmalat Atölyesi (F3) İçin Gürültü Önleme Önerileri 87
4.4. Mobilya İmalat Atölyesi (F4) İçin Gürültü Ölçümleri ve Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi 89
4.4.1. Mobilya İmalat Atölyesi (F4) İçin Gürültü Ölçümü Sonuçlarının Değerlendirilmesi 89
4.4.2. Mobilya İmalat Atölyesi (F4) İçin Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi 90
4.4.3. Mobilya İmalat Atölyesi (F4) İçin Gürültü Önleme Önerileri 96
4.5. Farklı İmalat Atölyeleri İçin L_{Aeq}, L_{Cpeak} ve $L_{EX,8saat}$ Gürültü Ölçümlerinin Kıyaslanması 98
BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER 100
KAYNAKLAR 103
ÖZGEÇMİŞ I

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Kornadan çıkan ses dalgalarının görüntülenmesi (Sabancı ve Sümer, 2011) 1
Şekil 2. Kulağın genel anatomik ve fizyolojik yapısı (Özdek, b.t) 2
Şekil 3. Sesin frekans, periyot, genlik tanımları (Özer, 1979) 2
Şekil 4. Oktav bantları (Sabancı ve Sümer, 2011) 4
Şekil 5. Arı seslere ait yükseklik eğrileri (OSHA Noise, b.t.) 5
Şekil 6. İşitme sınırları (Sabancı ve Sümer, 2011; Babalık, 2014) 6
Şekil 7. A, B, C ve D ağırlıklı ses düzey tepki eğrileri (Sabancı ve Sümer, 2011) 7
Şekil 8. Ses gücü ve güç düzeyleri arasındaki ilişki (Kurra, 2009a) 8
Şekil 9. Ses basıncı ve basınç düzeyleri arasındaki ilişki (Kurra, 2009a) 9
Şekil 10. Düzeylerle toplama ve çıkarma işlemlerinde kullanılan grafikler (Çalışkan, 2004b) 10
Şekil 11. Ses basınç ölçerler kalibratör ve tripot aksesuarları (Sabancı ve Sümer, 2011) 11
Şekil 12. Gürültü dozimetreleri 11
Şekil 13. Zamanla değişen ses düzeyinin, eş değer ses düzeyi (L_{Aeq}) gösterimi (Özgüven, 2008) 12
Şekil 14. Zamansal değişime bağlı gürültü türleri (Sabancı ve Sümer, 2011) 15
Şekil 15. Ses dalgalarının serbest alanda dağılımı (Çalışkan, 2004c) 18
Şekil 16. Kısmi hücre/kabin uygulaması (Sabancı ve Sümer, 2011) 19
Şekil 17. Gürültünün çalışma ortamında yayılması ve gürültü kontrol yönteminin uygulanması (Sabancı ve Sümer, 2011) (a) Gürültünün çalışma ortamında yayılması, (b) Gürültü kontrol yönteminin uygulanması 20
Şekil 18. Bir atölyede tezgâhların üç koridor şeklinde yerleşimi (Sabancı ve Sümer, 2011) (a) Gürültü kontrolü açısından uygun olmayan yerleşim, (b) Gürültü kontrolü açısından uygun yerleşim 21
Şekil 19. Bazı kulak tıkaçları (a) Standart tıkaç, (b) İki flanşlı tıkaç, (c) Üç flanşlı tıkaç, (d) Filtreli tıkaç 22
Şekil 20. Manşonlu kulaklıklar (a) Standart manşonlu kulaklık (b) Baretli manşonlu kulaklık (c) Aktif ve telsiz özellikli manşonlu kulaklık 22
Şekil 21. 2006/42/EC sayılı Makine Emniyet Yönetmeliği Direktiflerine uygun ve uygun olmayan makinalar (Brereton ve Patel, 2016). (a)Akustik olarak kapalı olan ve operatör maruziyeti 76 dB, (b)Akustik olarak açık olan makara, operatör maruziyeti 86 dB 34
Şekil 22. Çalışılan metal fabrikalarında ortalama gürültü seviyeleri (Noweir ve ark., 2014) 35
Şekil 23. Çalışılan ahşap fabrika ve atölyelerinde ortalama gürültü seviyeleri (Noweir ve ark., 2014) 35
Şekil 24. Farklı kuruluşlar için ortalama gürültü düzeyleri (Noweir ve ark., 2012) 36
Şekil 25. Mısır'daki seçilmiş endüstriyel gürültü bölgeleri için ölçülen endüstriyel gürültü seviyeleri (Sayed, 2011) 37
Şekil 26. Kaplama tesislerinde deneysel gürültü haritası (Jayawardana ve ark., 2014) 40
Şekil 27. Montaj alanı için oluşturulan gürültü haritaları (Indrianti ve ark., 2016). (a) İlk gürültü haritası, (b)Bariyer inşaatından sonra gürültü haritası 43
Şekil 28. Gürültü koruma sistemi (Radičević ve ark., 2012) (a) Bariyer ve bariyerin temel yapısı, (b) Seçilen panel ve koruma seviyesi 44
Şekil 29. Gürültü ölçümlerinin yapıldığı tekstil fabrikası dokuma atölyesinin genel görünümü 49
Şekil 30. Tekstil imalat atölyesi (F1) yerleşim planı 50

Şekil 31. Gürültü ölçümlerinin yapıldığı presle imalat atölyesinin genel görünümü 51
Şekil 32. Presle imalat atölyesi (F2) yerleşim planı 53
Şekil 33. Gürültü ölçümlerinin yapıldığı makine imalat atölyesinin genel görünümü 54
Şekil 34. Gürültü ölçümlerinin yapıldığı makine imalat atölyesi üretim faaliyetleri 55
Şekil 35. Makine imalat atölyesi (F3) yerleşim planı 56
Şekil 36. Gürültü ölçümlerinin yapıldığı mobilya imalat atölyesinin genel görünümü 57
Şekil 37. Mobilya imalat atölyesi (F4) yerleşim planı 58
Şekil 38. Gürültü ölçüm cihazları (a) Ses seviyesi ölçme ve analiz cihazı, (b) Gürültü dozimetresi (Svantek,2007: Svantek,2015) 59
Şekil 39. Gürültü ölçüm cihazlarının kalibrasyonu (a) Ses seviye ölçer kalibratörü, (b) Kalibrasyon işlemi (PCE Instrument,2017) 60
Şekil 40. Fiziki ortam şartları ölçme araçları, ortam gürültü ölçümleri ve kişisel gürültü maruziyet ölçümleri (a) Lazer metre, (b) Dijital sıcaklık nem basınç ölçer, (c) Anemometre, (d) Ölçümler aşamasında KKD kullanımı, (e) Ortam gürültü ölçümü, (f) Gürültü kişisel maruziyet ölçümü. 61
Şekil 41. Tekstil imalat atölyesinin L_{Aeq} değerleri için oluşturulan gürültü haritası 67
Şekil 42. Tekstil imalat atölyesinin L_{CPeak} değerleri için oluşturulan gürültü haritası 69
Şekil 43. Presle imalat atölyesinin L_{Aeq} değerleri için oluşturulan gürültü haritası 76
Şekil 44. Presle imalat atölyesinin L_{Cpeak} değerleri için oluşturulan gürültü haritası 79
Şekil 45. Makine imalat atölyesinin L_{Aeq} değerleri için oluşturulan gürültü haritası 84
Şekil 46. Makine imalat atölyesinin L_{Cpeak} değerleri için oluşturulan gürültü haritası 86
Şekil 47. Çalışma bölümlerinin birbirinden ayrıldığı perdeleme 88
Şekil 48. Mobilya imalat atölyesinin L_{Aeq} değerleri için oluşturulan gürültü haritası 93
Şekil 50. Yüksek malzeme yığınları 96
Şekil 51. Mobilya imalat atölyesinin (F4) toz emme sistemi 98

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

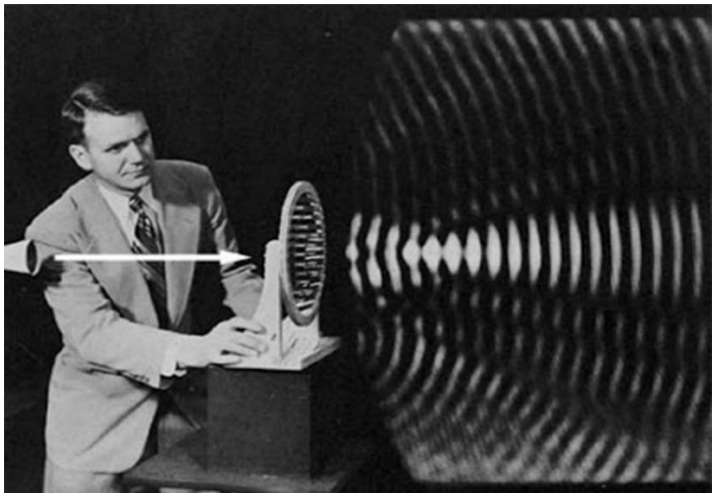
Tablo 1. Sesin 20°C sıcaklıkta yayılma hızları (Sabancı ve Sümer, 2011) 3
Tablo 2. Oktav bant aralıkları ve merkez frekansları (Özgüven, 2008) 4
Tablo 3. Ses kaynaklarının akustik güçleri (Kurra, 2009a) 7
Tablo 4. OSHA'ya göre maruz kalınabilecek gürültü düzey ve süreleri (Özgüven, 2008). 14
Tablo 5. Bazı malzemelerin ses yutma katsayıları (Çalışkan, 2004c) 19
Tablo 6. Gürültü bariyerinin fonksiyonları ve kriterleri (Indrianti ve ark., 2016)..... 42
Tablo 7. Gürültü bariyeri için tasarım alternatifleri (Indrianti ve ark., 2016) 42
Tablo 8. Gürültü bariyeri için tasarım alternatifleri ve kararlar (Indrianti ve ark., 2016) ... 42
Tablo 9. Tekstil imalat atölyesinde bulunan makineler ve teknik özellikleri 49
Tablo 10. Presle imalat atölyesinde bulunan tezgâhlar ve teknik özellikleri..... 52
Tablo 11. Makine imalat atölyesinde bulunan tezgâhlar ve teknik özellikleri 55
Tablo 12. Mobilya imalat atölyesinde bulunan makine ve tezgâhlar ve teknik özellikleri . 57
Tablo 13. Tekstil imalat atölyesi kapalı ortam L_{Aeq} ölçüm değerleri 64
Tablo 14. Tekstil imalat atölyesi kapalı ortam L_{Cpeak} ölçüm değerleri 65
Tablo 15. Presle imalat atölyesi kapalı ortam L_{Aeq} ölçüm değerleri..... 73
Tablo 16. Presle imalat atölyesi kapalı ortam L_{Cpeak} ölçüm değerleri 73
Tablo 17. Makine imalat atölyesi kapalı ortam L_{Aeq} ölçüm değerleri 82
Tablo 18. Makine imalat atölyesi kapalı ortam L_{Cpeak} ölçüm değerleri..... 82
Tablo 19. Mobilya imalat atölyesi kapalı ortam L_{Aeq} ölçüm değerleri..... 90
Tablo 20. Mobilya imalat atölyesi kapalı ortam L_{CPeak} ölçüm değerleri 90
Tablo 21. Sektörler bazında ortam ve kişisel maruziyet değerlerinin karşılaştırılması..... 99

BÖLÜM 1
GİRİŞ

Hızla gelişen teknoloji insanların refah düzeyini arttırırken ona bağlı olarak değişen sanayileşme, insan hayatı ve çevre için, yeni ve olağan tehlikeleri de beraberinde getirmektedir. Çalışanlar için ise bu tehlikeler, çalışma saatleri, çalışma alanları, yaptıkları iş ve tehlikelere bağlı olarak daha fazla riskler içerebilmektedir. Sektörlere bağlı olarak çalışanların maruz kaldığı tehlikeler değişkenlik göstermekle birlikte, küçük ve büyük işletme fark etmeksizin önemli bir fiziksel risk etmeni olan endüstriyel gürültü, İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) açısından ciddi problemler oluşturmaktadır. Kapalı üretim ortamlarında endüstriyel gürültü maruziyetinin önlenmesi için kullanılan yöntemler arasında gürültü haritalarının oluşturulması ve değerlendirilmesi ile en uygun tedbirlerin belirlenmesi proaktif bir yaklaşım olarak en etkili mühendisliki yöntemlerden biri olarak öne çıkmaktadır.

1.1. Ses, Gürültü Tanımı ve Fiziksel Yapısı

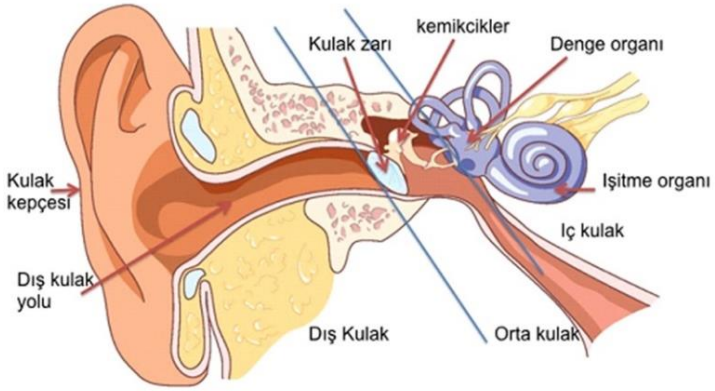
Ses, nesnelerin titreşimlerinden oluşan ve uygun ortam içerisinde genleşme ve sıkışma hareketleri ile kaynağı etrafında küresel olarak ilerleyen bir basınç dalgasıdır. Mekanik bir dalga olan ses hava, su vb. gibi maddesel bir ortamdaki tanecikler vasıtası ile yayılır, bu nedenle uzay boşluğunda yayılamazlar. 1960lı yıllarda Bell laboratuvarında gerçekleştirilen deneyde özel bir ses merceği ve görüntüleme tekniği kullanılarak kornadan çıkan ses dalgalarının görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 1) (Sabancı ve Sümer, 2011).



Şekil 1. Kornadan çıkan ses dalgalarının görüntülenmesi (Sabancı ve Sümer, 2011)

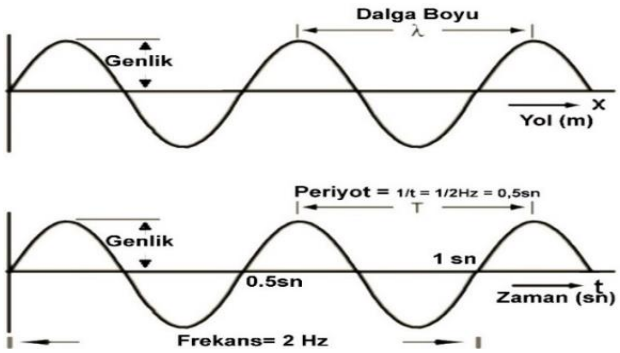
Gürültü, insanları rahatsız eden, iletişimlerini güçleştiren, dinleme ve anlama olanaklarını kısıtlayan, sinir sistemlerini olumsuz etkileyen, çalışma verimi ve konsantrasyonunu düşüren, fiziksel işitme sorunları yaşatan olumsuz bir etkendir (Kır ve Güler, 2004).

Şekil 2'de görüldüğü üzere kulak, akustik yapısı sayesinde sesi alan ve zarda oluşan mekanik titreşimleri sinyale çevirerek beyne ileten bir duyu organıdır. Mekanik bir titreşim olması nedeniyle algılanan sesin frekans ve genliği önemlidir (Babalık, 2014). Bu sebeple çalışma ortamlarındaki gürültünün genliği ve frekans aralığı göz önünde bulundurularak alınacak önlemler belirlenmektedir.



Şekil 2. Kulağın genel anatomik ve fizyolojik yapısı (Özdek, b.t)

Frekans (*f*), bir saniye boyunca sesi/sinyali meydana getiren titreşimlerin sayısı olarak tanımlanır. Birimi Hertz (Hz) olup, 1 Hz bir saniyedeki titreşimi ifade etmektedir. Periyot; bir titreşimin oluşması için geçen zaman olup birimi ise saniyedir (Şekil 3). Dalga boyu (λ), bir titreşimin metre cinsinden aldığı mesafe iken, genlik ise titreşim hareketlerinin dikey eksende gidip geldikleri uzaklık olarak tanımlanır (Özer, 1979).



Şekil 3. Sesin frekans, periyot, genlik tanımları (Özer, 1979)

1.2. Ses Hızı, Ses Şiddeti, Ses Basıncı

Ses dalgaları elastik ortamın özelliklerine bağlı olarak hesaplanabilen bir hızla yayılmaktadır. Ses hızı (dalga hızı) frekanstan bağımsız olup Denklem 1.1 ile hesaplanabilmekte, ortamın elastik özelliklerine ve yoğunluğuna göre değişmektedir.

$$c = \frac{\lambda}{T} \tag{1.1}$$

Denklem 1.1'de; c: dalga yayılma hızı (m/sn), λ: dalga boyu (m), T: periyot zaman (sn)'dir. Sesin bazı ortamlardaki yayılma hızları Tablo 1'de verilmiştir. Sesin yayılma hızı hava sıcaklığı ile ilişkili olup 20°C'de 343 m/sn olarak hesaplanmıştır (Sabancı ve Sümer, 2011).

Tablo 1
Sesin 20°C sıcaklıkta yayılma hızları (Sabancı ve Sümer, 2011)

Ortam	Yayılma hızı (m/sn)
Hava	344
Mantar	500
Kurşun	1200
Su	1500
Sert Kauçuk	1400-2400
Beton	3000-3400
Tahta	3300-4300
Dökme Demir	3700
Çelik Alüminyum	5100
Cam	5200

1.3. Frekans Aralığı ve Oktav Bantları

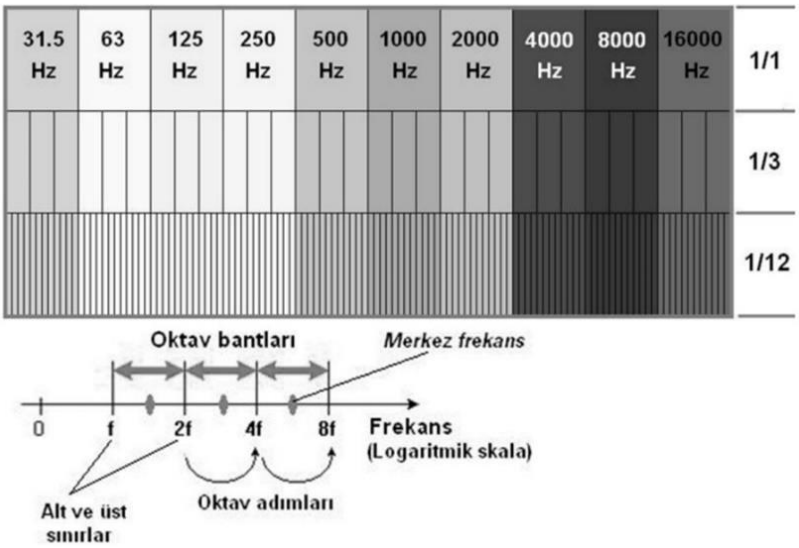
İnsan kulağı 20-20000 Hz aralığındaki sesleri duyabiliyor iken, normal konuşma frekans aralığı ise 500-2000 Hz aralığındadır (Kır ve Güler, 2004). 20 Hz-20 kHz'lik frekans aralığı genel ortalama değerler olup yaş, fiziksel özürler, etkisinde kalınılan sesin seviyesine ve frekans tiplerine göre kişiden kişiye değişiklik gösterebilir (Çalışkan, 2004a). 3000Hz - 4000Hz insan kulağının en duyarlı olduğu frekans aralığıdır (Şekil 5). Anlaşılabilir bir konuşmanın 1000 ile 2500 Hz arasında olması ise yeterlidir. Telefon konuşmaları 500-3000 Hz aralığında yapılırken müzik ise çok daha geniş bir aralığa sahiptir. Görüldüğü üzere frekans analizi olarak incelenmesi gereken aralık oldukça geniş olup uzun analiz süreleri de gerektirmektedir. Diğer taraftan, insan kulağının frekansları logaritmik algılaması nedeniyle bu frekans aralığı oktav bantları denilen kısımlara bölünmüştür. Her bandın merkez frekansı alt ve üst frekanslarının aritmetik ortalaması

olmayıp alt sınırın $\sqrt{2}$ katı veya üst sınırın ise $1/\sqrt{2}$ katı olacak şekilde hesaplanan geometrik ortalamasıdır. Ses analizlerinde 1/n oktav bantları için n=1,2,3…12 şeklinde standartlaşmaya gidilmiştir. Tablo 2'de 1/1 oktav bandı için merkez frekansı (f_0), alt sınır frekansı (f_1) ve üst sınıf frekansı (f_2) değerleri verilmiştir (Özgüven, 2008).

Tablo 2
Oktav bant aralıkları ve merkez frekansları (Özgüven, 2008)

Merkez frekansı (f_0) (Hz)	Alt sınır frekansı (f_1) (Hz)	Üst sınıf frekansı (f_2) (Hz)
16	11	22
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

1/1 oktav bandının yanı sıra kullanımı yaygınlaşan diğer 1/3 ve 1/12 oktav bantları da Şekil 4'te gösterilmiştir. 1/3 ve 1/12 oktav bantları dar bant aralığı istendiğinde kullanılmakla olup, yapılacak ses gürültü analizine bağlı olarak ilgili yönetmeliklerde hangi oktav bandının kullanılması gerektiği belirtilmektedir.

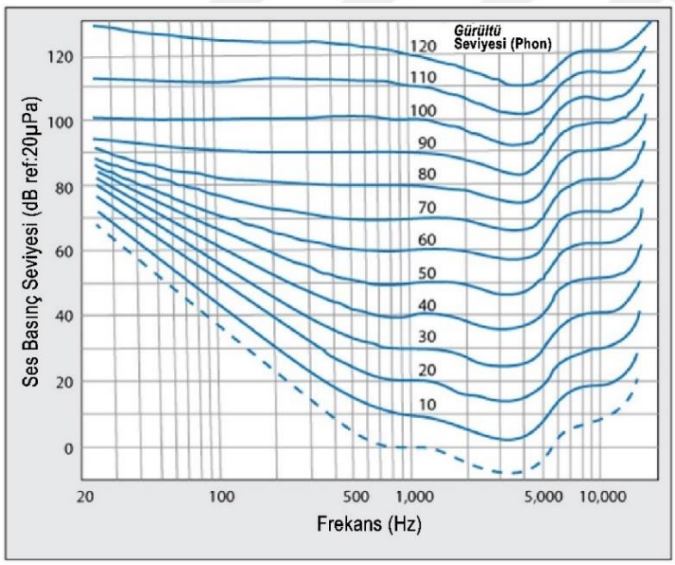


Şekil 4. Oktav bantları (Sabancı ve Sümer, 2011)

İnsan kulağının frekanslara göre değişen hassasiyeti dolayısıyla oktav bantları sayesinde sesin ve gürültünün insan üzerindeki etkileri daha etkin bir şekilde değerlendirilebilmektedir (Sabancı ve Sümer, 2011).

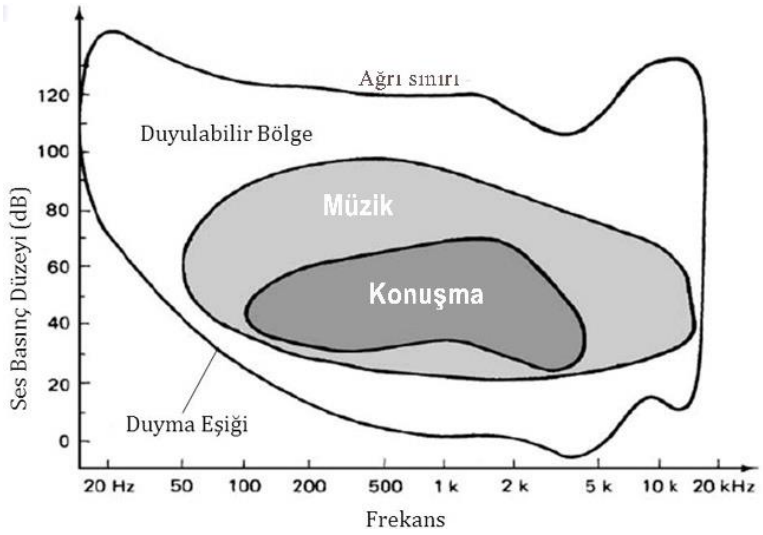
1.4. Ses Yüksekliği ve Gürültü Ölçütü

Ses yüksekliği ve gürültü ölçütleri üzerinde yoğun olarak çalışılan bir konudur. Örneğin bir çalışmada ses yüksekliğinin bireylerde oluşturduğu öznel duyguyu belirginleştirmek ve tanımlayabilmek üzere genç denekler üzerinde deneyler yapılmıştır. Deneklere değişik frekanslara ait arı sesler dinletilmiş ve ses basınç düzeyleri tespit edilmiştir. Araştırma sonrasında Şekil 5'te verilen ses eş yükseklik eğrileri oluşturulmuştur (Sabancı ve Sümer, 2011). Eş yükseklik eğrileri "Fletcher-Munson eğrileri" olarak da adlandırılır. Ses basıncına bağlı desibel değerleri aynı olmasına rağmen farklı frekanslardaki arı seslerin oluşturduğu ses yükseklikleri birbirinden farklıdır. Örneğin, 80 dB'lik ses basıncı düzeyine sahip 100 Hz ve 1000 Hz'lik frekansa sahip iki arı sesin oluşturdukları ses yükseklikleri birbirinden farklıdır (Çalışkan, 2004b).



Şekil 5. Arı seslere ait yükseklik eğrileri (OSHA Noise, b.t.)

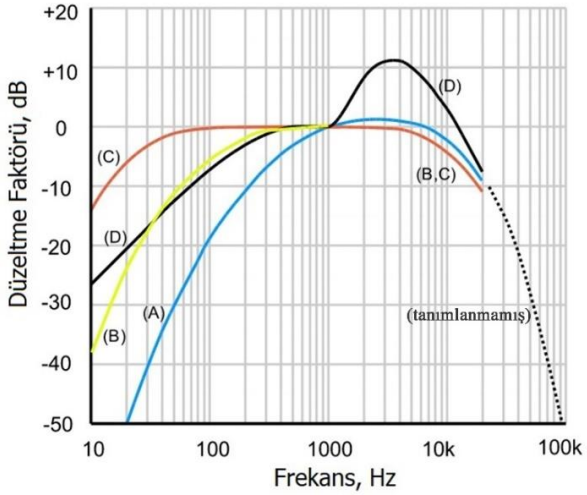
Şekil 5'te eş yükseklik eğrisindeki bir nokta aynı yükseklikteki sesleri gösterirken, kesik çizgilerle gösterilen eğri, işitme eşiği olup bunun altındaki titreşimler insan kulağı tarafından duyulamayacak kadar küçüktür. Bir erişkinin işitme sınırları ise Şekil 6'da gösterilmiş olup kapalı eğri içerisindeki noktalar işitilebilir seslerdir (Sabancı ve Sümer, 2011; Babalık, 2014). Şekil 6 Sabancı ve Sümer (2011) ile Babalık (2014)'tan uyarlanmıştır.



Şekil 6. İşitme sınırları (Sabancı ve Sümer, 2011; Babalık, 2014)

1.5. Ses Düzeyi Ağırlıkları

İnsan kulağının her frekans düzeyine olan hassasiyeti değişmektedir. Farklı seslerden oluşan karmaşık bir ses, ses basınç düzeyi biçiminde sayısal olarak ifade edilmek istenirse belirlenen standarda göre işitme hassasiyetinin fazla olduğu frekanslara ağırlık verilirken, hassasiyetinin az olduğu frekanslarda ses basınç düzeyleri daha az etkili olacak şekilde azaltılarak toplam ses basıncı hesaplanır. Bunun için "A", "B", "C" ve "D" harfleri ile anılan ağırlık düzeyleri kullanılmakta olup elde edilen düzeyle oluşturulmuş ses düzey çevrim eğrileri Sabancı ve Sümer'den (2011) uyarlanarak Şekil 7'de sunulmuştur. Elde edilen ses düzeyleri ağırlık düzeyine göre desibel ifadesi ile "dB(A)", "dB(B)", "dB(C)" ve "dB(D)" olarak gösterilir. Gürültünün insanlarda oluşturduğu rahatsızlığa bağlı olarak gösterdiği tepkiyi belirlemek ve gürültü denetimi için genellikle uluslararası standart olan IEC 61672:2003 referans alınarak insan kulağının işitme eğrisine en yakın benzerlik gösteren A ağırlıklı ses düzey eğrisi kullanılmaktadır. Burada "ağırlıklı" ya da "ağırlıklama" ifadeleri fiziksel basınç dalgalanmasının frekansa bağlı olarak değişimini belirtmek için kullanılmaktadır (Sabancı ve Sümer, 2011; Çalışkan, 2004b).



Şekil 7. A, B, C ve D ağırlıklı ses düzey tepki eğrileri (Sabancı ve Sümer, 2011)

1.6. Bir Kaynaktan Yayılan Sesin Gücü, Şiddeti ve Basıncı

Ses gücü (*W*); ses kaynağının enerji üretiminin ölçüsü olup küresel bir düzlem üzerinde ses kaynağının birim zamanda yaydığı toplam ses enerjisidir. Birimi Watt olup, bir kaynağın şiddet ve basıncı uzaklıkla değişirken gücü değişmez, dolayısıyla ses gücü çevre etkilerinden bağımsız ve sabit bir değerdir (Kurra, 2009a). Farklı kaynaklara ait bazı akustik ses güçleri Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3
Ses kaynaklarının akustik güçleri (Kurra, 2009a)

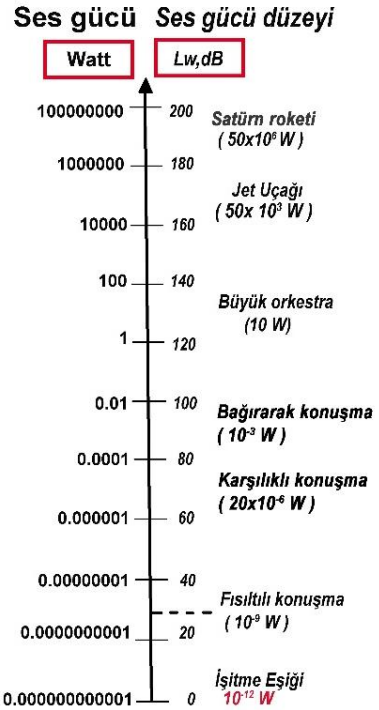
Kaynak	Ses gücü (Watt)
Islık	10^{-9}
Elektrik Süpürgesi	10^{-6}
İnsan Sesi (Normal Yükseklikte)	10^{-5}
Yükseltilmiş Ses	10^{-3}
Testere	1
Orkestra	10
Jet Egzozu	10^{4}

"Ses şiddeti (yeğinliği); bir ses alanında, belirli bir yönde ve birim zamanda birim alandan geçen ses enerjisidir" (Kurra, 2009a, s. 14). Birimi ise Watt/$m^{2'}$ dir (Kurra, 2009a).

"Ses basıncı; sesin yayılması sırasında, belirli bir zaman içerisinde, herhangi bir noktadaki hava basıncının atmosfer denge basıncından olan farkıdır" (Kurra, 2009a, s. 16). Birimi Pascal ya da Newton/m^2'dir. İnsan işitme sistemi ses şiddetine değil ses basıncına göre cevap verir, bu nedenle ses kontrolü çalışmalarında basınç birimleri kullanılır (Kurra, 2009a).

1.7. Ses Gücü ve Ses Basıncının Desibel İlişkisi

Genellikle mühendislik bilimlerinde kullanılan "desibel" göreceli bir değeri, bir oranı ifade etmektedir. Birim iki büyüklüğün oranının logaritmasıdır. Logaritmik bir ifade olması, alt ve üst sınırlarının büyük farklar göstermesi nedeniyle ses çözümlemelerinde genellikle oranların logaritmasının on katı olarak ifade edilen desibel (dB) terimi kullanılır (İncir, 2008). Ölçülen seslerin güç (Watt), şiddet (Watt/m^2) ve basınç (Pa) değerleri birer referans değere göre logaritmik olarak karşılaştırıldığında değer ifadesi artık "düzey" adını alır ve düzey birimi olarak da desibel kullanılır (Şekil 8, Şekil 9) (Kurra, 2009a).



Şekil 8. Ses gücü ve güç düzeyleri arasındaki ilişki (Kurra, 2009a)

Ses gücü düzeyi, ses kaynağının yaydığı ses enerjisini tanımlamak için kullanılır, birimi desibel (dB)'dir ve Denklem 1.2 ile hesaplanır:

$$Lw = \frac{10\ LogW}{Wo} \tag{1.2}$$

Bu denklemde; W: Ölçülen ses gücü (Watt), W_0: Referans ses gücüdür (10^{-12}W=1 pikowatt) (İncir, 2008; Sabancı ve Sümer, 2011).

Ses gücü, bir makinanın toplam gücünün ses olarak yayılan küçük bir kısmıdır. Denklem 1.2 ile 1 Watt ses gücüne sahip bir uçak motorunun ses gücü düzeyi 120 dB olarak hesaplanır (Sabancı ve Sümer 2011).



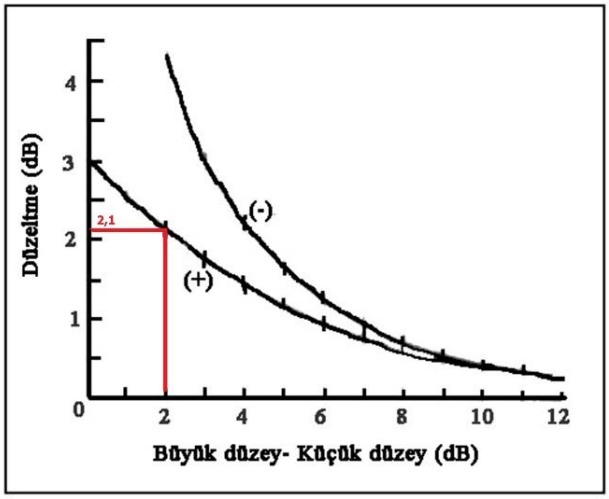
Şekil 9. Ses basıncı ve basınç düzeyleri arasındaki ilişki (Kurra, 2009a)

Desibel ölçeği ağrı eşiği (200 Pa) ve duyma eşiği (0,00002 Pa) arasındaki büyük değer aralığını daha kullanışlı ve daha basit olacak şekilde 0-140 dB aralığına dönüştürmektedir. Ses basıncı düzeyi, kapalı ya da açık alan ortam koşullarına, ölçüm konumuna ve kaynağa olan uzaklığa bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ses basıncı iki kat arttığında ses basınç düzeyinde 6 dB artış olmaktadır (Çalışkan, 2004b).

1.8. Desibel İfadelerde Toplama ve Çıkarma İşlemi

"Desibel" kavramı logaritmik olduğu için normal toplama veya çıkarma işlemi yapılamaz. 70 dB gürültü seviyesine sahip iki makinenin birlikte çalıştıklarında etrafa yaydıkları gürültü seviyesi 140 dB değil 73 dB olur (Değer, 2015).

Daha teknik ifade ile 75 dB ve 77 dB'lik iki ses basınç düzeyine sahip iki makine aynı ortamda çalıştırıldıklarında yapılacak işlem; Şekil 10'daki grafikten hareketle, büyük desibel ifadeden küçük desibel ifade çıkartılır (2 dB) ve çıkan değer yatay eksene girilir. Toplama yapılacağı için (+) eğrisini kesecek şekilde dikey bir doğrultu çizilir. Keşişim noktasından ise yatay doğru çizilerek 2,1 dB düzeltme değeri bulunur. Sonuç olarak; 77 dB'lik ses basınç düzeyine bu değer ilave edilerek iki makinanın birlikte çalıştıklarında oluşacak yeni ses basınç değeri 79,1 dB olarak hesaplanır (Çalışkan, 2004b).



Şekil 10. Düzeylerle toplama ve çıkarma işlemlerinde kullanılan grafikler (Çalışkan, 2004b)

1.9. Gürültü Ölçümü ve Kullanılan Cihazlar

Gürültü ölçümlerindeki amaç gürültünün kaynağını tespit etmek, seviyesi ve frekans dağılımı hakkında bilgi edinerek gerekli önlem ve iyileştirmeleri yapmaktır.

Ağırlıklı ses düzeyleri ve ses basıncını ölçen cihazlar; "sonometre", "ses düzeyi ölçer" ya da "desibelmetre" olarak adlandırılırlar. Bu cihazlar, temelde ses dalgalarını mikrofon ile algılayarak elektrik sinyaline dönüştüren ve bu ses sinyalini içerisindeki elektronik devrelerle ağırlıklama, filtreleme, yükseltme gibi işlemlere tabi tutarak değerlerin okunduğu gösterge ve kayıt donanımına sahiptirler. Daha önce bahsedildiği üzere, uygulamada en çok kullanılan A-ağırlıklı ölçüm olanağı tüm ölçerlerde bulunmakla birlikte daha gelişmiş olanları farklı ağırlıkları da (C-ağırlıklı) ölçme yetisine sahiptirler. Kararsız gürültü düzeylerini ölçebilmek için F (fast-hızlı 1/8 sn) konumu seçilirken gürültü kararlı ise S (slow-yavaş 1/1 sn) konumunda ölçüm gerçekleştirilir. F ve S'nin yanı sıra, I (Impulse-darbe) ile gösterilen özel ses düzeyi ölçerler 35 µsn aralıklarla ölçüm alma özelliğe sahip olarak tasarlanmışlardır. Yönetmeliklerde 140 dB(A) sınır değeri olarak verilen darbe türü bu özel ses düzeyi ölçerler ile ölçülebilmektedir (Çalışkan, 2004b). Ses basınç ölçerler; Tip0, Tip1, Tip2 ve Tip3 olarak dört gruba ayrılırlar. Tip0; akredite ve kalibrasyon işlemlerinde laboratuvarlarda kullanılır. Tip1; +/- 1 dB duyarlılığa sahip olup frekans analizi ve çok düşük ses basınç seviyelerini ölçmek için endüstride ve Ar-Ge çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tip2; genellikle çevresel gürültü ölçümlerinde kullanılır, +/- 2 dB duyarlılığa sahiptir ve frekans analizi yapma özelliği bulunmamaktadır. Tip3; teknik özellikleri ve güvenilirliği konusunda çağın gereksinimlerini karşılamamaktadır (Sabancı ve Sümer, 2011). Şekil 11'de gürültü

ölçümünde kullanılmakta olan ses basınç ölçerler, kalibratör ve tripot aksesuarları görülmektedir.



Şekil 11. Ses basınç ölçerler kalibratör ve tripot aksesuarları (Sabancı ve Sümer, 2011)

Dozimetreler; ise çalışanın, yaptığı iş ve görevler çerçevesinde, gün boyunca maruz kaldığı gürültü seviye sınır değerinin aşılıp aşılmadığını belirlemek için, mikrofonu kulağa yakın olacak şekilde çalışanın üzerine bağlanarak, maruz kaldığı kişisel gürültü maruziyet profilini belirlemek için kullanılan gürültü ölçüm cihazlarıdır (Şekil 12).



Şekil 12. Gürültü dozimetreleri

1.10. Ölçülen Ses Gürültü Büyüklükleri

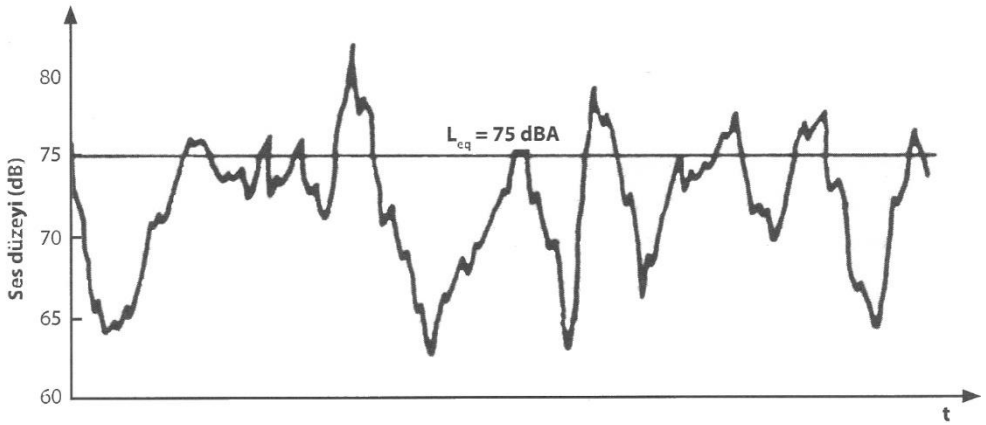
Sesin bir enerji türü olması ve farklı yüzeylerde farklı etkiler yaratabilme kabiliyeti dolayısıyla birçok gürültü çeşidi oluşabilmektedir. Endüstriyel gürültünün değerlendirilmesinde ise SEL, SPL, L_{Aeq}, L_{max}, L_{min}, L_{Cpeak} olarak isimlendirilen ses/gürültü tanımlamaları bulunmaktadır.

1.10.1. A-Ağırlıklı Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Düzeyi (LAeq)

"A-Ağırlıklı Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Düzeyi (L_{Aeq}); belirli zaman içerisindeki süreklilik gösteren ses enerjisi ile aynı toplam enerjiye sahip sabit düzeydeki sesin ses düzeyi" olarak tanımlanmaktadır (Özgüven, 2008; Sabancı, 2011). L_{Aeq}, ses düzeyinin zaman içerisinde gelişi güzel alçalıp yükselerek değiştiği kararsız gürültülerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Şekil 13). Çevresel ve endüstriyel gürültü ölçüm ve değerlendirmelerinde genellikle Denklem 1.3 ile hesaplanan ve insan kulağının işitme sınırlarına en uygun olan A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses seviyeleri tercih edilmektedir (TS EN ISO 9612, 2009).

$$L_{Aeq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{t1}^{t2} \frac{P_{(A)}^2(t)}{P_0^2} dt \right] \quad (1.3)$$

Bu denklemde; L_{Aeq} A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi olup belirtilen bir T (t1 de başlayıp t2'de biten) zaman aralığı süresince A-ağırlıklı ses basıncının (P_A) karesinin, zamana göre ortalaması alınmış değerinin, referans değerin (P_0) karesine oranının 10 tabanına göre logaritmasının 10 katıdır. Desibel "dB(A)" cinsinden ifade edilmektedir. P_A: A-ağırlıklı ses basıncı, t_1,t_2 = Ölçüm süre aralığı, P_0 = Referans değer: $2x10^{-5}$ Pa (20 μPa)'dır (TS EN ISO 9612, 2009).



Şekil 13. Zamanla değişen ses düzeyinin, eş değer ses düzeyi (L_{Aeq}) gösterimi (Özgüven, 2008)

1.10.2. C-Ağırlıklı Tepe Ses Basınç Düzeyi (L_{Cpeak})

C-Ağırlıklı Tepe Ses Basınç Düzeyi; kareköklerinin ortalaması uygulanmamış, ham ölçüm değeri olan en tepe ses basınç düzeyi olarak tanımlanır ve Denklem 1.4 ile hesaplanır.

$$L_{Cpeak} = 10\log\left[\frac{P_{Cpeak}^2}{P_0^2}\right] \quad (1.4)$$

Denklem 1.4'te, L_{Cpeak}; C-ağırlıklı tepe ses basınç seviyesidir. L_{Cpeak}; C-ağırlıklı tepe ses basıncının (P_{Cpeak}) karesinin, referans değerin (P_0) karesine oranının logaritma 10 tabanındaki sonucunun 10 katıdır. Desibel cinsinden ifade edilir. P_0: referans değer: $2x10^{-5}$ Pa (20 μPa)'dır. (TS EN ISO 9612, 2009).

1.10.3. Çalışma Gününe (8 Saat) Normalize Edilmiş A- Ağırlıklı Gürültü Maruziyet Düzeyi ($L_{EX,8saat}$)

Çalışma gününe (8 saat) normalize edilmiş A-ağırlıklı gürültü maruziyet seviyesi ($L_{EX,8saat}$); "Mesleki gürültü seviyesi", "Günlük kişisel maruziyet düzeyi" olarak da adlandırılır. Bu ifade daha çok günlük kişisel maruziyet değerinin hesaplanmasında kullanılan, standartlar ve yönetmeliklerle belirlenen gürültü sınır değerlerinin aşılıp aşılmadığını belirlemek için kullanılan bir ölçüttür. Mesleki gürültü seviyesini bulmak için öncelikle ses ölçümü yapılarak L_{Aeq} değerleri belirlenir ve bu değerlere çalışanın ne kadar süre maruz kaldığına bağlı olarak Denklem 1.5 kullanılarak $L_{EX,8saat}$ değerleri hesaplanır (Sabancı ve Sümer, 2011). Referans olarak günlük çalışma saati olan 8 saat referans alınır.

$$L_{EX,8saat} = L_{Aeq} + 10\log\left[\frac{T_e}{T_0}\right] \quad (1.5)$$

Denklem 1.5'te, $L_{EX,8saat}$: 8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş A-ağırlıklı gürültü maruziyet seviyesi diğer bir ifade ile günlük gürültü maruziyet seviyesi olup birimi dB(A)'dir. T_e: saat olarak çalışma günü içerisindeki etkin olunan (çalışılan) süre (birimi saat), T_0: Referans süredir (T_0:8 saat) (TS EN ISO 9612, 2009).

Ülkemizde ve birçok gelişmiş ülkede OSHA (Occupational Safety and Health Administration-İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi) kriterlerine göre günlük 8 saat veya haftalık 40 saatlik çalışma sürelerinde maruz kalınabilecek gürültü sınır değerleri referans

alınmaktadır (Tablo 4). TS 2607 ISO 1999 (2005), TS EN ISO 9612 (2009) standartları, Avrupa Birliği (AB) direktifleri (2003/10/EC) doğrultusunda, 28 Temmuz 2013 tarih ve 28721 sayılı resmi gazete yayımlanan "Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik" gereğince günlük maruz kalınabilecek en düşük maruziyet eylem değeri 80 dB(A)'nın üzerinde olduğunda kulak koruyucularının kullanıma hazır hale getirilmesi gerekmektedir. 85 dB(A)'yı aştığında ise Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) olarak kulaklık kullanma zorunluluğu ve gürültü engelleme önlemlerini uygulama zorunluluğu vardır. KKD kullanımı sonrasında $L_{EX,\,8saat}$ değerinin 87 dB(A)'yı aşmaması gerekmektedir, aştığı taktirde işin durdurulması söz konusudur (ÇGİİRKDY, 2013).

Tablo 4
OSHA'ya göre maruz kalınabilecek gürültü düzey ve süreleri (Özgüven, 2008)

Günlük kişisel maruziyet düzeyi ($L_{EX,8saat}$)	Çalışma Süresi (saat)
90	8
92	6
95	4
97	3
100	2
102	1,5
105	1
110	0,5
115	0,25

1.11. Gürültü Türleri

Gürültü, frekans dağılımı ve ses yüksekliği düzeyinin zamanla değişimine bağlı olarak iki şekilde incelenebilir.

1.11.1. Frekans Dağılımına Göre Gürültü Türleri

Frekans dağılımına göre geniş bant ve dar bant olmak üzere iki tür gürültü vardır. Geniş bant gürültüsü; gürültüyü meydana getiren arı seslerin (sinüzoidal titreşimin oluşturduğu tek basit harmonik ses) geniş bir frekans aralığında yayıldığı gürültüdür. Dar bant gürültüsü ise gürültüyü oluşturan arı seslerin dar bir frekans aralığında yoğunlaştığı gürültü tipidir (Sabancı ve Sümer, 2011).

1.11.2. Ses Yüksekliği Düzeyi ve Zamansal Değişime Göre Gürültü Türleri

Ses yüksekliği düzeyi ve zamansal değişime bağlı durağan (kararlı) gürültü ve değişken (kararsız) gürültü olmak üzere iki tür gürültü vardır.

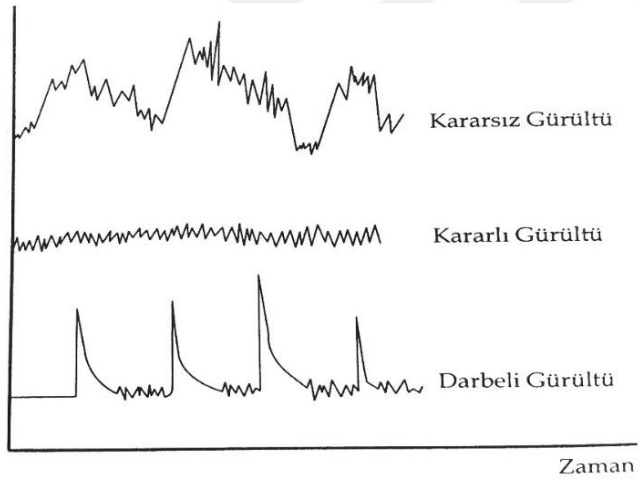
Durağan (Kararlı) gürültü; gürültü düzeyinin belirli bir zaman boyunca gözlenmesi sonucunda önemli değişiklikler göstermeyen gürültüdür. Sabit hız ve güçte dönen bir motorun gürültüsü bu gürültü tipine örnek olarak verilebilir.

Değişken (Kararsız) gürültü; gözlem süresi boyunca gürültü ses düzeylerinde önemli ve sürekli değişiklikler gösteren gürültüler olup üç başlık altında incelenebilir.

Kesikli gürültü; gözlem süresi boyunca bir saniye veya daha uzun süre boyunca süren, ses düzeyinde ani artış veya azalmalar gösteren, bir saniye veya daha uzun sürelerde sabit kalıp devam eden sonrasında yine sabit kalan gürültü tipidir. Trafik gürültüsü ya da durup yeniden çalışan vantilatör örnek olarak verilebilir.

Dalgalı gürültü; gözlem süresince önemli ölçüde, sürekli değişiklik gösteren gürültü tipidir.

Darbeli gürültü; işçinin çekiç ile vurduğunda çıkan sese örnek olabilecek, bir saniyeden daha kısa süren anlık darbelerden oluşan gürültü tiptir. (İncir, 2008; Sabancı ve Sümer, 2011). Şekil 14'te zamansal değişime bağlı olarak gürültü türleri gösterilmiştir.



Şekil 14. Zamansal değişime bağlı gürültü türleri (Sabancı ve Sümer, 2011)

1.12. Gürültünün Olumsuz Etkileri

Gürültü; işitme kaybı ve sağırlık gibi fiziksel etkilerin yanı sıra farklı riskler de oluşturabilmektedir. Gürültünün olumsuz etkilerini fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve verim kaybı olmak üzere dört başlık altında incelemek mümkündür. Anlık yüksek gürültü veya sürekli devam eden, maruziyet sınırları üzerindeki gürültü; geçici ya da kalıcı sağırlık, belirli frekanslarda işitme eşiklerinde kayma veya hassasiyetin kaybolması şeklinde fiziksel etkiler gösterebilir. Bu kayma ve kayıplar çalışanın maruz kaldığı gürültü seviyesi ve sürelerine göre değişiklik gösterebilir. Oldukça yüksek seviyedeki gürültüye maruz

kalmak işitme problemi yaşatabiliyorken, günlük belirli sürelerle düşük seviyedeki gürültülere çok uzun yıllar maruz kalınması sonucunda da benzer işitme sorunlarının oluşabileceği unutulmamalıdır. Ani duyulan alçak ya da yüksek gürültü düzeyleri insanda kalp atışlarında hızlanma, kan basıncında artış ve metabolizmal sorunlar gibi fizyolojik etkiler yaratabilmektedir. Yüksek gürültüye maruz kalan kişilerde geçici ya da kalıcı kan basınç yüksekliğinin oluştuğuna dair çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Gürültü eylem ve sınır değerlerini aştığında kişide tedirginlik, huzursuzluk, kaygı, depresyon, saldırganlık, sinirlilik, ani gürültüye bağlı korku ve kontrolsüz refleks hareketleri gibi psikolojik etkiler oluşabilmektedir. Gürültünün konsantrasyon bozukluğu, hesaplama yeteneğinin azalması, odaklanamama, hatasız iş yapamama gibi iş verimi ve performansa da olumsuz etkileri bulunmaktadır (Sabancı ve Sümer, 2011; Özgüven, 2008).

1.13. Gürültü Kontrolü ve Korunma Yöntemleri

Endüstride gürültü kontrol ve uygulamalarındaki amaç; İSG kapsamındaki yönetmeliklerin taleplerinin yerine getirilmesinden ziyade çalışanların gürültüye maruziyetleri sonucunda sağlık ve güvenlik açısından oluşabilecek risklerden ve kazalardan korunmalarını sağlamak ve beden işçilerinde %35, ofis çalışanlarında ise %60'ları bulan verim düşüklüğünün önüne geçmektir (Işıkel, 2006).

Gürültü kontrolü, maruz kalınan gürültünün her türlü olumsuz etkisinden korunmak için alınabilecek tüm teknik (mühendislik uygulamaları) ve yönetimsel (idari) önlemleri kapsar. Mühendislik uygulamaları yönetsel önlemlerin yeterli olmadığı durumlarda gündeme gelir (Çalışkan, 2004c).

Gürültü kontrolü; kaynağında yok etme, kaynak ile alıcı arasında yok etme ve alıcıda kontrol etme olarak üç başlık altında incelenebilir. Gürültü kontrolünde temel kural ve ana hedef gürültüyü kaynağında yok etmek olmalıdır. Bu yeterince başarılamıyorsa kaynak ile alıcı arasında ve en son olarak ta alıcıda yok etme metodu tercih edilmelidir (Özgüven, 2008).

1.13.1. Gürültünün Kaynağında Yok Edilmesi

Gürültüyü kaynağında yok etme aşamasında makinaların gürültü düzeyleri, frekansları, çalışma özellik ve karakteristikleri, gürültünün tipi, gürültü kaynaklarının sayısı, önem sırası, gürültü yayma biçimleri, kapalı mekân akustiği, işyerinin üretim prosesi ve maliyet göz önünde bulundurularak iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır.

Gürültü kontrolü yapılacak olan gürültü kaynakları mekanik titreşimden akışkan türbülansına, mekanik sürtünmeden darbeye kadar farklı nitelikte olabilir. Bu kaynaklar preste oluşan darbe kuvvetleri sonucu titreşen diğer parça ve plakalar gibi birbirlerine neden-sonuç ilişkileri ile bağlıdırlar (Çalışkan, 2004c).

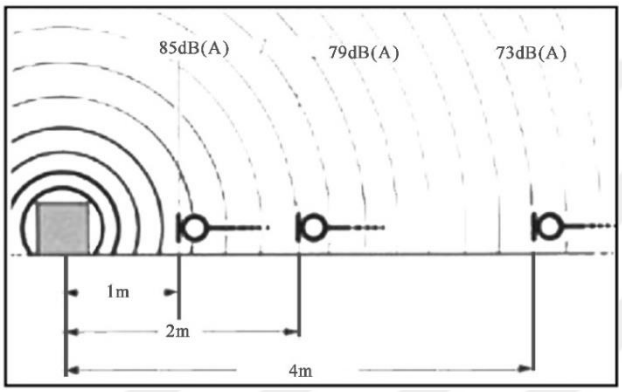
Kaynağında gürültü kontrolü kapsamında ilk adım kullanılmayan makineleri durdurmak, düşen, çarpan, devrilen parça ve ekipmanlardan sakınmak için gerekli önlemleri almaktır. Gürültü potansiyeli olan; gevşeyen, titreşen bileşenleri tespit edip sabitlemek, dönen hareketli ekipmanlara sahip makinelerde mümkünse devir sayısını düşürerek gürültüde olumlu düşüşleri sağlamak gerekir. Akışı engelleyen boru tesisatlarını kullanmaktan kaçınmalı ve her zaman sessiz olan işlem gürültülü bir işleme tercih edilmelidir. İçten yanmalı motorlarda, frekans aralığına göre özel reaktif susturucular; pervaneler, üfleyiciler, klima ve basınçlandırıcı gibi sistemlerde ise boğmalı susturucular kullanılmalıdır (Işıkel, 2006).

Gürültü kaynağı oluşturan makina (dişlilerin yapısı, fanlarının ve dönen ekipmanın hızı, kullanılan malzemenin cinsi) Ar-Ge aşamasında en az gürültü seviyesi oluşturacak şekilde tasarlanmalıdır. Makine parçaları imkân varsa daha sessiz parçalardan oluşmalı ya da kaplama ile yalıtılmalıdır. Makinaların çalışma mod ve seviyeleri uygun seçilmelidir. Makinanın monte edildiği zemin ve ekipmanlar arası yalıtımı iyi yapılmalıdır. Gürültü yüzeyi yeterince azaltılmalıdır. Planlı ve düzenli bakım ile makinaların daha verimli ve sorunsuz çalışması sağlanmalıdır. Gerekli ve uygun susturucular kullanılmalıdır. Makinalar ses yalıtıcı ya da yutucularla kaplanmalıdır. Gürültü kaynağı ses yalıtımı sağlanmış kabinler içerisine alınmalıdır. Makine ve yaptığı işlemler için uygun devir, boyut seçilmedir. Sürtünme, denge bozukluğu, darbe, akışkan türbülansı gibi nedenlerle oluşan titreşime bağlı gürültü, titreşim kuvvetlerinin baskın frekans değişimi ve genlik değerlerinin azaltılmasına bağlı uygulanacak mühendislik yöntemleriyle düşürülebilmektedir (Çalışkan, 2004c).

1.13.2. Gürültünün Kaynak ile Alıcı Arasındaki Yolda Yok Edilmesi

Gürültünün kaynağında yok edilmesinin imkânsız ya da oldukça zor olduğu durumlarda uygulanan bir metottur. Kaynağında yok etme metoduna göre çok daha hızlı, ekonomik ve kolay uygulanabilir çözümler sunmasının yanısıra üretim sürecine müdahalede bulunulmadığından dolayı tercih edilmektedir. Kaynakla alıcı arasında, yani ortam akustiğinde yapılacak iyileştirmelerin gürültülü makine başındaki çalışandan ziyade

gürültülü makineden uzakta çalışan ve yüzeylerden yansıyan seslerin etkisinde kalan çalışanlar üzerinde etkili olacağı unutulmamalıdır. Kaynak ile alıcı arasındaki yolda alınan önlemlerin değerlendirilmesinde; bir kabinin iç ve dış yüzeylerinde ölçülen gürültü düzeylerinin farkı olarak tanımlanan "gürültü azalması" ve gürültü kontrol önlemi alınmadan ve alındıktan sonra ölçülen gürültü düzey değerlerinin farkı olarak tanımlanan "gürültü kaybı" ifadeleri kullanılmaktadır. Kaynak ile alıcı arasındaki mesafeyi arttırmak, alıcıda algılanan gürültü düzeyinde fark edilir düşüş yaratmaktadır. Şekil 15'te gösterildiği gibi, yansıtıcının bulunmadığı kapalı mekânlarda kaynak ile alıcı arasındaki mesafenin 2 katına çıkartılması 6 dB'lik bir azalmaya sebep olmaktadır (Çalışkan, 2004c).



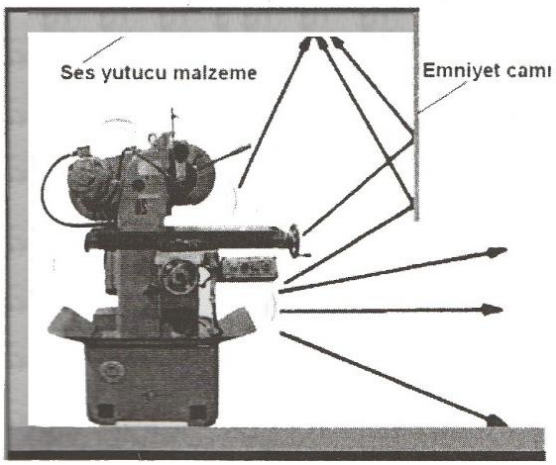
Şekil 15. Ses dalgalarının serbest alanda dağılımı (Çalışkan, 2004c)

Gürültü kaynağından çıkan sesin kapalı alanı çevreleyen duvar ve yapı elamanlarından yansıyarak tekrar ortama geri dönmesini önlemek amacı ile genellikle lifli yapıya sahip ses yutucu malzemeler (cam yünü, taş yünü, gözenekli köpükler) ve soğurucularla ortamın akustik özelliklerinin değiştirilmesi diğer bir kontrol yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Malzemelerin ses yutma özellikleri ve katsayıları oktav bant merkez frekansına göre değişiklik göstermektedir. Tablo 5'te bazı malzemelerin oktav bant merkez frekansına göre ses yutma katsayıları verilmiştir (Çalışkan, 2004c).

Tablo 5
Bazı malzemelerin ses yutma katsayıları (Çalışkan, 2004c)

Malzeme	Oktav bant merkez frekansı (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Tuğla Duvar	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Boyalı Tuğla Duvar	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Beton Blok-pürüzlü	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25
Beton Blok-boyalı	0,10	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
Mozaik Döşeme	0,01	0,01	0,015	0,02	0,02	0,02
Parke Döşeme	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Pencere Camı	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
Mermer	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
KontrplakPanel-9mm	0,28	0,22	0,17	0,09	0,10	0,11
Çelik Plaka	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01
Kalın Cam-Geniş Yüzey	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Cam yünü-5cm kalınlık	0,17	0,55	0,80	0,90	0,85	0,80
Cam yünü-2,5cm kalınlık	0,08	0,25	0,65	0,85	0,80	0,70

Endüstriyel gürültünün kontrolünde en çok kullanılan yöntemlerden bir diğeri de Şekil 16 ve Şekil 17'de görüldüğü üzere, mühendislik yöntemleri ile gürültü seviyesi düşürülemeyen makine ve ekipmanların tamamen ya da kısmen hücre ya da kabin içerisine alınarak etrafına yaydığı gürültü düzeyini düşürmektir. Kompresör ve jeneratör gibi yüksek gürültü düzeyine sahip makinelerden kaynaklı gürültülerde, orta ve yüksek frekanslarda oldukça etkilidir (Çalışkan, 2004c). Ses yalıtım malzemeleri ile yaklaşık 3-10 dB, tek kat ses emici kaplamalar ile 10-25 dB ve çift kat ses emici kaplı muhafazalar ile 25 dB'nin üzerinde iyileştirme yapmak mümkündür (Işıkel, 2006).

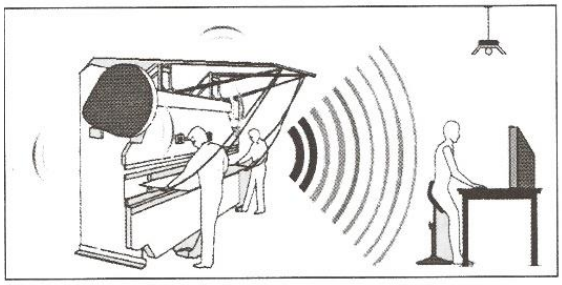


Şekil 16. Kısmi hücre/kabin uygulaması (Sabancı ve Sümer, 2011)

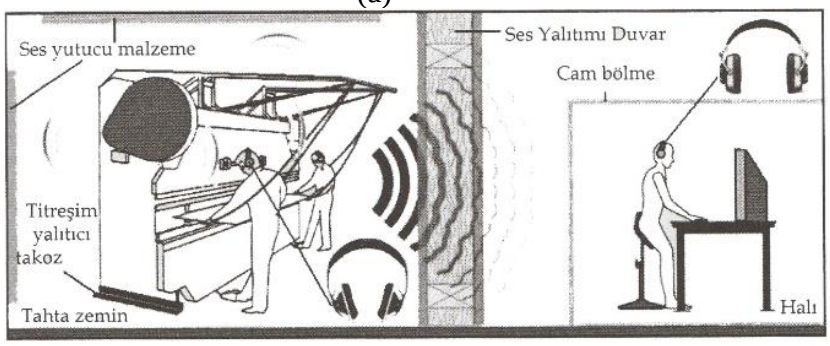
Ses bariyerleri ya da duvarları gürültü kaynağı ile gürültüden etkilenen kişi arasında uygulanan ses engelleridir (Şekil 17.b). Açık havada 10 dB'nin üzerinde fayda sağlarken, kapalı alanlarda ise tavan yüksekliği, tavan ses yutuculuğu gibi özelliklere bağlı olarak değişen değerlerde fayda sağlarlar.

Ses bariyer uygulamalarında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Ses bariyerinin boyutları gürültü kaynağının boyutlarından büyük olmalıdır.
- Gürültünün etkin olduğu frekansların en düşüğü dalga boyundan büyük seçilmelidir.
- Ses bariyeri etkilenen kişilere ya da gürültü kaynağına yakın olacak şekilde yerleştirilmelidir.
- Ses bariyeri üzerinde delik, açıklık, aralık bulunmamalıdır.
- Ses bariyeri çevresindeki yansıtıcı yüzeylerden daha uzağa yerleştirilmelidir.
- Ses bariyerinin gürültü kaynağına bakan tarafı ses yutucu ile kaplanmalıdır (Çalışkan, 2004c).



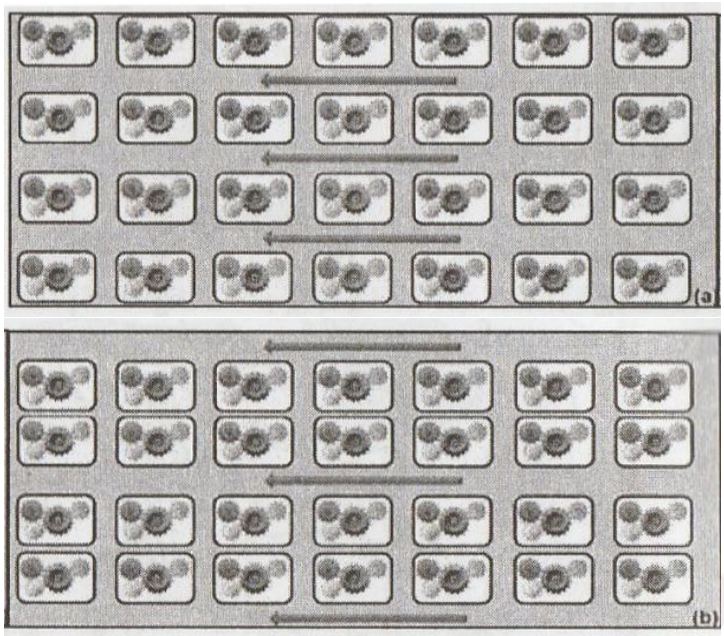
(a)



(b)

Şekil 17. Gürültünün çalışma ortamında yayılması ve gürültü kontrol yönteminin uygulanması (Sabancı ve Sümer, 2011) (a) Gürültünün çalışma ortamında yayılması, (b) Gürültü kontrol yönteminin uygulanması

Gürültünün kaynakla alıcı arasında yok edilmesi için makinaların dizilimi yani makine parkı düzeni akustik olarak planlanmalıdır (Şekil 18).



Şekil 18. Bir atölyede tezgâhların üç koridor şeklinde yerleşimi (Sabancı ve Sümer, 2011) (a) Gürültü kontrolü açısından uygun olmayan yerleşim, (b) Gürültü kontrolü açısından uygun yerleşim

1.13.3. Gürültünün Alıcıda Kontrol Edilmesi

Günümüzde gürültünün alıcıda kontrolü söz konusu olduğunda KKD olarak kulaklık ve tıkaçlar devreye girmektedir. Bu ekipmanlar kaynağında ve yolda gürültü önlemleri ile karşılaştırıldığında çok daha hızlı ve ekonomik olduğundan tercih edilmektedir. Kulaklık ve tıkaç kullanımında; sağladığı gürültü kaybı, iş yerindeki toplam gürültü düzeyi, gürültünün etkin olduğu frekanslar ve ergonomikliği göz önünde bulundurulmalıdır. KKD'nin gürültü kaybı, üreticisi tarafından her oktav bandı için ayrı ayrı olmak üzere yaklaşık sapma değerleriyle belirtilir. Manşon tipi koruyucular, toplam gürültü kaybı açısından daha verimlidir, ancak düşük frekanslarda daha etkili olması, saklama, taşıma ve gözlük gibi ekipmanlarla birlikte kullanılabilirliği bakımından kulak tıkaçlarının (Şekil 19) daha verimli olduğu söylenebilir (Çalışkan, 2004c).

Foam veya kaliteli yumuşak plastikten imal edilen ve standart olarak bilinen tıkaçlar (Şekil 19.a) 25-35 dB arasında koruyuculuk sağlarlarken, gürültü ile birlikte basınç etkisinin de bulunduğu ortamlarda iki flanşlı (Şekil 19.b) veya üç flanşlı tıkaçlar (Şekil 19.c) kullanılmaktadır. Filtreli tıkaçlar (Şekil 19.d) ise çalışma ortamındaki bütün frekanslarda 10-25 dB aralığında gürültü azaltmayı sağlayan KKD'lerdir (Ataş, 2004).



(a) (b) (c) (d)

Şekil 19. Bazı kulak tıkaçları (a) Standart tıkaç, (b) İki flanşlı tıkaç, (c) Üç flanşlı tıkaç, (d) Filtreli tıkaç

Manşonlu kulaklıklar (Şekil 20) ise ortamdaki gürültüden korunmada kulak tıkaçları ile elde edilemeyen daha verimli sonuçlar için, kulak tıkaçlarının üzerine ya da tek başına kullanılan ve kulağı tamamen kapatan koruyuculardır (Ataş, 2004).



(a) (b) (c)

Şekil 20. Manşonlu kulaklıklar (a) Standart manşonlu kulaklık (b) Baretli manşonlu kulaklık (c) Aktif ve telsiz özellikli manşonlu kulaklık

KKD temininde ortam ölçümü sonunda elde edilmiş gürültü düzeyleri ve koruyucuya ait gürültü azaltma oranları göz önünde bulundurularak maruziyet değerleri sınır değerlerin altına çekilmeye çalışılır.

Gürültünün alıcıda kontrol edilmesi bakımından yukarıda bahsedilen mühendislik yöntemlerine ek olarak kullanıcının vardiya, izin, mola vd. dinlenme zamanlarının düzenlenmesi gibi idari ve yönetimsel tedbirlerinde mutlaka alınması gereklidir. Yine, gürültü seviyesi ve tipine göre bireysel olarak seçilen KKD'lerin çalışanlar tarafından kullanımı konusunda eğitimler ve bilgilendirmeler ile KKD'lerin kullanımının denetlenmesi gürültünün alıcıda kontrolünün olmazsa olmaz gerekliliklerdir.

1.14. Endüstride Gürültü Değerlendirmesine İlişkin Standartlar ve Yönetmelikler

İnsan sağlığı açısından, gürültüyü çalışma ortamlarında belirlenen tehlike sınırlarının altında tutabilmek üzere birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de yasal düzenlemelere gidilmiş ve bu bağlamda çeşitli yasa, tüzük, yönetmelik ve standartlar geliştirilmiştir.

Ülkemizde iş yerlerindeki gürültü ile ilgili ilk çalışmalar 1970'li yıllarda başlamış olup bu faaliyetler günümüzde Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı'na bağlı İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı (İSGÜM) tarafından yürütülmektedir. İSGÜM, gürültü düzeylerini belirlemek, değerlendirmek, çalışanların işitme testlerini yapmak ve gerekli görülen ortamlarda KKD seçimi ve kullanımını sağlamak üzere iş başı eğitimler düzenlemektedir. Ülkemizde gürültü sınır değerlerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi, denetlenmesi ve yasal düzenlemelerle ilgili olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Sağlık Bakanlığı birlikte çalışmalar yürütmektedirler.

Gürültü ile ilgili yasal düzenlemeler incelendiğinde, "gürültü" kavramı ilk defa 1475 Sayılı İş Kanunu çerçevesinde, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü'nde tek madde olarak geçmektedir. 1986 yılında Çevre Bakanlığı tarafından çıkarılan ve daha çok çevresel gürültünün ön planda olduğu, Gürültü Kontrol Yönetmeliği yürürlüğe konulmuştur. Sonraki yıllarda 2003/10/EC sayılı AB direktifi esas alınarak, 23 Aralık 2003 tarihinde 25325 sayılı Resmi Gazetede Gürültü Yönetmeliği yayımlanmış ve üç yıl sonra bu yönetmeliğin yürürlüğe girmesi ile de evrensel normlara geçilmiştir. 1970'lerde Amerika Birleşik Devletlerinde uygulamaya konulan ve 2004'te yeniden gözden geçirilen OSHA (Occupational Safety and Health Administration-İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi) da birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de esas alınmıştır. Sürekli olarak 115 dB(A) "yüksek gürültü", 140 dB(C) de "yüksek darbe (tepe) gürültüsü" olarak belirlenmiştir. ISO 1999 standardı bünyesinde hazırlanan TS 2607 ISO 1999 (2005) "Akustik-İş Yerinde Maruz Kalınan Gürültünün Tayini ve Bu Gürültünün Sebep Olduğu İşitme Kaybının Tahmini" standardında da eşdeğer ses düzeyi (Leq) hesaplama ve riskleri tahmin etme yöntemlerine yer verilmiştir (Özgüven, 2008).

1.15. Gürültü Haritalama ve Gürültü Haritaları

Gürültü haritalama, bir bölge veya alana ait ses seviye dağılımlarının eş yükselti eğrileri ile temsiline dayalı bir yöntemdir. Gürültü haritaları sayesinde yerel ya da küresel çerçevede yürürlükte bulunan gürültü sınır değerlerinin aşılıp aşılmadığı, gürültü kaynaklarının tespiti, gürültülü alanlarda çalışan ya da yapılan işten etkilenen kişilerin sayıları ve maruziyetleri hakkında tahminsel hesaplama yöntemleri ile bilgi sahibi olunabilmekte ve önlemler geliştirilebilmektedir (ÇGDYY, 2010). Gürültü haritalarının

oluşturulmasındaki temel amaç gürültüyü önlemek ve gerekli planlamaları yapabilmektir. Gürültü haritaları kullanılan ölçeklere göre kaba ya da detaylı bilgi vermekle birlikte aşağıdaki faydaları da sağlamaktadırlar (Kurra, 2009b):

a. Çalışılan ortamın ortalama ve genel ses düzeyleri belirlenebilmektedir.

b. Mevcut bölge ya da alanlar için mevzuatlarda belirlenen gürültü sınır ve seviyelerinin aşılıp aşılmadığı tespit edilebilmektedir.

c. İlgili bölgede yaşayan ve çalışanların etkilendiği alan ve ortamlar belirlenebilmektedir.

d. İlgili bölge ya da alanda gürültüden etkilenen kişi sayısı belirlenebilmektedir.

e. Yeni alınacak veya yeri değiştirilecek ses kaynağının oluşturacağı yeni gürültü değerleri hesaplanabilmektedir.

f. Çevrede veya kapalı alanda uygulanabilecek ses yalıtım faaliyetlerine referans ve kaynak bilgiler sağlanabilmektedir.

g. Hesaplama ve ölçüm sonuçlarının görsel olarak karşılaştırılması mümkün olmaktadır.

h. Yeni planlama ve revizyonlar için referans olmaktadır.

i. Risk değerlendirme ve eylem planlarının oluşturulmasına referans olmaktadır.

Gürültünün bir çevre kirliliği türü olarak ele alınması ile gürültü maruziyetinden kaç kişinin ve ne kadar zarar görmekte olduğu üzerine çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. 1970'lerden sonra çeşitli tahmin yöntemleri ile coğrafik haritalar üzerine gürültü işlemeleri yapılmıştır. Bu yıllarda, bilgisayar yardımıyla Fortran 4 programı ile 2 boyutlu kontur haritaları oluşturulmuştur. Japonya'da ilgili gürültülü alanın gridlere (ızgaralara) bölünmesi ile her bir alan içinde gürültü düzeyine göre çapı, bazen de rengi değişen daireler kullanılarak ilk çevresel haritalama sunum tekniği kullanılmıştır. Gürültü haritalarında bölgeler gürültü düzeylerine göre TS ISO 1996-2 (2009) standardı çerçevesinde renklendirilmektedir. Ülkemizde gürültü haritaları konusu ilk kez 1986 tarihli Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde yer almasına karşın Devlet kuruluşları ve yerel yönetimler tarafından gerekli ilgiyi görmemiştir (Kurra, 2009b).

Günümüzde gürültü haritaları genellikle bilgisayar yazılımlarıyla oluşturulur. Yazılım; yerleşim planına, binanın geometrik şekline, yapısına, zemin tavan özelliklerine, kullanılan yansıtıcı ve soğurucu yüzey bulunup bulunmamasına göre referans aldığı standartlara göre matematiksel akustik hesaplamalarla gürültü haritasını oluşturur. Yazılım kullanılmasının nedenleri şöyle sıralanabilir (Aslantaş, b.t.):

- Belirli bir noktada oluşan gürültü, birden fazla gürültü kaynağından çıkan gürültünün bileşkesi olup geleneksel ölçü aletleri bunu ayırt edemez.
- Alınacak tedbirler için hızlı ve dinamik çözüm önerileri sunarlar.
- Yazılımlarla hazırlanan haritalar sonraki değişiklik ve revizyonlara çok daha hızlı adapte edilebilmekte ve olası sonuçların hızlı bir biçimde görülebilmesini sağlamaktadır.
- Gürültü kontrolü için yapılacak revizyon ve yeniliklerin olası sonuçlarının yazılımlarla simüle edilerek anlık görülebilmesi maliyetleri oldukça düşürmektedir.

Endüstriyel kapalı alanlar (Atölye, üretim ortamları vd.) için gürültü haritası oluşturulurken aşağıdaki işlem basamakları uygulanır:

1. Atölye veya çalışma alanının yerleşim planı hazırlanır ve bir Bilgisayar Destekli Çizim (BDÇ) programında 2 boyutlu (2B) olarak çizilir. Bu çizimde atölyedeki sabit veya değişken çalışma konumları/unsurlar (kapılar, giriş ve çıkışlar vd.) belirlenir.
2. Atölye veya çalışma alanı içerisindeki makina ve gürültü kaynaklarının x, y konum koordinatları, boyut ölçüleri referans alınan 0,0 noktasına göre belirlenir ve ölçülendirilir.
3. Ölçüm yapılacak noktalar uygun konum ve makul uzaklıklarda x, y koordinat noktası olacak şekilde 2B olarak çizilen yerleşim planı üzerinde belirlenir.
4. Ön testlerde ölçülen gürültü düzeylerine göre iki ölçüm noktası arasındaki gürültü düzeyi farkına göre ölçüm noktaları arası mesafe azaltılır.
5. Ölçümlerin güvenli mesafede yapılmasının mümkün olmadığı durumlarda makine veya gürültü kaynağı için üretici firmanın beyan ettiği değerler kullanılır. Gürültü ölçümleri tamamlandıktan sonra seçilen bir gürültü haritası oluşturma yazılımında daha önce Bilgisayar Destekli Çizim (BDÇ) programında 2B olarak çizilen atölye yerleşim planı çağrılır. Bilgisayar destekli gürültü haritalamada farklı firmalar tarafından ticari programlar geliştirilmiştir. Raynoise, Cadna, Lima, Soundplan, Surfer, Mithra gibi ticari programlar örnek olarak verilebilir (Kurra, 2009b).
6. Gürültü ölçüm değerleri bu yerleşim planı üzerinde belirlenmiş olan ölçüm noktaları göz önünde bulundurularak yazılıma girilir.
7. Oluşturulacak gürültü haritası üzerinde gürültü düzeyine göre güvenli ve tehlikeli bölgeleri daha net görebilmek için renk kartelası değer aralığı belirlenir.
8. Haritalama programının desteklediği haritalama model ve standartlar belirlenerek haritanın otomatik olarak oluşturulması sağlanır.

9. Oluşturulan gürültü haritaları alanda uzman kişiler tarafından değerlendirilerek gürültünün kontrolü ve denetimi için uygun mühendisliki ve yönetimsel tedbirler belirlenir.

1.16. Endüstriyel Gürültü Maruziyeti ve Sektörel Farklılıklar

8 saat süre boyunca, 80 dB(A) seviyesi altındaki gürültüye maruz kalmak herhangi bir işitme kaybına neden olmaz iken sürekli olarak 100 dB(A)'lık gürültüye maruz kalmak 5, 20 ve 40 yılda sırasıyla 5 dB, 14 dB ve 19 dB işitme kaybına neden olmaktadır (KİSGYRRDMS, b.t). 2012 yılında yapılan bir araştırmaya göre; 2 yıllık çalışma döneminde iş kazalarına bağlı acil servislere 1300'den fazla kişinin başvurduğu, bu başvuruların %30,1'inin makine ve metal sektörlerinden, %28,7'sinin ise tekstil sektöründen olduğu tespit edilmiştir (Serinken ve ark., 2012).

1.16.1. Tekstil ve Hazır Giyim Üretim Sektörü

Tekstil ve hazır giyim sektörü; ticari işlem hacmi ve istihdam açısından gelişmiş ülkelerin 18. yüzyıldaki sanayileşme hamlesi ile önemli ekonomik katkı sağlamakla birlikte 1970 sonrasında üretim ve iş gücü maliyetlerinin yüksekliği dolayısıyla gelişmekte olan ülkelere doğru yönelmiş, dünyada ve ülkemizde sanayileşme alanında önemli rol oynamış bir sektördür (Çakmakoğlu, 2012). SGK'nın 2014 kayıtlarına göre 19.821.822 aktif sigortalı çalışanın 941.349'u tekstil ve giyim eşyaları imalatında çalışmakta olup bu çalışanlar genellikle 50-249 çalışanı bulunan orta ölçekli işletmeler olmak üzere 52.214 işyerinde istihdam edilmektedirler. Ülkemizde böylesine önemli bir istihdam hacmine sahip tekstil sektörü hem işveren hem de çalışanları açısından İSG konusunda pek çok riskle de karşı karşıyadır. Tekstil sektöründe kullanılan büyük boyutlardaki makinelere bağlı olarak birçok kaza sonucu uzuv kayıpları yaşanabilmektedir. Bunun yanı sıra, gürültü, titreşim ve kimyasallar nedeniyle mesleki hastalıkların da görüldüğü bir sektördür. Ülkemiz hazır giyim ve tekstil sektörü üretim teknolojisi ve ürün kalitesi itibarıyla dünya standartlarında olup, üretimde kullanılan makinelerin yaklaşık %75'i 10 yaşından gençtir (Konuklar, 2016).

Hazır giyim ve tekstil sektörü, ihracattaki %35'lik, istihdamdaki %11'lik ve Gayri Safi Milli Hasıla'daki (GSMH) %10'luk pay ile ülkemizdeki toplam sanayi yatırımlarının %25'ini bünyesinde barındıran önemli sektörlerinden biridir (Güllüoğlu ve Taçgın, 2018).

Tekstil sektöründe karşılaşılan iş kazalarına neden olan riskler; gürültü, yangın, tehlikeli kimyasallar, toz, hareketli donanımlarından kaynaklanan riskler ve ergonomik olmayan çalışma şartlarından kaynaklı tehlikeler ile fiziksel ve psikolojik baskılar olarak

tanımlanabilir (Uğurlu, 2011). Uğurlu'ya göre (2011) tekstil sektöründe iplik üretim hattındaki bazı bölümlerde gürültü değerleri; harman hallaç-tarak-cer-penyöz bölümleri için 80-85 dB(A), vater ve fitil bölümleri için 85-93 dB(A), haşıl ve taharlama bölümleri için 80-85 dB(A), iplik büküm katlama bölümü için 95-105 dB(A), örme bölümü için 80-85 dB(A), dokuma bölümü için 93-100 dB(A) ve kumaş boyama bölümü için ise 80-85 dB(A) aralığındadır.

1.16.2. Mobilya Üretim Sektörü

Üretim kategorisinde dünyadaki üretimin ¼'ünü gerçekleştiren Çin sektör lideri iken, onu %15, %8 ve %7 oranlarıyla Amerika Birleşik Devletleri (ABD), İtalya ve Almanya izlemektedir. Gelir ve refah artışına bağlı olarak artış gösteren, yıpranma, moda ve estetik kaygılar sebebiyle mobilya değişikliğine gidilen hareketli bir sektördür. MÜSİAD 2010 yılı Dayanıklı Tüketim ve Mobilya Sektör Raporu'na göre dünyada yan ve yardımcı sanayisi ile birlikte yıllık 376 milyar dolarlık bir değer üretmektedir (MÜSİADDTMSR, 2013). İstanbul, Bursa, İzmir, Ankara ve Kayseri illeri en başta olmak üzere ülke genelinde 260.000 kişilik istihdam ile mobilya sektörü ayrı bir yere sahiptir. Yan sanayi da eklenince yaklaşık 2 milyon kişilik bir kitleye iş olanağı sağladığı görülmektedir (Ulay, 2011).

Mobilya sektörü tehlikeleri; ekipman ve makineler, gürültü, toz, titreşim, kimyasallar, elle kaldırma ve taşıma, yangın, işletme içi trafik, özensiz ve dikkatsiz sık tekrarlı hareketler olarak sayılabilir (MSİSGR, b.t). SGK iş kazası ve meslek hastalıkları istatistiklerine göre; Türkiye'de, 2015 yılında mobilya imalatı sektöründe toplam 5.068 çalışan iş kazası geçirmiş ve 2 çalışana ise meslek hastalığı teşhisi konulmuştur (SGK, 2015).

1.16.3. Makine Metal ve Pres Üretim Sektörleri

Metal ve pres üretim sektörlerinde döküm, cevher ve hurda eritme, kaynak, pres, metal kesme, sıcak ve soğuk dövme, tornalama, frezeleme, sinterleme vd. metal işlemeye yönelik teknikler uygulanmakla birlikte taşlama, zımparalama, parlatma, yüzey işleme ve kaplama gibi son işlem uygulamaları da gerçekleştirilmektedir.

Makine, metal ve pres üretim sektörlerinde en çok görünen meslek hastalıları ise el-kol ve tüm vücut titreşim sendromları, gürültüye bağlı işitme kaybı, bel rahatsızlıkları, toz kaynaklı akciğer hastalıkları, mesleki cilt hastalıkları, kimyasallardan kaynaklanan meslek hastalıkları, astım, koah ve kanserdir (KİSGYRRDMS, b.t.).

Bu işyerlerinde gürültü seviyeleri 80-125 dB(A) arasında değişmekle birlikte presler, torna ve freze tezgâhları, testere, plazma tezgâhları, pnömatik darbeli aletler ve yüksek hızlı taşlama aletleri ve tezgâhları önemli gürültü kaynakları arasındadır. Sektör çalışanları oluk açma (97-99 dB(A)), taşlama (97-106 dB(A)), zımba presi (102-107 dB(A)), balyoz darbe sesleri (115-120 dB(A)) vd. kaynaklı gürültülere maruz kalmaktadırlar (KİSGYRRDMS, b.t.).

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sektörlere bağlı olarak çalışanların maruz kaldığı tehlikeler değişkenlik göstermekle birlikte, küçük ve büyük işletme fark etmeksizin birçok alanda fiziksel risk etmeni olan endüstriyel gürültü İSG açısından ciddi problemler oluşturmaktadır. Bu bağlamda, ilgili bölgedeki gürültü düzeylerini belirlemek, gürültüye maruz kalan hassas bölgeleri tanımlamak ve gürültü kontrolü planlaması yapmak üzere gerekli bilgileri elde etmek için gürültü haritaları hazırlanmaktadır. Gürültü haritalama ile elde edilecek veriler ilgili bölgenin rehabilitasyonu için gerekli olup bölgenin gelişim stratejisinin belirlenmesi için çok büyük önem taşımaktadır. Özellikle kapalı ortamlardaki endüstriyel gürültü haritalama çalışmaları, çalışma ortamı işitsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için büyük önem arz etmektedir. Gürültü maruziyetinin İSG'ye etkileri ve maruziyetin önlenmesine yönelik akademik veya özel firmalar tarafından yapılan çalışmalar son 10 yılda artış göstermiştir. İSG ile bağlantılı olarak endüstriyel kirlilik kapsamında yapılan yurt içi ve yurtdışı, akademik ve bilimsel çalışmalar hızla devam etmektedir.

2.1.Endüstriyel Gürültü Maruziyetinin Ölçümü ve Değerlendirilmesine İlişkin Yurtiçi ve Yurtdışı Çalışmalar

Bozkurt (2018) tarafından yapılan çalışmada, tekstil sektöründe gürültülü çalışma ortamına sahip halı dokuma fabrikalarında çalışma ortamı gürültü seviyeleri ile çalışan işçilerin kişisel gürültü maruziyet seviyelerinin tespiti için, Gaziantep ilinde beş adet halı dokuma fabrikasında ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde kişisel gürültü maruziyetinin çalışma ortamındaki gürültü seviyelerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmada, halı dokuma fabrikalarında en fazla kişisel gürültü maruziyetinin dokuma makinesi çalışanları ve oyma makinesi çalışanlarında meydana geldiği belirlenmiştir. Bu değerlerin yönetmeliğin belirlediği en yüksek eylem değeri olan 85 dB(A)'dan ve maruziyet sınır değeri olan 87 dB(A)'dan yüksek olduğu görülmüştür. Son olarak, halı dokuma fabrikalarında gürültüden kaynaklı risklere karşı alınabilecek bazı önlemlere yer verilmiştir.

Ege ve ark. (2003) Çukurova bölgesinde, 3 tekstil fabrikasının iplik ve dokuma bölümlerinin 1/1 oktav bandındaki ses basınç düzeylerini ve eşdeğer ses düzeyi değerlerini ölçülmüşler ve işitme değerleri ile kıyaslayarak etkilerini incelemişlerdir. Dokuma

makinalarından yayılan ses basınç düzeyi değerleri 1/1 oktav bandı tüm frekanslarda 78,3-100,8 dB(A) aralığında değişirken iplik makinalarında bu değerler 74,7-90,3 dB(A) aralığında değişmiştir. 4 kHz'de ise ses basınç düzeyi değerleri; dokuma makinalarında 87,7-98,1 dB(A) arasında, iplik makinalarında 81,2-88,8 dB(A) arasında değişmiştir. Eşdeğer ses düzeyi değerleri ise dokuma makinalarında 97,1 dB(A) ile 105,5 dB(A) aralığında, iplik makinalarında 89,7 dB(A) ile 93,9 dB(A) aralığında ölçülmüş ve bahsedilen kaynaklarda gürültünün azaltılmasına yönelik öneriler sunulmuştur.

Soylu ve Gökkuş (2016) Kayseri'de faaliyet gösteren bir tekstil firmasının dört farklı dokuma bölümlerinde birbirini takip eden on iş günü boyunca, çalışmanın yoğun olduğu 11:00-12:00 saatlerinde, aynı noktalarda gürültü ölçümleri yapmışlardır. Çalışmada eşdeğer gürültü düzeylerinin 73,4 dB(A) ile 94,4 dB(A) arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Dokuma ünitesinin bazı bölümlerinde gürültü düzeylerinin Gürültü Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen değerlerin üzerinde olduğu anlaşılmış, bu gürültü düzeyi değerleri, işçilerin işitme hassasiyetleri ile işitme kayıpları açısından incelenmiş ve gürültünün etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada gürültünün kaynağında önlenmesine ve azaltılmasına yönelik öneriler de sunulmuştur.

Yüksel (2017) çalışmasında maden işletmelerinde kullanılan 67 adet farklı iş makinesinden gürültü düzeyi ölçümleri almıştır. Seçtiği iş makineleri arasında hafriyat kamyonu, ters kepçe, greyder, paletli dozer, hidrolik kırıcı, döner kepçeli ekskavatör, lastik tekerlekli yükleyici, hidrolik ekskavatör, lastik tekerlekli titreşimli silindir, kömür yükleyici, delici, dökücü, kömür serici, aktarma aracı, ve ters kepçe yükleyici bulunmaktadır. Araştırmacı gürültü ölçümlerini Sivas ve çevre illerde yer alan bir yol inşaat çalışması, bir açık altın işletmesi, bir kum ocağı, bir açık kireçtaşı işletmesi, bir açık bir açık kömür işletmesi ve demir işletmesi olmak üzere toplam altı işyerinde yapmıştır. Araştırmacı paletli dozerin en yüksek gürültü maruziyetine neden olduğunu belirtirken döner kepçeli ekskavatör kömür yükleyicinin ise en düşük gürültü maruziyetine yol açtığını belirtmiştir.

Duran ve ark. (2018) çalışmalarında bir alçı fabrikasında 19 farklı iş tanımına göre 57 noktada gürültü seviye ölçümleri yapıp gürültü ve frekans ilişkilerini incelemişlerdir. Gürültü ölçümleri sonucunda en yüksek gürültü kaynağı taş kırma ünitesi olurken paketleme ünitesi de maruziyet sınırlarını aşan diğer ünite olmuştur. Frekans ilişkileri incelendiğinde en yüksek gürültü düzeyleri orta frekansta görülürken, en düşük gürültü düzeyleri ise yüksek ve düşük frekans aralıklarında görülmüştür. Tüm ünitelerde

çalışanların maruz kaldıkları en yüksek gürültü düzeyi ise 250- 2500 Hz aralığında tespit edilmiştir.

Sakarya (2016) inşaat şantiyelerinde açık alan çalışmalarında kullanılan, gürültü seviyesi yüksek iş araç ve gereçlerinin yarattığı gürültü maruziyetini tespit etmek için gürültü ölçümleri yapmıştır. Araştırmacı çalışmasında gürültü kaynaklarına belirli oranlarda artan mesafelerden ortam ölçüm değerlerini gürültü ölçüm cihazı ile alarak çalışma alanının gürültü değerlerini belirlemiştir. Ortam ölçüm sonuçlarına göre de çalışanların gürültü kaynaklarına yaklaşmada güvenli alan ve mesafe tespitlerini yapmıştır.

Esen (2010) tarafından üretim alanlarında oluşan gürültü araştırılmıştır. Araştırma Arçelik Pişirici Cihazlar İşletmesindeki 1250 ton kapasiteli bir preste çalışma anındaki oluşacak gürültü seviyelerinin incelenmesi üzerinedir. Araştırmada ayrıca presin kurulabileceği alternatif alanlar arasından seçim yapılırken gürültü faktörü göz önünde bulundurulmuştur. Yeni pres ile aynı teknik özelliklere ve kapasiteye sahip başka bir presin gürültü seviyeleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu gürültü seviyesi 4,6 dB(A) daha düşük olduğu belirlenerek yeni pres işletmenin hizmetine sunulmuştur.

Can (2019) Oyak/Renault Bursa otomotiv fabrikasında pres hattı atölyesinde 28 noktada gürültü ölçümleri yapmıştır. Ölçümlerin tamamına yakını 92 dB(A)'dan büyük iken, en yüksek değer ise 103 dB(A) olarak ölçülmüştür. Çalışmada gürültüyü yayılma ortamında azaltma yöntemi çerçevesinde, yeni bir köpük çekirdekli sandviç yapısı ile tamamen kapatma yöntemiyle gürültü önleme uygulaması gerçekleştirilmiştir. Dört tarafı kapalı, dört tarafı ve tavanı kapalı olmak üzere beş tarafı kapalı ve açıklıkları azaltılmış beş tarafı kapalı olmak üzere üç farklı kapatma tasarımı denenmiştir. Her üç durum için gürültü ölçümleri yenilenmiş ve her üç durum için 85 dB(A) gürültü seviye değerinin altında sonuçlar alınmıştır. Beş tarafı kapalı tasarımlar diğer dört taraflı tasarıma göre çok daha iyi sonuçlar vermiştir. Ayrıca beş taraflı kapatma tasarımındaki küçük açıkların iyileştirilmesinin ses yalıtımına önemli katkısı olduğu tespit edilmiştir.

Akduman (2008) bir metal işleme tesisinde ilgili yönetmelikler kapsamında gürültü ve titreşim ölçümleri yapmış ve sonuçları değerlendirmiştir. Ölçümler öncesinde, tesis içerisinde operatörlerin çalıştığı noktalar tespit edilmiştir. Tespit edilen noktalarda yapılan ölçümler sonucunda gürültü ve titreşim maruziyeti ile ilgili mevcut şartlar incelenerek risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Vibrasyon ve ses düzey ölçer cihazı ile çalışanların maruz kaldıkları titreşim düzeyi ve L_{eq}, P_{peak} gürültü düzey değerleri tespit edilmiştir. $L_{EX,8saat}$ değerlerinin 64,9-98,7 dB(A) arasında ve P_{peak} değerlerinin ise 95,2-120,5 dB(C) arasında

olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada; bütün vücut titreşimi kişisel maruziyet değerlerinin Titreşim Yönetmeliğinde verilen sınır değerlerinin altında olduğu görülürken, gürültü maruziyet değerlerinin ise Gürültü Yönetmeliğinde verilen sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Şahin (2003) çalışmasında birçok işletmenin sorunu hale gelen gürültünün kaynağında ve yayılma ortamında engellenmesi için mühendislik çalışması yapılmasının gerekliliğine vurgu yapmıştır. Şahin, aç-yat kanepe metal iskelet imalatı yapılan fabrikada yaptığı ortam gürültü ve kişisel maruziyet ölçümleri sonucunda belirlediği yüksek gürültü değerlerine istinaden titreşim yalıtımı, bariyer uygulaması ve hücre uygulamalarını önermiştir. Araştırmacı ayrıca, 2 kHz-8 kHz frekans aralığında 115 dB(A)'ya kadar gürültü yayan hız testeresi için kısmi hücre uygulamasını önermişken, 125-500 Hz'lerdeki gürültü kaynakları için titreşim yalıtım yöntemini önermiştir. Bariyer yönteminin yetersiz kaldığı durumlarda is ek olarak bireysel koruyucular kullanılması gerekliliğine vurgu yapmıştır.

Ateş ve Arabacıoğlu (2018) çalışmalarında imalat işletmelerinde, birlikte çalışan makine ve ekipmanların ortama yaydıkları gürültünün kanun ve yönetmeliklerde belirtilen sınır değerlerin üzerine çıktığından hareketle, çivi imalatı yapan bir işletmede 27 noktada yaptıkları ölçümler sonucunda gürültü maruziyet değerlerinin 86,1-101,6 dB(A) aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma ve dinlenme aralıkları düzenlenmesi, dinlenme alanlarının gürültüye karşı revize edilmesi, gürültü perdeleme, kapatma, sönümleme vb. çözüm önerilerini sunarak gürültü maruziyet değerlerinin düşürülebileceğini belirtmişlerdir.

Çakır (2010) tarafından yapılan çalışmada Ankara ilinde mobilya imalatı yapan 7 adet fabrikada gürültü seviyeleri ve gürültüye bağlı işitme kayıplarını değerlendirmek amaçlanmıştır. Bu fabrikalarda toplam 872 çalışanın bulunduğu alanların gürültü düzeyleri ölçümleri gerçekleştirilmiş ve yine tüm çalışanlara odyometrik ölçümler yapılmıştır. Fabrikalarda çalışan 724 kişinin (%83) çalıştığı alanlarındaki gürültü seviyesi 80 dB'nin üzerinde ölçülmüş ve gürültüye bağlı işitme kaybı sıklığı %6,45 olarak tespit edilmiştir. Çalışanların maruz kaldıkları gürültü ve gürültüye bağlı işitme kayıpları istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur.

Kurban (2015) tarafından yapılan çalışmada, masif mobilya üretimi yapılan işletmelerde kullanılan ağaç işleme makinelerinde çalışan işçilerin maruz kaldığı fiziki çevre faktörlerinden gürültü, titreşim ve odun tozu incelenmiştir. Çalışma, Bartın'da faaliyet gösteren üç küçük ve orta ölçekli işletmelerde zımpara, daire testere, planya ve

freze tezgâhı olmak üzere dört farklı tezgâhta çalışan işçiler üzerinde gerçekleştirilmiştir. İşletmelerde gürültü ölçümlerine ait en yüksek değerler daire testere tezgâhında, planya tezgâhında, zımpara tezgâhında ve freze tezgâhında sırasıyla 91,70 dB(A), 95 dB(A), 91,20 dB(A) ve 96 dB(A) olarak belirlenmiş olup bu ölçüm sonuçları tehlike sınırının üzerindedir. Diğer yapılan titreşim ve toz ölçüm sonuçlarına göre de her bir tezgâhın değerleri tehlike sınırlarının üzerinde çıkmış ve bu değerlere bağlı tavsiyelerde bulunulmuştur.

Serin ve ark. (2013) çalışmalarında, Kahramanmaraş'ta yer alan 450 değişik küçük ölçekli mobilya endüstrisi işletmesinde 5460 adet gürültü düzeyi ölçümü yapmışlardır. Ölçümler sonucunda, makineler dolu durumda çalışır iken ortalama en yüksek değer 95,17 dB(A) ile planya makinesinde, makineler boşta çalışırken ise en yüksek değer CNC tezgâhında 80,9 dB(A) olarak belirlenmiştir. Araştırmada gürültü düzeyinin makina başında çalışanın sağlığını tehlikeye atacak boyutlarda olduğu belirtilmiştir. Gürültülü ortamda çalışma süresinin artması durumunda ise çalışanlarda bazı fizyolojik ve psikolojik sağlık sorunlarının ortaya çıkabileceğine de dikkat çekilmiştir.

Can (2008) tarafından yapılan çalışmada gürültünün tersane isçileri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bir tersanede bulunan Fabrika1 ve Fabrika2 olarak adlandırılmış iki fabrikada işçilere uygulanan anket ile gürültü ve etkilerini öznel olarak değerlendirmeleri istenmiş ve ardından ortam gürültü seviye ölçümleri yapılmıştır. Fabrika1'deki tüm noktalarda gürültü seviyelerinin limit değerleri aştığı tespit edilmiş olup Fabrika2'deki gürültü seviyelerinin ise 85 dB(A) değerinden düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada ayrıca kulak koruyucuların performansı ve konuşma interferansı da incelenmiştir.

Ülker (2018) Ankara'da faaliyet gösteren 1500 m^2 büyüklüğünde bir işletmede 21 noktada gürültü analizi yapmış, makinaların boş ve dolu durumlarına bağlı olarak gürültü seviyeleri ölçülmüştür. Günlük 8 saatlik çalışma süreci sonunda 85 dB(A) değeri üzerinde olan maruziyet bölgeleri için tavan ve duvarlara ses emici bariyerler, yüksüz durumdaki makinaların kapatılması, üniversitelerle iş birliği yapılarak mühendislik çözümlerinin üretilmesi, makine ve ekipmanların düzenli bakımlarının yapılması, çalışanların bilinçlendirilmesi ve KKD kullanımının teşvik edilmesi ve uyarı levhalarının sayılarının arttırılması gibi öneriler sunmuştur.

Brereton ve Patel (2016) çalışmalarında gürültüyü kaynağında yok etme prensibinden yola çıkarak, bilinçli üretim ve kullanım amacına bağlı olarak, makina imalatçılarının üretimlerinde Ar-Ge çalışmaları ile daha sessiz çalışan makinalar imal

etmeleri gerektiğine değinmişlerdir (Şekil 21.a). Yapılan ön pazar araştırmasında, Avrupa Birliği'nin 2006/42/EC sayılı Makine Emniyet Yönetmeliği Direktifleri göz önünde bulundurularak imal edilen makinaların %80 oranında uygunsuz olduğu görülmüştür (Şekil 21.b). Makinalar üzerinde belirtilen gürültü değerlerinin daha gerçekçi olmasına özen gösterilmesi, ilgili kurumlarca sıkı denetimlerin yapılması gerekliliği, makinaları satın alan müşterilerin de bu konuda daha bilinçli biçimde ilgili kriterleri göz önünde bulundurmaları, iş güvenliği kapsamında çalışma alanında yapılan gürültü seviye değerlerini makina üreticileri ile paylaşarak üreticilerin tasarımlarını yenileyebilmelerine olanak sağlamaları gerektiğini belirtmişlerdir. Böylece gürültüyü azaltma yönünde yapılacak maliyet ve emeklerin azalacağı kanaatine varılmıştır.



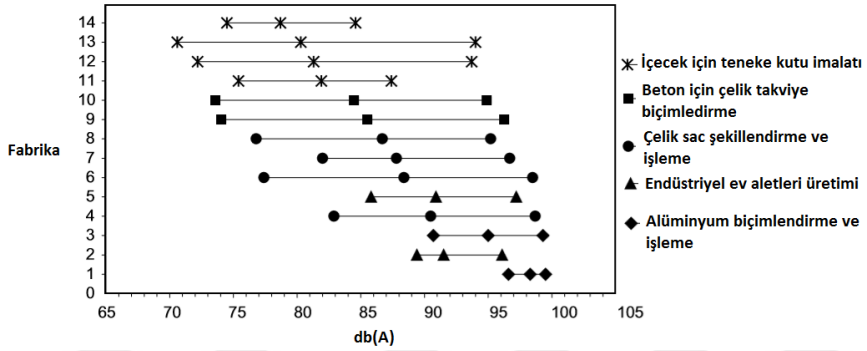
(a) (b)

Şekil 21. 2006/42/EC sayılı Makine Emniyet Yönetmeliği Direktiflerine uygun ve uygun olmayan makinalar (Brereton ve Patel, 2016). (a)Akustik olarak kapalı olan ve operatör maruziyeti 76 dB, (b)Akustik olarak açık olan makara, operatör maruziyeti 86 dB

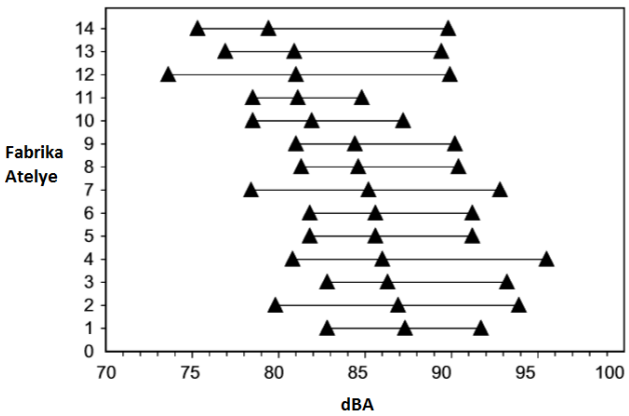
Özgüven (2012) çalışmasında, hasat sonrası kapalı alanlarda kullanılan mikser, selektör ve çekiçli yem kırma gibi tarım makinalarına ait gürültü düzeylerini kulağın en duyarlı olduğu 4 kHz frekansında sırasıyla 81 dB(A), 82 dB(A) ve 98 dB(A) olarak tespit etmiş, bahsi geçen makineleri kapalı alanlarda kullanacaklar için fikir vermesi açısından gürültü haritaları hazırlamıştır. Maruziyet sınırını aşan çekiçli yem kırma makinası için ise gürültü azaltma, önleme ve korunma önerilerinde bulunmuştur.

Noweir ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışma, Cidde Sanayi Bölgesi'ndeki metal işleme ve ahşap işleri endüstrisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, endüstriyel gürültüye maruz kalmanın büyüklüğünü değerlendirmek ve düzeltici eylemler önermektir. Gürültü, rastgele seçilen 28 fabrika ve atölyede günün farklı saatlerinde ölçülmüştür. Araştırmanın sonuçları, gürültü seviyelerinin fabrikanın türüne ve boyutuna, kullanılan makinelerin türüne ve sayısına göre değiştiğini göstermiştir. Metal fabrikalarındaki

ortalama gürültü seviyesinin ahşap fabrikalarındakine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En yüksek gürültü düzeyleri 90 dB(A) seviyesinin üzerinde, teneke kutuların imalatında ve beton için çelik takviye biçimlendirme işlerinde gözlenmiştir (Şekil 22). Çalışılan tüm metal ve ahşap endüstrisinin %50'sinde ortalama gürültü seviyeleri 85 dB(A) seviyesinin üzerinde çıkmıştır (Şekil 23).



Şekil 22. Çalışılan metal fabrikalarında ortalama gürültü seviyeleri (Noweir ve ark., 2014)

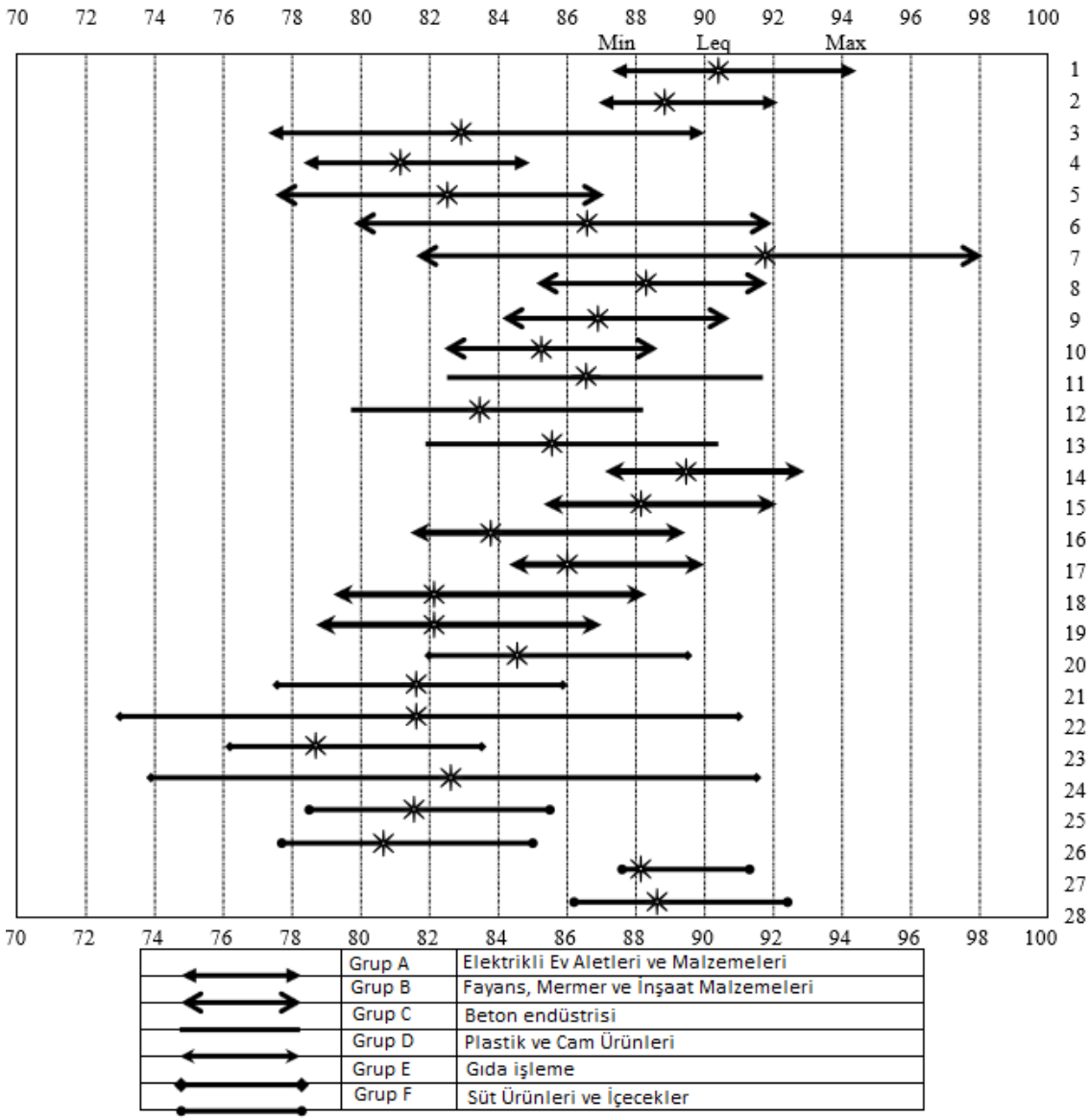


Şekil 23. Çalışılan ahşap fabrika ve atölyelerinde ortalama gürültü seviyeleri (Noweir ve ark., 2014)

Noweir ve ark. (2012) bir başka çalışmalarında, endüstriyel gürültüye maruziyetlerini değerlendirmek ve endüstriyel gürültü sorunun çözümü için önerilerde bulunmak amacıyla Cidde Sanayi Bölgesi'nde 6 faaliyeti temsil eden 28 fabrikada gürültü seviyesi ölçümleri yapmıştır. Bu araştırmanın sonuçları da gürültü seviyelerinin, çoğunlukla sanayinin türüne, işletmenin büyüklüğüne ve kullanılan makinenin türüne ve sayısına göre değiştiğini göstermiştir (Şekil 24). En yüksek gürültü maruziyeti (kaydedilen gürültü ölçümlerinin 85 dB(A)'dan yüksek olduğu) kablo, beton ve inşaat malzemeleri ve cam endüstrilerinde tespit edilmiştir. Ortalama gürültü ölçümlerinin 85 dB(A)'dan düşük olduğu gıda işleme, süt ürünleri ve meşrubat endüstrilerinde ise en düşük riskler tespit edilmiştir (Şekil 24). Bu

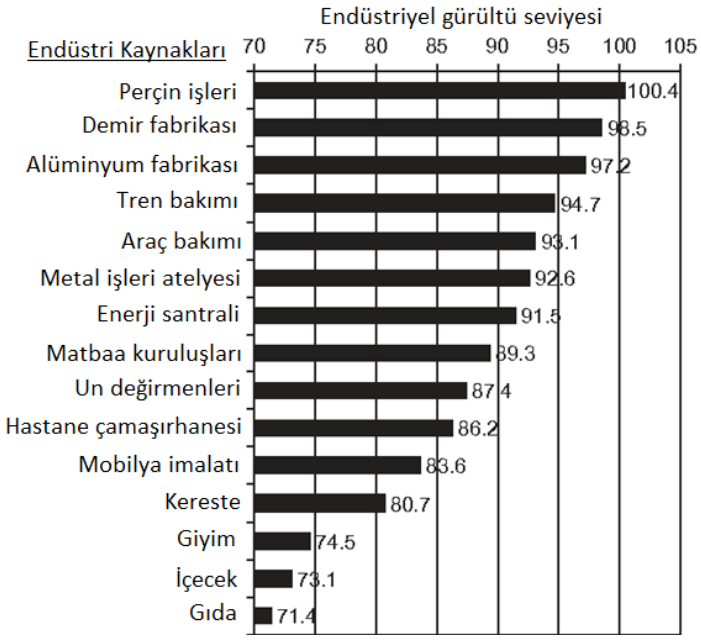
gürültü maruziyetinin, çalışanlarda sağlık sorunlarına neden olabileceği belirtilmiş ve gürültü kontrolü ile işitme koruma programları için hızlı bir strateji planlaması gerektiren bir durum olduğu sonucuna varılarak aşağıdaki stratejilerin uygulanması gerektiği belirtilmiştir:

- Mesleki gürültüye maruz kalmanın ölçülmesi,
- Fabrikaların gürültü haritasının oluşturulması,
- Gerekli olan her yerde gürültünün kontrol edilmesi,
- İstihdam öncesi işitme testlerinin yapılması,
- Periyodik işitme testi programlarının uygulanması.



Şekil 24. Farklı kuruluşlar için ortalama gürültü düzeyleri (Noweir ve ark., 2012)

Sayed (2011), Mısır'da gıdadan metal endüstrisine kadar 15 farklı sektörde gürültü seviyesi ölçümleri yapmıştır. Sonuçlar, eşdeğer sürekli gürültü seviyelerinin 70-100 dB(A) arasında olduğunu göstermiştir (Şekil 25). Araştırmacı çalışmanın bir sonraki aşamasında aynı işletmelerde toplamda 683 kişiye uyguladığı anket ile gürültünün sebep olduğu psikolojik, fiziksel rahatsızlıklar ile gürültü seviyesi arasındaki ilişkinin çok büyük oranda tutarlı olduğu kanaatine varmıştır. İşçilerin maruz kaldıkları endüstriyel gürültü seviyesi arttıkça kaza yapma olasılığı da artmıştır. Çalışmada, gürültüyü kaynağında ve yayılım ortamında yok etme ve çalışanda önleme konularında genel öneriler de sunulmuştur.



Şekil 25. Mısır'daki seçilmiş endüstriyel gürültü bölgeleri için ölçülen endüstriyel gürültü seviyeleri (Sayed, 2011)

Özel (2006) Kütahya ilinde faaliyet gösteren üç farklı tekstil fabrikasında, farklı zaman ve alanlarda gürültü ölçümleri yapmış ve ölçüm sonuçlarına bağlı olarak gürültü haritaları hazırlamıştır. Araştırmacı bu tekstil fabrikalarında çalışanlar üzerinde etkili olan gürültü düzeyinin ortalama 96,4 dB(A) olduğunu ve bu ortamlarda kişisel koruyucu donanımsız 8 saatlik çalışma yapılmasının işçi sağlığı açısından sakıncalı olduğunu belirtmiştir.

Erdoğan (2017) tarafından yapılan bir çalışmada üretim sahasında oluşan gürültünün kontrol edilmesi, azaltılması ve çalışanlar için zararlı olmaktan çıkarılması için farklı kontrol yöntemlerinden kaynakta yok etme ve yayılma ortamında yok etme incelenmiştir.

Araştırmacı çalışmasında üç farklı fabrikayı gürültü açısından incelemiş, gürültü kaynaklarını belirlemiş, ortam ve kişisel maruziyet ölçümlerini yapmış ve yine gürültüden korunmak için çeşitli uygulamalar gerçekleştirmiştir. Risk değerlendirmesi, üretim sahası yerleşimi, maruziyetin önlenmesi için KKD olarak kulak koruyucular, sessiz makine seçimi, işitme kaybı ve sağlık muayeneleri gibi hususların gürültü kontrolü için önem teşkil ettiğini saptamıştır.

2.2. Gürültü Haritalamasına İlişkin Yurtiçi ve Yurtdışı Çalışmalar

Gürültü haritalaması, gürültü etki değerlendirmesi ve gürültü azaltımı için önemli bilgiler sağlamaktadır. Ancak, dinamik ve karmaşık bir çalışma ortamında güvenilir stratejik gürültü haritalaması üretmek zordur. Han ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışma, gürültü haritalamasını simüle etmek ve bir işyerinde gürültüye maruz kalma seviyesini tahmin etmek için rastgele yürüme yaklaşımının yeni bir stokastik teknik olarak uygulanmasını önermektedir. Gürültü haritalaması tahmininde rastgele yürüyüş yaklaşımını kolaylaştırmak için stokastik bir simülasyon çerçevesi ve yazılımı, yani RW-eNMS geliştirilmiştir. Bu çerçeve, makine çalışmasının ve gürültü emisyon seviyelerinin rastlantısallığını ve karmaşıklığını dikkate almaktadır. Ayrıca, gürültünün çalışanlar ve çevre üzerindeki etkilerini de değerlendirmektedir. Verileri doğrulamak, tahmin verilerinin doğruluğunu kontrol etmek ve bu yaklaşımın etkinliğini belirlemek için üç vaka çalışması yapılmıştır. Sonuçlar, 2 dB(A)'dan daha az mutlak farklılıklarla yüksek tahmin sonuçlarının alınabileceğini göstermiştir. Ayrıca, öngörülen gürültü dozları çoğunlukla ölçüm aralığında olmuştur. Bu nedenle, araştırmada rastgele yürüyüş yaklaşımının çevresel gürültülerle başa çıkmada etkili olduğu belirtilmektedir.

Bozkurt (2010) çalışmasında İstanbul Des Sanayi Sitesi ve çevresi için endüstriyel gürültü haritası hazırlamıştır. Endüstriyel gürültü kaynaklarının ses gücü düzeyleri belirlenerek ve sesin açık alanda yayılma koşulları çerçevesinde elde edilen verilerle bölgenin endüstriyel gürültü haritası oluşturulmuştur. "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetilmesi Yönetmeliği" kapsamında gürültüye maruz kalan kişi sayısı belirlenmiş ve gürültü haritası verileriyle gürültü bariyer tasarımı önerilmiştir.

Gürültü haritaları genellikle büyük ölçekli alanlar, şehirler, kümelenmeler vb. için üretilmektedir. Bazı endüstriyel tesisler başta olmak üzere bazı işletmelere bu tür gürültü haritalarını uygulamaya önem verilmeyebilir, ancak yine de gürültü yakındaki çalışanlar için bir rahatsızlık yaratmaktadır. Küçük, mekânsal ölçekte meydana gelen gürültü

problemlerinin giderilmesi için gürültü haritalarının uygulanmasına büyük talep vardır. Bublić ve ark. (2010) tarafından yapılan araştırma endüstriyel tesislerin gürültü haritalamasındaki eksikliklerin üstesinden gelmek için uygulanan ölçüm metodolojisini, girdi verilerinin hazırlanmasını ve modellenmesini içermektedir. Çalışmada, ölçüm sonuçları ile gürültü haritası arasında bir korelasyon ve bir gürültü haritasından iyi sonuçlar elde etmek için kritik bir süreç olan tersine mühendislik uygulanmıştır.

Bozgün (2008) tarafından yapılan çalışmada, sanayilerin gürültü sorununa bakış açıları, sanayi tarafından alınan önlemler incelenmiş, nihayetinde çelik boru üretim yapan bir firmada gürültü seviye ölçümleri yapılmış ve bu ölçümler sonunda SoundPlan programı ile gürültü haritaları çıkarılarak uygunsuzluklar için tedbirlere yer verilmiştir.

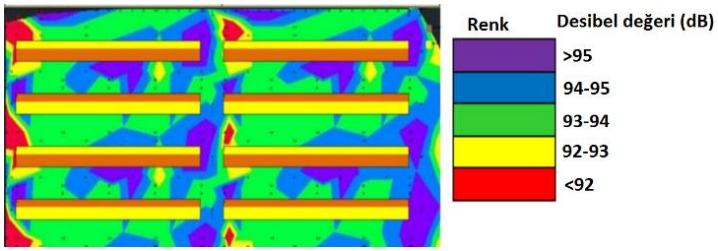
Çelik endüstrisi, her ülkenin en önemli endüstrilerinden biridir ve gürültünün bu sektörde çeşitli hastalıklara neden olan faktörlerden biridir. Her şeyden önce, işitme sistemine verilen zarar çok yüksektir. Bu nedenle, gürültü maruziyetinin değerlendirilmesi, gürültü kaynaklarının ve nedenlerinin belirlenmesi, önleme programlarının ve işitme korumasının kontrol edilmesi ve öğretilmesi kaçınılmazdır. Forouharmajd ve Shabab (2015) tarafından yapılan çalışmada, izosonik eğrileri ile gürültü haritasının çizilmesi ve Surfer modelleme yazılımı kullanarak gürültü maruziyetinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada ilk önce ön haritalar, istasyonlar çizilmiş ve ardından ses basıncı seviyesi ve oktav bant analizi için ölçümler yapılmıştır. Ölçüm verileri Surfer yazılımına kaydedilerek izosonik eğrileri çizilmiştir. Çevresel ölçümlerin sonuçları, 109 dB(A) seviyesindeki maksimum ses basıncının elektrik ark ocağı ile ilgili olduğunu göstermiştir. İzosonik eğrileri haritası, fırın, döküm ve soğutma yataklarının bulunduğu alanlarda gürültünün oldukça fazla olduğunu göstermiştir. Fabrika gürültü haritasına göre; 81 dB(A) seviyesindeki gürültülü kontrol odaları dışında, diğer ölçüm istasyonlarında standart maruziyet değeri 85 dB(A)'nın üzerinde çıkmıştır.

Arbaoui ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışma, Arzew (Cezayir) sanayi bölgesindeki GP1/Z tesisinde dönen makineler tarafından üretilen gürültünün incelenmesi, gürültü kaynakları, sahadaki ölçümler, gürültü haritaları ve bu soruna yönelik çözümleri belirlemek için derinlemesine bir araştırmayı içermektedir. GP1Z tesisinde dönen makineler tarafından üretilen gürültünün etkisini incelemek ve değerlendirmek için basitleştirilmiş yöntem olarak adlandırılan bir mühendislik yöntemi kullanılmıştır. Simülasyon, Code-TYMPAN yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları, GP1/Z tesisinde dönen makineler tarafından üretilen ortalama gürültü seviyesinin

standarda kıyasla kabul edilemez olduğunu göstermiştir.

Nguyen ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışmada Vietnam'daki bir tekstil fabrikasındaki gürültü ve çalışanların işitme yeteneği profilleri belirlenmiştir. Dokuma bölümünde yapılan gürültü haritalaması çalışması sonrasında gürültü seviyelerinin bazı alanlarda 90 dB(A) ile Vietnam standardını aştığı görülmüştür. Dokuma bölümünde 69 kadın işçiye yapılan odyometrik testler sonucunda 10 yıldan fazla gürültüye maruz kalan işçilerin en kötü işitme eşik seviyelerine sahip olduğu tespit etmiştir. Aynı şekilde, 35 yaşından büyük çalışanlar için de benzer bulgular gözlemlenmiştir. Duyma eşiği ölçümlerinde çalışanların genellikle 4 kHz gürültüye maruz kaldıkları ve bu frekansta duyarsızlaştıkları tespit edilmiştir.

Teknolojik gelişme ile artan gürültü seviyesi tekstil endüstrisinde ciddi bir sorun oluşturmakta ve çalışanlar için çok önemli bir iş tehlikesi haline gelmektedir. Bazı tekstil makinelerinin maksimum gürültü seviyesi 95 dB(A) kadar yüksektir ve birçok makineyi tek bir ortama yerleştirmek, kümülatif gürültü seviyesini bir makinenin maksimum gürültü seviyesinin ötesinde en az 5 dB arttırmaya neden olmaktadır. Jayawardana ve ark. (2014) tarafından yapılan bu çalışma gürültünün kalitesini ve fabrika içindeki dağılımını analiz etmek üzerinedir. Çalışmada bir tekstil fabrikasının kaplama tesisi içindeki gürültü seviyesi deneysel olarak ölçülmüş ve bir gürültü yayılım deseni geliştirmiştir (Şekil 26). Gürültü seviyesi, gürültüye maruz kalma eylem seviyesinin oldukça üzerinde olduğundan bir gürültü kontrol sistemi tasarlamak için gürültünün kalitesi analiz edilmiştir. Gürültü dağılımını tahmin etmek için matematiksel bir model geliştirilmiş ve model standartlara göre toplanan gürültü verileri ile doğrulanmıştır. Gürültüyü kontrol etmek için ekonomik açıdan uygun bir akustik tavan tasarlanmış ve önerilen gürültü kontrol yönteminin etkinliğini deneysel olarak kanıtlamak için bir pilot uygulama gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, farklı ses emici malzemenin bir arada kullanılması durumunda, pasif gürültü kontrolü yaklaşımının hibrid gürültü kontrolü yaklaşımına gitmeden gürültü kontrolünde daha büyük ufuklara sahip olduğu gösterilmiştir.



Şekil 26. Kaplama tesislerinde deneysel gürültü haritası (Jayawardana ve ark., 2014)

Çınar (2005) çevresel gürültüyü ve madencilik sektöründeki gürültü şartlarını ayrıntılı olarak incelemiştir. Gürültünün insan sağlığına etkileri, bu konuda ülkemizde ve dünyadaki yasal düzenlemelere değinmiştir. Kurduğu deney düzeneği ile gürültü dağılımına etki edebilecek çevresel faktörleri tespit ederek gürültünün arazide yayılımının tespitine yönelik çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar; sıcaklık, nem, basınç, rüzgâr yönü ve hızı gibi meteorolojik faktörler, fazla sayıda gürültü kaynağının olması göz önünde bulundurularak, geniş bir alanda kurulan 121 adet ölçüm istasyonuyla yapılmıştır. Elde edilen deneysel bilgiler doğrultusunda açık işletmelerde gürültü kaynakları belirlenmiş ve her bir gürültü kaynağının oluşturduğu L_{eq} değerleri hesaplanmıştır. Gürültünün yayılımına yönelik bir tahminsel model ile ocak içerisinin gürültü haritaları çizilerek gerçek ölçüm sonuçlarının çizilen bu haritalarla birlikte verilmesi amaçlanmıştır.

Indrianti ve ark. (2016) çalışmalarında, Endonazya'da PT Jawa Furni Lestari isimli ağaçtan mobilya imalatı yapan bir şirketin gürültü sorununu incelemişlerdir. Ortam gürültü ölçümleri yapılmış, gürültü haritası oluşturulmuş (Şekil 27.a) ve araştırma sonucunda fabrika montaj alanındaki boyama ve püskürtme işlemlerinde kullanılan hava kompresörünün 106,28 dB(A)'lık gürültü seviyesi ile eşik değerini geçen önemli bir gürültü kaynağı olduğu görülmüştür. Şekil 27.a ve b'de hava kompresörünün bulunduğu alan dikdörtgen içine alınmıştır. 1190 dev/dak motor devri ve 5,5 MW motor gücüne sahip hava kompresörü için ses seviyesi 116,5 dB(A) ölçülmüştür. Bir sonraki aşamada gürültü bariyeri geliştirmek için gürültü bariyerinin işlevleri, fonksiyonları, bileşenleri ve kriterleri belirlenmiştir (Tablo 6). Daha sonra gürültü bariyeri için Tablo 7'de verilen tasarım alternatifleri oluşturulmuştur. Bu işlem, tesis sorumlusuna, saha sorumlusuna ve ustalara dağıtılan anketler kullanılarak yapılmıştır. Alternatifler değerlendirilerek Tablo 8'deki kriterlere karar verilmiştir. Çalışmanın devamında Pahl ve Beitz yaklaşımı kullanılarak kompresör merdiven altı kabini modifiye edilerek gürültü bariyeri oluşturulmuş ve gürültü seviyesinde 32,29 dB(A) azalma görülmüştür (Şekil 27.b). Kompresör için tasarlanan ses yutucu kabin ve yer değiştirme sonucunda montaj alanındaki operatörlerin yeni oluşan koşullardan çok memnun olduklarını gözlemlemişlerdir.

Tablo 6
Gürültü bariyerinin fonksiyonları ve kriterleri (Indrianti ve ark., 2016)

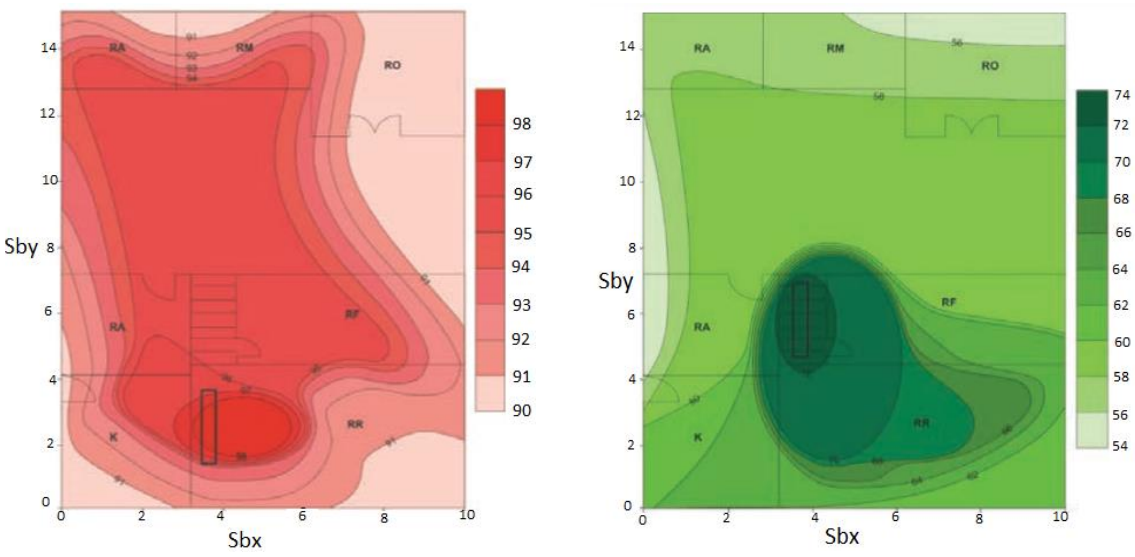
Fonksiyon	Tanımlama	Kriter
F1	Kapı malzemesi	Güçlü, hafif ve kurulumu kolay
F2	Renk	Seçilen malzemelerle özelleştirilmiş
F3	Ömür	4-8 yıl
F4	Kapı en dış kaplama	Yanmaz, kurulumu kolay, kalın ve bulunması kolay
F5	Kapı ikinci kaplama	6 mm'den kalın ve bulması kolay
F6	Kapı üçüncü kaplama	Yeterince kalın ve emiciler olarak bir özgüllüğe sahip
F7	Kapı modeli	Minimalist, açması kolay ve yerden tasarruf sağlayan
F8	Duvar kaplama malzemesi	Kurulumu kolay ve kalın
F9	Ön duvar menfezlerinin şekli	Üretimi kolay ve hava sirkülasyonunu kolaylaştıran
F10	Yerleşim yeri	Tasarımı gerçekleştirmek kolay, kompresörü ve kabloları taşımak kolay

Tablo 7
Gürültü bariyeri için tasarım alternatifleri (Indrianti ve ark., 2016)

Fonksiyon	Tasarım alternatifleri		
	1	2	3
F1	Demir	Ahşap	Alüminyum
F2	Siyah	Kahverengi	Gri
F3	< 7 Yıl	4-8 Yıl	6 Yıl
F4	Kontrplak	Kolsibot	Strafor
F5	Kontrplak	Cam Yünü/Dakron	
F6	Standart halı, 3 mm kalınlığında	Kalsibot, cam yünü ve apollo halısı	Standart halı, 4 mm kalınlığında
F7	İki kapı	Sürmeli kapı	Tek kapı
F8	Standart halı ve ahşap	Kalsibot, cam yünü ve apollo halısı	Halı ve strafor
F9	Oval	Dikdörtgen	Kare
F10	Kompresör ve boru bağlantılarının yer değiştirmesine izin veren plan içerisinde bir alan	Montaj alanı dışında tehlikeli durumlar için ek alan	Montaj alanındaki merdivenlerin altındaki boş alan

Tablo 8
Gürültü bariyeri için tasarım alternatifleri ve kararlar (Indrianti ve ark., 2016)

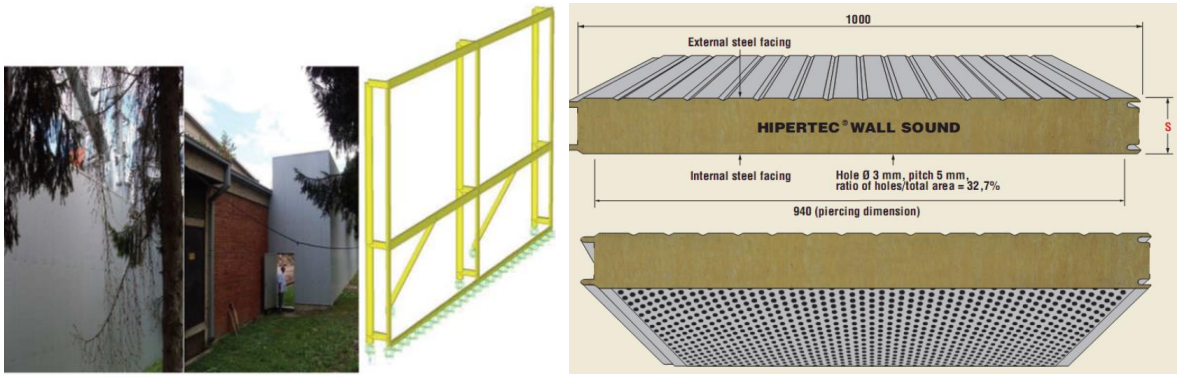
Fonksiyon	Cevapların numaraları			Kararlar
	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	
F1	5	8	2	Ahşap
F2	2	10	3	Kahverengi
F3	2	12	1	4-8 yıl
F4	9	4	2	Kontrplak
F5	6	8	1	Cam yünü/dakron
F6	3	11	2	Kalsibot, cam yünü ve apollo halısı
F7	4	4	7	Tek kapı
F8	4	7	4	Kalsibot, cam yünü ve apollo halısı
F9	3	10	2	Dikdörtgen
F10	7	3	5	Montaj alanındaki merdivenlerin altındaki boş alan



(a) (b)

Şekil 27. Montaj alanı için oluşturulan gürültü haritaları (Indrianti ve ark., 2016). (a) İlk gürültü haritası, (b)Bariyer inşaatından sonra gürültü haritası

Radičević ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışma kâğıt, kontrplak fabrika tesisleri tarafından yayılan gürültünün azaltılması ile ilgilidir. Çalışmada fabrikada limitlerin üzerinde gürültü seviyesine neden olan baskın gürültü kaynakları tespit edilmiştir. Orijinal yazılım paketi tarafından gerçekleştirilen akustik alanların hesaplanmasına dayanarak, tehlike altındaki alanın gürültü haritası oluşturulmuş ve bir gürültü koruma sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan gürültü koruma sistemi iki ses bariyerinden, gürültü kaynaklarının yalıtılmasından ve teknoloji sürecinin organizasyonundaki değişikliklerden oluşmaktadır (Şekil 28). Şekil 28.a'da bariyerler 6 m yüksekliğinde ve 60 m uzunluğundadır. Bir ses duvarı oluşturmak için 80 mm kalınlığında panel çekilmiş ve panel üzerindeki delikli yüzey (%32,7) ses kaynaklarına bakacak şekilde tasarlanmış ve monte edilmiştir. Panel, aynı zamanda büyük izolasyon gücünün yanı sıra, yangına karşı da dayanıklıdır; bu, yangın şansının büyük olduğu kağıt kontrplak fabrikası göz önünde bulundurulduğunda çok önemlidir (Şekil 28.b). Gürültü koruma sisteminin uygulanması belirli gürültü seviyelerinin 14 dB kadar azalmasına neden olmuştur. Çalışma sonrasında, gündüz vakti kontrol sahasındaki gürültü seviyeleri artık limitlerini aşmamıştır.



(a) (b)

Şekil 28. Gürültü koruma sistemi (Radičević ve ark., 2012) (a) Bariyer ve bariyerin temel yapısı, (b) Seçilen panel ve koruma seviyesi

İç mekân gürültülü çalışma ortamlarına yönelik gürültü haritalarını oluşturmada Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) tabanlı yazılımları kullanmak iş hijyenistlerinin gürültü maruziyetinin izlemesine yardımcı olabilmektedir. Majidi ve Rezai (2016) tarafından yapılan araştırma Ghazvin sanayi bölgesinde gürültülü bir paketleme ünitesinde GIS tekniği ile gürültü seviyelerini değerlendirmek için yapılmıştır. Bu nedenle paketleme ünitesinin zemini 2×2 metre karelere bölünmüş ve her bir karenin merkezi Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (NIOSH) yöntemine dayanan bir ölçüm istasyonu olarak işaretlenmiştir. Her bir istasyondaki ses basıncı seviyesi ölçülmüş ve sonra gürültü haritasını çizmek için ölçüm değerleri Arc GIS yazılımına aktarılmıştır. Bu çalışma, iç mekân çalışma ortamı için gürültü haritaları şeklinde gürültü seviyelerinin değerlendirilmesini sağlayan GIS teknolojisinin uygulanmasının şu anda iş hijyenistleri tarafından kullanılan rutin yöntemden daha gerçekçi ve daha doğru olduğunu göstermiştir.

Gürültü, insan faaliyetleriyle yakından ilgilidir ve tipik olarak kentsel alanlarda faaliyetlerin yoğunlaştığı yerlerde meydana gelmektedir. Mesleki gürültü aynı zamanda dünyadaki milyonlarca işçiyi ve endüstriyel tesislerin yakınındaki yerleşim alanlarını etkileyen en önemli sorunlardan biridir. Yerleşim bölgelerine yakın endüstriyel faaliyetlerin çevre ve sakinlerin maruz kaldığı gürültü seviyesi üzerinde kaçınılmaz bir etkisi vardır. Baskın gürültü kaynaklarına ve çevre gürültü seviyelerine işaret eden endüstriyel gürültü haritaları, çevre üzerindeki endüstriyel faaliyetlerin etkisinin değerlendirilmesi için gereklidir. Gürültü haritalaması, halkı gürültüye maruz kalma ve gürültü azaltmaya yönelik eylem planlarının geliştirilmesi konusunda bilgilendirmenin ilk adımıdır. Praščević ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada bir çimento fabrikası için gürültü haritası tasarlama örneği verilmiştir. Holcim (Sırbistan) çimento fabrikasında

endüstriyel gürültü seviyelerini modellemek ve tahmin etmek için LIMA® yazılım paketinin kullanıldığı çalışmada elde edilen sonuçlar LIMA® yazılım paketi uygulanarak oluşturulan gürültü haritalarının endüstriyel tesisler çevresindeki gürültü seviyesinin değerlendirilmesi ve yönetimini tahmin etmek için oldukça kullanışlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca, oluşturulan gürültü haritalarının gürültüyü azaltmak ve ilgili kamuoyunu gürültü seviyesi hakkında bilgilendirmek için eylem planlarının oluşturulması ve uygulanmasında etkili olduğu görülmüştür. Oluşturulan gürültü haritalarına ve yazılım paketindeki ek araçlara dayanarak, "what-if" tipinde bir analiz yapmak ve gürültü bariyerlerinin, ekranların ve yeşilliklerin uygulama seviyesinin azaltılmasına yönelik önlemlerin analizini yapmak mümkün olmuştur.

Kauçuk ürünleri imalat endüstrisi, uygunsuz gürültü yönetimi ve işyerinde güvenilir gürültü bilgisi olmaması nedeniyle ciddi mesleki gürültüye maruz kalma sorunları yaratmaktadır. Gürültü haritalaması, mesleki gürültünün izlenmesinde önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu nedenle, gürültü haritasındaki ve gürültü riski bölgelerindeki bilgilere dayanarak mevcut gürültüye maruz kalma koşullarını araştırmak için Lim ve ark. (2018) tarafından bir vaka çalışması yapılmıştır. Haritaları modellemek için stokastik gürültü haritalama simülasyon yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, operasyon bölgesindeki bölgelerin çoğu 80 dB(A)'lık bir ses dağılımı seviyesi ile sınırlandırılmış ve bazı küçük bölgeler 100 dB(A)'lık gürültü seviyesini aşmıştır. Haritalama alanının %45'inden fazlası aşırı yüksek risk ve yüksek riskli bölgeler olarak sınıflandırılmıştır. İşçilerin işyerinde yüksek gürültü seviyesine maruz kaldıkları tespit edilmiştir. Çalışmada, yönetimin gürültüyü kontrol etmek için hemen harekete geçmesi ve KKD'leri sürekli olarak kullanmaları için çalışanları denetlemesi gerektiği belirtilmiştir.

Endüstriyel yerleşimler genellikle çevre için bir rahatsızlık kaynağıdır. Özellikle, akustik açıdan bakıldığında, üretim hattında ve/veya lojistik faaliyetlerde çalışan makinelerin yaydığı gürültü çevresel etki değerlendirmesinde dikkate alınacak ilgili bir kirleticidir. Bu nedenle, genel koşullarda gürültü seviyelerini uygun şekilde değerlendirmek için alan ölçüm yaklaşımı genellikle tercih edilir. Guarnaccia ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, iç ve dış simülasyonların kombinasyonu Güney İtalya'daki bir örnek olay incelemesinde sunulmuştur. Kaynakların iç mekân modellemesi, bir yandan çalışma ortamının akustik iklimini anlamaya yardımcı olurken, diğer yandan fabrikanın genel dış hava emisyonunu değerlendirmek için yardımcı olmuştur. İç mekân simülasyonuyla elde edilen değerler aslında fabrika emisyonlarını simüle eden "eşdeğer

kaynağı" ayarlamak için kullanılmıştır. Çevredeki binaların üzerindeki etkisini değerlendirmek için bir dış mekân gürültü haritası çizilmiştir. Hem iç hem de dış mekân simülasyonları, deneysel alan ölçümleriyle ayarlanmış ve sabit ölçüm noktalarındaki sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Endüstriyel gürültü haritalama çalışmaları ile ilgili yeterli sayıda araştırma yoktur. Endüstriyel birimlerin gürültü seviyesi ve çevre bölgeler arasındaki etkileşimleri hakkındaki araştırmalar, endüstriyel gürültü haritalamasında kilit rol oynamaktadır. Bir sanayi bölgesinde, bazı parametreler gürültü seviyesinde daha etkili olabilir ve gürültü haritalama sonuçlarının doğru bir şekilde elde edilmesi için özel bir dikkat gerekebilir. Bozkurt ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada, endüstriyel gürültü haritalama süreci konusuna ve bir sanayi sitesinin gürültü seviyesi ile endüstriyel binaların kullanımı arasında güçlü bir ilişkiye değinilmiştir. Çalışmada bir sayısal analiz ve bazı alan araştırmaları yapılmıştır. Çalışma kapsamında endüstriyel gürültü kaynaklarının ses seviyeleri belirlenmiş ve -geçerli ses yayılma koşullarına dayanarak- bölge için bir gürültü haritası oluşturulmuştur. Endüstriyel gürültü haritası için, Türkiye Çevresel Gürültü Yönetmeliği'nde yayınlanan sınır değerler ve tespit edilen aşırı gürültü seviyesinden etkilenen insan sayısı kullanılmıştır. Gürültü bariyerleri tasarlanmış ve bu bariyerlerin nüfuslu bölgelerdeki aşırı gürültüyü kabul edilebilir sınır değerlere düşürme üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Taghizadeh ve ark. (2013) gürültünün dağılımını belirlemek için farklı gürültü haritalama yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada, bir endüstriyel fabrikada kapalı bir alana yönelik gürültü haritasının hazırlanması için 6 x 6 m ızgarlarla örnekleme yapılmış, veri normalizasyonundan sonra variogram geliştirilmiş, parametre enterpolasyonu için ise krigleme ve Ters Mesafe Ağırlığı yöntemleri kullanılmıştır. İnterpolasyon için en iyi model, Ortalama Kare Hatası gibi çapraz doğrulama ve hata değerlendirme yöntemleri ile seçilmiştir. Araştırma sonucunda krigleme yönteminin gürültü özelliğinin öngörülmesi için diğer yöntemlerden daha iyi olduğu tespit edilmiştir. GIS ortamında en iyi enterpolasyon yöntemi kullanılarak gürültü haritası hazırlanmıştır. Çalışmada oluşturulan gürültü haritaları, gürültünün dağılımını göstermiş ve aynı zamanda çalışanların yüksek düzeydeki gürültüden muzdarip olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Ovsiannikov ve Ovsiannikov (2017) tarafından yapılan çalışma, ileri ışın izleme yöntemi ve ince plaka eğri enterpolasyonu kullanarak endüstriyel tesislerin ses kirliliğinin gürültü haritalaması ve görselleştirilmesi için birleştirilmiş bir yaklaşımı sunmaktadır.

Eşdeğer yerel kaynak, ışın izleme algoritmasına dayalı sıhhi bölgelerin aralık hesaplaması için tanımlanmıştır. Kümelenmiş bölgelerdeki ses basıncı seviyelerinin hesaplanması, ölçülen verilerin çevre ve bölge içindeki iki boyutlu spline enterpolasyonuna dayanmaktadır. Bu çalışmada uygulanan yöntem ile sanayi bölgelerindeki gürültü kaynaklarının görselleştirmesi sağlanmıştır. Modelin geçerliliğinin, modelleme için kullanılan kaynak noktalarının sayısına bağlı olduğu belirtilmiştir. Son olarak açıklanan yaklaşımın, endüstriyel tesis içindeki gürültü maruziyet sonuçlarının elde edilmesinde ve gürültünün tesis çevresindeki sivil alanlar üzerindeki olumsuz etkisinin hesaplanmasında yararlı olacağı belirtilmiştir.

2.3. Endüstriyel Gürültü Maruziyetinin Ölçümü ve Gürültü Haritalamasına İlişkin Yurtiçi ve Yurt Dışı Çalışmaların Genel Değerlendirilmesi

Yukarıda ele alınan yurtiçi ve yurtdışı bilimsel çalışmalar değerlendirildiğinde daha çok kapalı ortam ve çevresel gürültü ölçümlerinin yapılmış ve haritaların hazırlanmış olduğu görülmektedir. Endüstriyel işletme ve atölyelere özel gürültü ölçüm ve haritalama çalışmalarının yapılmadığı ya da bu alanda yapılan çalışmaların oldukça kısıtlı olduğu görülmektedir. Yine gürültü ile ilgili yapılan çalışmaların çoğu çalışanların gürültü konusundaki algı ve farkındalıklarının ölçümü ve değerlendirilmesi ile KKD kullanım alışkanlıkları üzerinedir. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, İSGÜM kapsamında yapılan uzmanlık tezlerinde ise ortam ölçümleri yapılmış, değerlendirilmiş, çözüm önerileri sunulmuş fakat gürültü haritalama kullanılmamıştır. Bu alandaki eksikliği gidermek amacıyla bu tez çalışmasında, son yıllardaki teknolojik gelişmeler ışığında, mevcut yenilikçi yaklaşım, teknik, metot ve cihazlarla, farklı alanlarda faaliyet gösteren işletmelerin kapalı alanlarında endüstriyel gürültü ölçümleri yapılarak Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli Gürültü Haritalama Paket programı kullanılarak gürültü haritaları hazırlanacak, hazırlanan haritalar analiz edilerek çalışanların maruziyetlerini engellemek amacıyla gürültünün önlenmesine yönelik alınması gereken tedbirler için önerilerde bulunulmuştur.

BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Ölçüm Yapılan İşletme ve Atölyelerin Tanıtımı

Bu tez çalışmasında farklı sektörlerin kapalı üretim atölyelerinde oluşan gürültü problemini gürültü haritalama yöntemiyle tespit etmek ve bu alanlarda oluşan gürültüyü azaltmak için geliştirilebilecek gürültü önleme ve azaltma çözüm önerilerini belirlemek amacıyla tehlikeli ya da çok tehlikeli sınıftan aşağıda kodlaması harflerle yapılmış (Fabrika1:F1, Fabrika2:F2, Fabrika3:F3, Fabrika4:F4) dört adet işletme belirlenmiştir:

a. Tekstil İmalatı Atölyesi (F1 kodlu)
b. Presle İmalat Atölyesi (F2 kodlu)
c. Makine İmalat Atölyesi (F3 kodlu)
d. Mobilya İmalatı Atölyesi (F4 kodlu)

Aşağıda sırasıyla bu işletmeler ve gürültü ölçüm ve haritalama çalışmalarının yapıldığı atölyeler tanıtılacaktır.

3.1.1. Tekstil İmalat Atölyesi (F1)

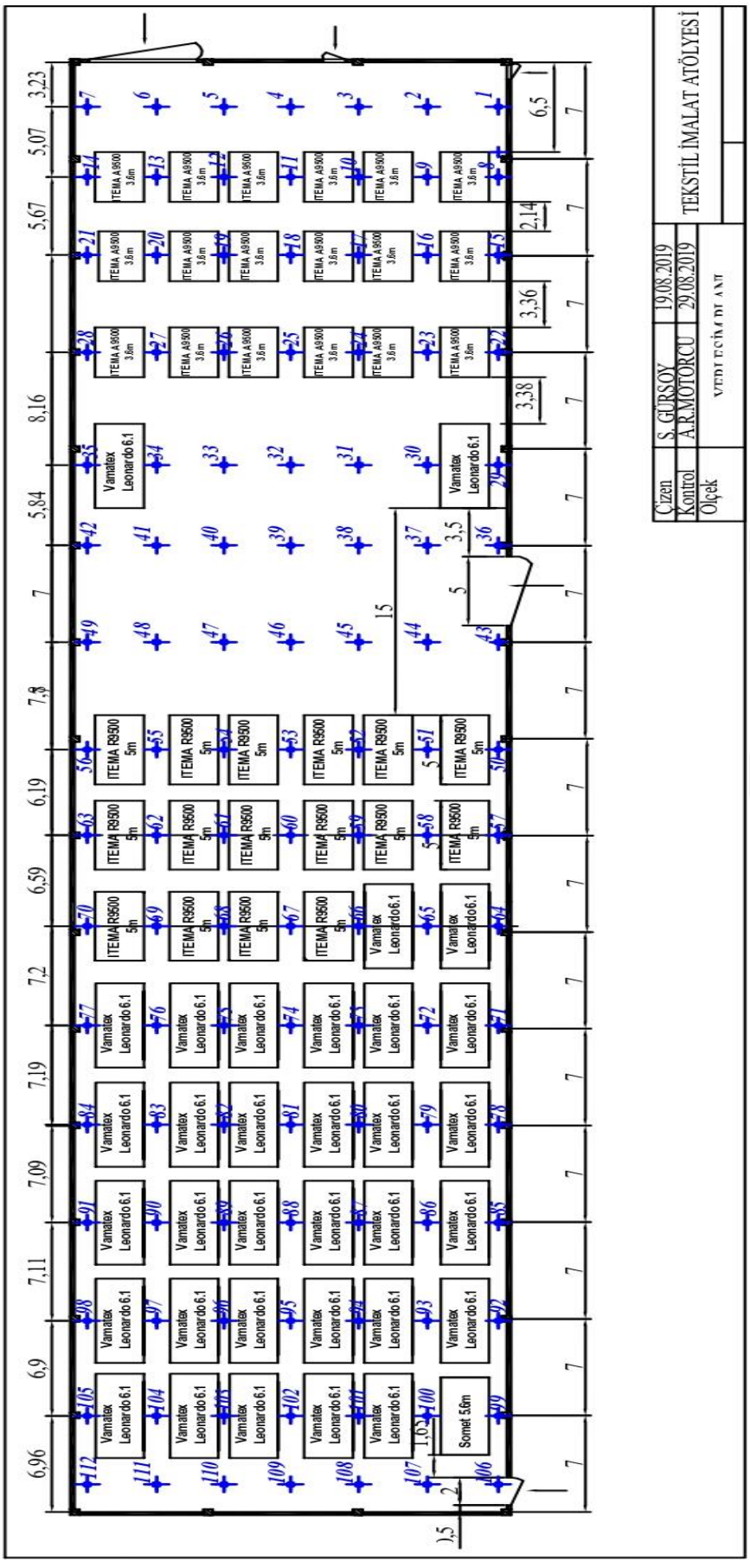
Kapalı ortam endüstriyel gürültü haritalarının oluşturulması için ölçümlerinin yapıldığı tekstil fabrikası, Bursa Organize Sanayi Bölgesinde faaliyetlerini sürdürmekte olup, imalat/üretim, depo, idari bina, otopark, sosyal alanlar olmak üzere toplam 4400 m^2 alana sahiptir. Yaklaşık 2000 m^2 kapalı alanda otomatik tahar ve numune çözgü yapan, 18 adet A tipi, 16 adet B tipi, 33 adet C tipi, 1 adet D tipi (faal değil) olmak üzere toplamda 68 adet dokuma makinasını bünyesinde bulundurmaktadır (Şekil 29). 55 kişilik çalışanı ile 6 gün 24 saat boyunca üç vardiya çalışan firmadır. Şekil 29'da gürültü ölçümlerinin gerçekleştirilmiş olduğu tekstil fabrikasının üretim atölyesinden genel bir görünüm, Tablo 9'da ise atölyede bulunan tekstil dokuma makinalarının gürültü düzeylerine etkili önemli teknik özellikleri sunulmuştur. Bu çalışmada araştırma bulgularının yorumlanması aşamasında makinelerinin markaları yerine çizelgede verilen A, B, C ve D kodlamaları kullanılacaktır. Atölyede bulunan tekstil makinelerinin yerleşimleri Şekil 30'da verilen yerleşim planında gösterilmiştir. Bu işletmede ilgili yasa ve yönetmelikler çerçevesindeki İSG uygulamaları kapsamında gürültü ölçümlerinin düzenli olarak yapıldığı görülmüştür.



Şekil 29. Gürültü ölçümlerinin yapıldığı tekstil fabrikası dokuma atölyesinin genel görünümü

Tablo 9
Tekstil imalat atölyesinde bulunan makineler ve teknik özellikleri

Kodu	Marka	Model Yılı	Makine Sayısı (Adet)	Devir Sayısı (Dev/dk)
A	Armürlü Havajet (2017) Dokuma Tezgâhı	2017	18	900
B	Armürlü Rapierli (2014) Dokuma Tezgâhı	2014	16	550
C	Armürlü Rapierli (1998) Dokuma Tezgâhı	1998	33	340
D	Armürlü Havajet (2002) Dokuma Tezgâhı	2002	1	650



Şekil 30. Tekstil imalat atölyesi (F1) yerleşim planı

3.1.2. Presle İmalat Atölyesi (F2)

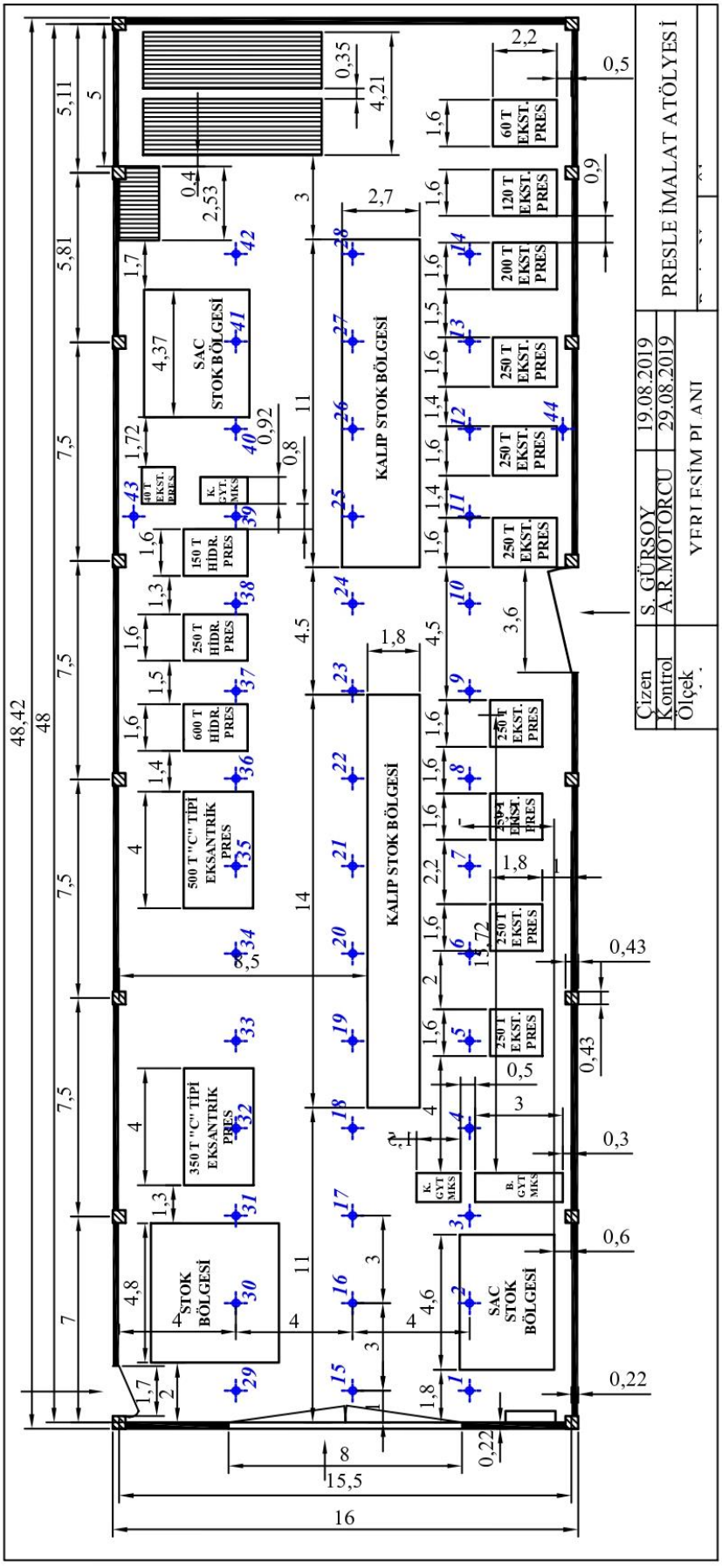
Kapalı ortam endüstriyel gürültü haritalarının oluşturulması için ölçümlerinin gerçekleştirildiği presle imalat atölyesinin bulunduğu işletme, Bursa Organize Sanayi Bölgesinde 256.62.02 "Metallerin makinede işlenmesi (torna tesviye işleri, metal parçaları delme, tornalama, frezeleme, rendeleme, parlatma, oluk açma, perdahlama, birleştirme, kaynak yapma vb. faaliyetler)" NACE kodu ile genel olarak farklı teknik özelliklere sahip preslerle, otomotiv yan sanayii ve mobilya imalat sektörü için karkas ve mekanizma üretim faaliyetlerini sürdürmektedir. İşletmede, pres, montaj, kaynak ve kalıp bölümleri bulunmakla beraber depo, idari bölüm, otopark, sosyal alanlar olmak üzere toplam 4500 m^2 alana sahiptir. Gürültü ölçümlerinin yapıldığı yaklaşık 800 m^2'lik bir alana sahip presle imalat atölyesinin genel görünümü Şekil 31'de, atölyede bulunan pres ve diğer makinelerin teknik özellikleri ise Tablo 10'da sunulmuştur. Görüleceği üzere atölyede 13 adet eksantrik pres, 3 adet hidrolik pres ve 3 adet giyotin makas bulunmaktadır. Atölyede bulunan tezgâh ve makinelerinin yerleşimleri ise Şekil 32'de verilen yerleşim planında gösterilmiştir. İşletmede ilgili yasa ve yönetmelikler çerçevesindeki İSG uygulamaları kapsamında gürültü ölçümleri düzenli olarak yapılmaktadır.



Şekil 31. Gürültü ölçümlerinin yapıldığı presle imalat atölyesinin genel görünümü

Tablo 10
Presle imalat atölyesinde bulunan tezgâhlar ve teknik özellikleri

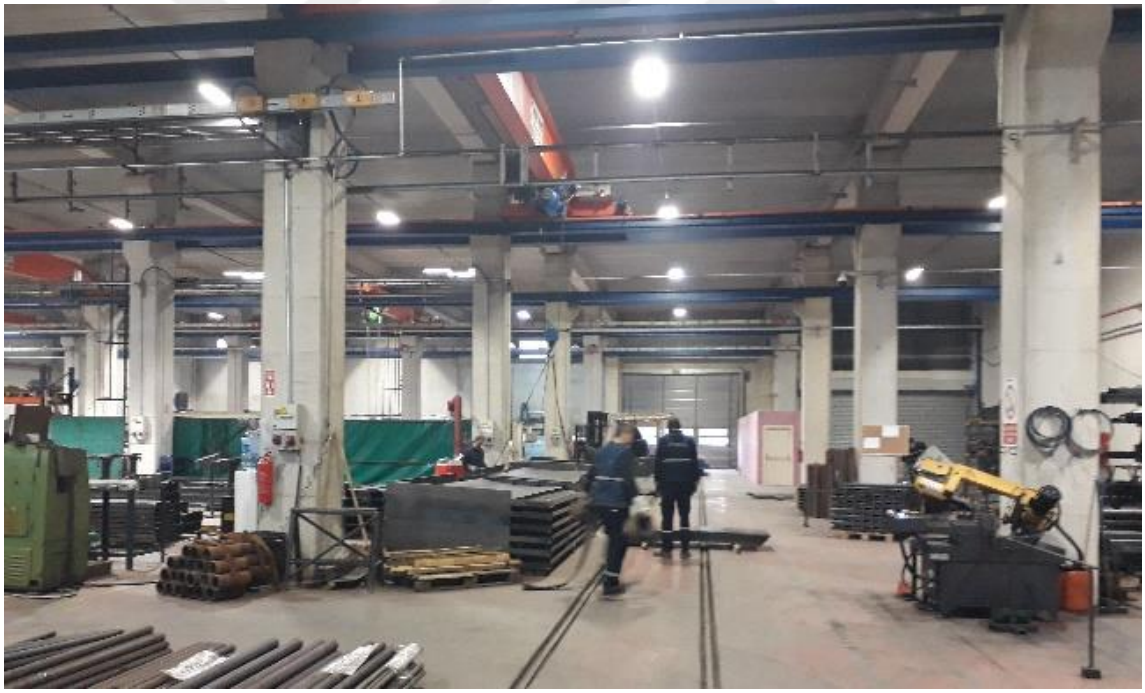
Kodu	Marka	Model Yılı	Tezgâh Sayısı (Adet)	Maksimum Presleme Kuvveti Kapasitesi (ton), Maksimum Kesilebilecek Sac Kalınlığı (mm)	Motor Gücü (kW)
A	"H" Tipi Eksantrik Pres	1996	1	350 Ton	55
B	"H" Tipi Eksantrik Pres	-	1	500 Ton	55
C	Eksantrik Pres	-	1	40 Ton	4
D	Eksantrik Pres	-	7	250 Ton	19
E	Eksantrik Pres	2014	1	200 Ton	11
F	Eksantrik Pres	-	1	120 Ton	7,5
G	Eksantrik Pres	-	1	60 Ton	4
H	Hidrolik Pres	2000	1	600 Ton	37
İ	Hidrolik Pres	-	1	250 Ton	30
J	Hidrolik Pres	-	1	150 Ton	22
K	Büyük Giyotin Makas	-	1	12 mm	11
L	Küçük Giyotin Makas	2008	1	2,5 mm	3
M	Küçük Giyotin Makas	1990	1	2,5 mm	3



Şekil 32. Presle imalat atölyesi (F2) yerleşim planı

3.1.3. Makine İmalat Atölyesi (F3)

Bu tez çalışmasında araştırmanın ve ölçümlerin gerçekleştirildiği diğer bir işletme, Bursa Organize Sanayi Bölgesinde 28.99.90 "Başka yerde sınıflandırılmamış diğer özel amaçlı makinelerin imalatı" NACE kodu ile üretim faaliyetlerini sürdürmektedir. 15'i mühendis olmak üzere 125 çalışanı olup 6 gün 1 vardiya çalışanı ile 9600 m^2 alanda hizmet vermektedir. Şekil 33'te gürültü ölçümlerinin yapıldığı makine imalat atölyesinin genel görünümü, Şekil 34'te ölçümler sırasında makine imalat atölyesinde sürdürülen imalat işlemleri ve Tablo 11'de ise atölyede bulunan tezgâh ve makinelere ait önemli teknik özellikler sunulmuştur. Araştırma bulgularının yorumlanması aşamasında makinelerinin markaları yerine Tablo 11'de verilen harflerle yapılan kodlamalar kullanılacaktır. Atölyede bulunan tezgâh ve makinelerin yerleşimleri Şekil 35'de verilen yerleşim planında gösterilmiştir. Bu işletmede ilgili yasa ve yönetmelikler çerçevesindeki İSG uygulamaları kapsamında gürültü ölçümleri düzenli olarak yapılmaktadır.



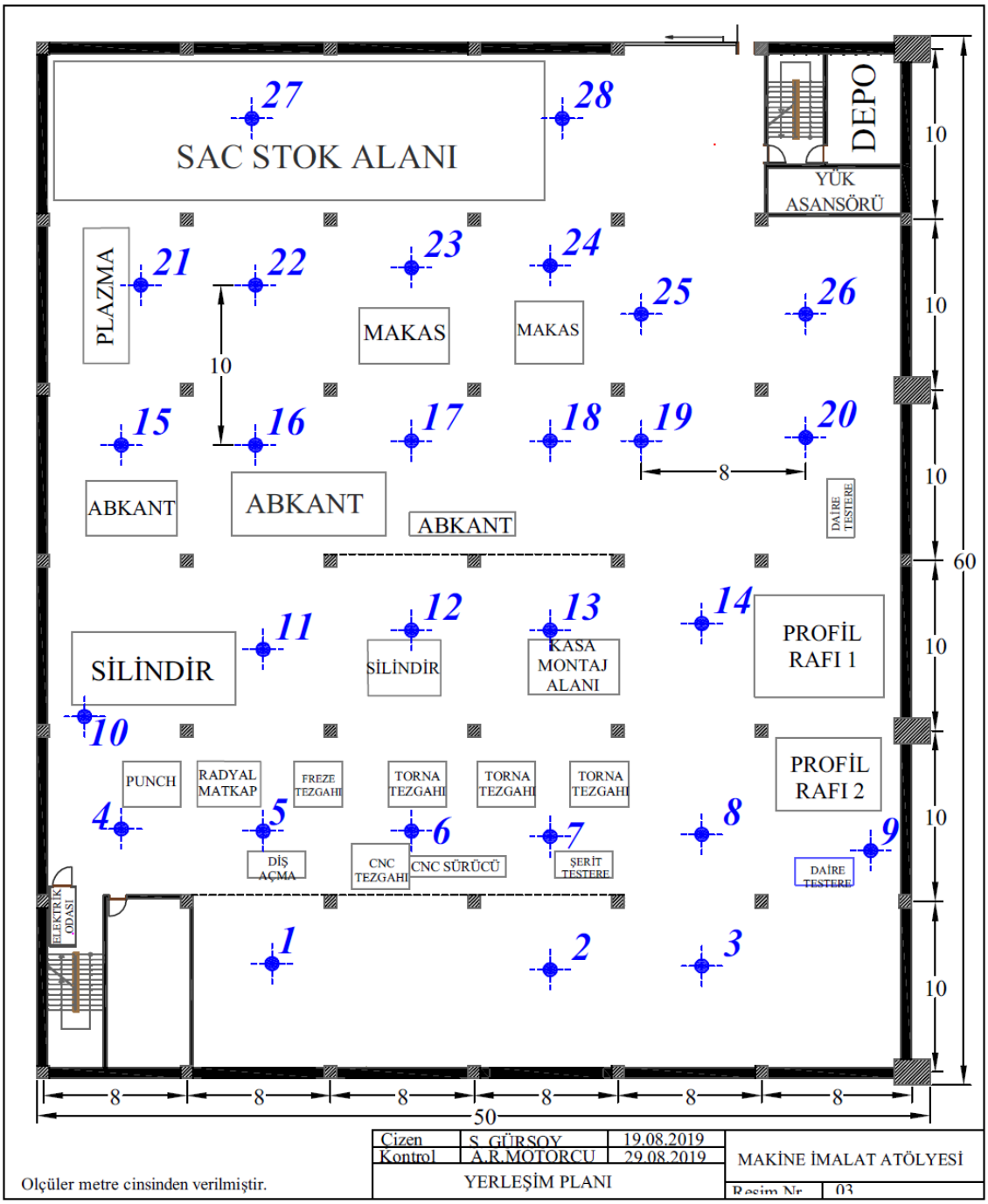
Şekil 33. Gürültü ölçümlerinin yapıldığı makine imalat atölyesinin genel görünümü



Şekil 34. Gürültü ölçümlerinin yapıldığı makine imalat atölyesi üretim faaliyetleri

Tablo 11
Makine imalat atölyesinde bulunan tezgâhlar ve teknik özellikleri

Kodu	Marka	Model Yılı	Tezgâh Sayısı (Adet)	Özellik	Motor Gücü (kW)
A	Plazma Tezgâhı	2006	1	Portal Tip, maksimum 22 mm'lik alevli kesme yapabilmektedir	22
B	Makas	2001	1	16 mm sac kesebilmektedir.	37
C	Makas	2013	1	16 mm sac kesebilmektedir	37
D	Abkant Pres	2001	1	Presleme Kuvveti 60 KN	15
E	Abkant Pres	2013	1	Presleme Kuvveti 200 KN	40
F	Silindir	2001	1	3 top silindir bükme	40
G	Silindir	2015	1	4 top silindir bükme, 30 mm bükme kapasitesi	22
H	Punch	2010	1	Kombine makas	7,5
İ	Radyal Matkap Tezgâhı	2006	1	-	4
J	Freze Tezgâhı	2004	1	Kalıpçı Freze	3
K	Torna Tezgâhı	2001	1	-	17
L	Torna Tezgâhı	2002	1	-	11
M	Torna Tezgâhı	2008	1	-	7,7
N	Diş Açma Tezgâhı	2015	1	-	3
O	CNC Tezgâh	2012	1	-	20
Ö	Şerit Testere Tezgâhı	2001	1	-	1,5
P	Daire Testere Tezgâhı	2018	1	-	4,3
R	Profil Lama Makinesi	2012	1	Yarı otomatik	2,5
S	Şerit Testere Tezgâhı	2018	1	-	1,3
T	Robot (Faal Değil)	-	1	-	-
U	Tavan Vinç	2015	1	5 ton	4



Şekil 35. Makine imalat atölyesi (F3) yerleşim planı

3.1.4. Mobilya İmalat Atölyesi (F4)

Bu çalışmada gürültü ölçümlerinin yapıldığı mobilya imalat atölyesinin bulunduğu işletme Bursa Organize Sanayi Bölgesinde faaliyetlerini sürdürmektedir. 7200 m^2'si kapalı olmak üzere 11000 m^2 alanda akrilik, laminant kapak ve kapı, membran kapak ve kapı, lake kapak ve kapı üretimi yapmaktadır. 6'sı idari olmak üzere 38 çalışanı bulunan, tek vardiya çalışılan bir işletme olup yıllık 50000 adet membran, laminant ve lake kapı, 5500 adet lake ve akrilik kapak ile 750 takım büro mobilyaları üretim kapasitesine sahiptir.

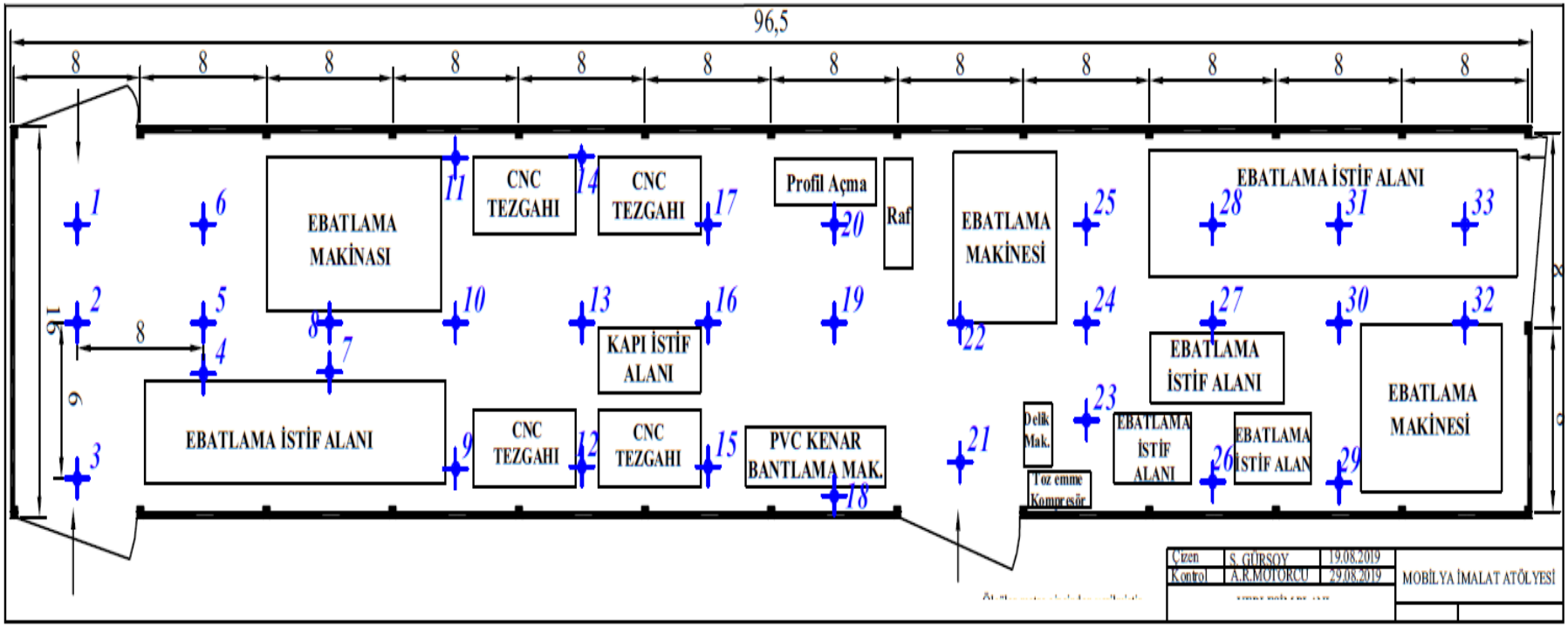
Fabrika duvarları perde beton olup, çatı çelik konstrüksiyon ve zemin beton kaplamadır. İşletme ISO 9001:2008 belgesine sahip olup, İSG hizmeti alan ve risk değerlendirmeleri yapan, işçilerinin KKD kullanımını takip eden bir firmadır. İşletmenin NACE kodu 31.01.01 (Büro, okul, ibadethane, otel, lokanta, sinema, tiyatro vb. kapalı alanlar için mobilya imalatı-taş, beton, seramikten olanlar hariç-vestiyer, dosya dolapları, mihraplar, minberler, kürsüler, öğrenci sıraları, büro tipi sandalye ve koltuklar vb.)'dir. Şekil 36'da ölçümlerin gerçekleştirildiği mobilya atölyesinin genel görünümü, Tablo 12'de ise bu atölyede bulunan mobilya imalat makine ve tezgahlarına ait bazı teknik özellikler sunulmuştur. Atölyede bulunan tezgâh ve makinelerin yerleşimleri Şekil 37'de verilen yerleşim planında gösterilmiştir. İşletmede ilgili yasa ve yönetmelikler çerçevesindeki İSG uygulamaları kapsamında gürültü ölçümleri düzenli olarak yapıldığı görülmüştür.



Şekil 36. Gürültü ölçümlerinin yapıldığı mobilya imalat atölyesinin genel görünümü

Tablo 12
Mobilya imalat atölyesinde bulunan makine ve tezgâhlar ve teknik özellikleri

Kodu	Marka	Model Yılı	Tezgâh Sayısı (Adet)	Devir Sayısı (Dev/dk)	Tezgâh Gücü (kW)
A	Ebatlama Makinesi	2012	1 Adet	150 m/dk	9
B	CNC Tezgâhı	2006	2 Adet	Vakum Pompası 100 m^3/h	6,6
C	CNC Tezgâhı	2007	2 Adet	20000	11
D	Profil Açma Makinesi	2007	1 Adet	-	-
E	Ebatlama Makinesi	-	1 Adet	-	-
F	Ebatlama Makinesi	-	1 Adet	-	-
G	Delik Açma Makinesi	-	1 Adet	-	-
H	Toz Emme Kompresör	-	1 Adet	-	-
İ	PVC Kenar Bantlama Makinesi	-	1 Adet	-	9



Şekil 37. Mobilya imalat atölyesi (F4) yerleşim planı

3.2. Gürültü Ölçümleri, Kullanılan Cihazlar ve Kalibrasyon

Dört farklı imalat atölyesinde yapılan ortam ve kişisel maruziyet ölçümlerinde kullanılan ekipmanlar akredite bir firmadan ölçüm danışmanlığı ile birlikte tedarik edilmiştir. Kapalı ortam gürültü ölçümleri, uluslararası değerlendirmeye sahip TS EN IEC 61672-1'e uygun, Tip-1 sınıfında, çevresel ve endüstriyel gürültü ölçümlerinin izlenmesi için tasarlanmış, Svantek Svan 957 marka ve model gürültü ölçüm cihazı ile yapılmıştır (Şekil 38.a). Bu çalışmada oluşturulan gürültü haritalarından çıkacak bulgularla paralel bir şekilde değerlendirme yapmak için kişisel maruziyet ölçümleri de yapılmış olup bu bağlamda görev tabanlı ölçüm metodu için IEC 61252 (IEC 61252, 2017) ve IEC 61672'e (IEC 61672, 2003) standartlarına uygun, Tip-2 Svantek SV104 marka ve model akustik dozimetre kullanılmıştır (Şekil 38.b). Bu dozimetre 55 dB(A) RMS - 140 dB(A) Peak ölçüm aralığına ve 1/1 oktav gerçek zaman analizine sahip olup aynı anda üç paralel ölçüm profilini içermektedir.



(a) (b)

Şekil 38. Gürültü ölçüm cihazları (a) Ses seviyesi ölçme ve analiz cihazı, (b) Gürültü dozimetresi (Svantek,2007: Svantek,2015)

Çalışmada kullanılan gürültü ölçüm cihazlarının her ölçüm öncesi ve sonrasında kalibrasyonu için, TÜRKAK tarafından kendisi de kalibre edilmiş olan IEC 60942 (2019) Sınıf 1 standardına uygun PCE-Sc42 akustik kalibratör kullanılmıştır (Şekil 39.a). Kalibratör; 1 kHz sabit frekansta, 94 dB ve 114 dB olmak üzere iki seviyede ses üretmektedir. Kalibrasyon işlemi; Svan 957 veya SV104 üzerine montajı yapılmış mikrofonun akustik kalibratörün üzerindeki oyuğa yerleştirilerek cihazların çalıştırılması ve ardından 94 ve 114 dB referans ses seviyelerinin cihaz ekranlarından izlenerek sapma değerlerinin toleranslar içerisinde kalması sağlayacak kontrollerin yapılması ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 39.b).



(a) (b)

Şekil 39. Gürültü ölçüm cihazlarının kalibrasyonu (a) Ses seviye ölçer kalibratörü, (b) Kalibrasyon işlemi (PCE Instrument,2017)

Ortam ölçümleri sırasında alınacak ölçüm sonuçlarına bağlı olarak oluşturulacak gürültü haritaları için çalışma ortamının eşit yatay ve dikey gridlere (ızgaralara) bölünmesi gerektiğinden şerit metre yerine daha pratik olması için Lomvum LV40 marka ve model lazer metre kullanılmıştır (Şekil 40.a). Gürültü ölçümleri yanısıra standartlar gereği ölçüm yapılan ortamının meteorolojik şartlarının da belirlenmesi için sıcaklık, nem, basınç ve rüzgâr gücü ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Termal konfor ölçümleri için Şekil 40.b'de sunulan Testo 480 marka ve model sıcaklık, nem ve basınç ölçer kullanılmıştır. Gürültü ölçümleri, TS ISO 1996-2 (2009) standardı çerçevesinde arka fon gürültüsü oluşturabilmesi göz önünde bulundurularak rüzgâr hızının 5 m/sn'den düşük olduğu, yağmursuz geçen bahar ve yaz aylarında yapılmıştır. Rüzgâr hızı ölçümleri Şekil 40.c'de verilen anemometre ile yapılmıştır. Bu ölçümler süresince iş güvenliği kapsamında baret, kulaklık veya kulak tıkacı, reflektörlü yelek, toz maskesi ve çelik burunlu iş ayakkabısından oluşan KKD'ler kullanılmıştır (Şekil 40.d). İş yerlerindeki atölye ortamlarında yapılan ölçümlerde iş güvenliği prensiplerince mümkün oldukça gürültü kaynaklarına yaklaşılmaya çalışılmış, rüzgârı karşıya almadan, gürültü kaynağına doğru ölçümler yapılmıştır (Şekil 40.e). Atölyede makine ve tezgahlarda çalışan operatörler üzerine takılan dozimetreler ile TS 2607 ISO 1999 (2005) ve TS EN ISO 9612 (2009) standartlarına göre ve bu çalışma için en uygun olan görev tabanlı ölçüm metodu seçilerek kişisel gürültü maruziyet değerleri de ölçülmüştür (Şekil 40.f).



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

Şekil 40. Fiziki ortam şartları ölçme araçları, ortam gürültü ölçümleri ve kişisel gürültü maruziyet ölçümleri (a) Lazer metre, (b) Dijital sıcaklık nem basınç ölçer, (c) Anemometre, (d) Ölçümler aşamasında KKD kullanımı, (e) Ortam gürültü ölçümü, (f) Gürültü kişisel maruziyet ölçümü.

3.3. Gürültü Ölçüm Yöntemi ve İmalat Atölyeleri İçin Gürültü Haritalarının Oluşturulması

Çalışmada öncelikle gürültü seviyelerinin yüksek olduğu belirlenen F1, F2, F3 ve F4 kodlu firmalar ile ön görüşmeler yapılmıştır. Bu firmalardan deneysel çalışma izinlerinin alınmasının ardından, ön incelemeler çerçevesinde, ölçümlerin yapılacağı atölye ve üretim ortamlarının yerleşim planları kroki resimler olarak çizilmiştir. Kroki resimler üzerine makine ve tezgahlarının yerleşimleri, duvarlar, stok alanları, pencereler, makinelerin birbirine olan uzaklıkları lazer metre ile ölçülerek işlenmiştir. Kroki resimler üzerindeki veriler çerçevesinde atölyelerin yerleşim planları Bilgisayar Destekli Çizim (BDÇ) programı olan Autocad 2019 programında iki boyutlu (2B) olarak çizilerek çizimler üzerinde ölçüm noktalarının sayıları ve uygun konumları belirlenmiştir. Yapılacak ortam ölçümlerine katkı sağlaması amacıyla yapılacak kişisel maruziyet ölçümleri için görev tabanlı ölçüm metodu çerçevesinde ilgili personellerin belirlenmesinin ardından ölçüm yapılacak anma gününün tarih ve saatleri belirlenmiştir. Ölçüm gününde lazer metre ile

ölçüm alınacak noktalar işaretleyici (marker) kalem ile işaretlenmiştir. Kalibrasyon testleri kapsamında cihazların ölçüm öncesi ve sonrası anlık ses basınç seviyesi (Sound Pressure Level-SPL) değerleri kaydedilmiştir. Ayrıca ölçüm ortamlarının sıcaklık, bağıl nem, basınç ve rüzgâr hız değerleri de Şekil 40'ta verilen ölçüm aletleri kullanılarak ölçülmüştür.

Kapalı ortam gürültü ölçümleri için atölyelerin tabanları dikeyde ve yatayda ızgaralara bölünerek elde edilen ölçüm noktalarının her birinde TS ISO 1996-2 (2009) Standardı "Endüstriyel Tesisler" başlığı altındaki kriterler doğrultusunda, üçayak (tripot) yardımı ile zeminden 1,55m (±0,075m) yükseklikte, gürültü kaynağına doğru ve en uygun konumda, 5 dakika boyunca L_{Aeq}, L_{Amax}, L_{Amin} ve L_{Cpeak} değerleri zaman genişliği hızlı (fast, 125 msn) olacak şekilde ölçülmüştür. Kişisel gürültü maruziyet değerlerinin ölçümü için, seçilen personellere, öğleden önceki yoğun iki saatlik süre içerisinde, SV104 dozimetre cihazları operatörün kulağının dış kanal girişinden 0,1-0,3 m uzaklıkta olacak şekilde yakalarına bağlanmış ve farklı aralıklarla 10 dakikadan az olmamak üzere üç tekerrürlü görev tabanlı ölçüm metodu çerçevesinde L_{Cpeak} ve $L_{EX,8saat}$ değerleri kayıt altına alınmıştır. Ortam ve kişisel maruziyet ölçümleri sonunda tekrardan SPL değerleri alınmış olup farkın 0,5 dB(A)'dan yüksek olmadığı gözlenmiş ve ölçümler sonlandırılmıştır. Ölçüm verileri cihazlara ait SvanPc++ ve Supervisor programları ile cihazlardan alınarak kişisel bilgisayara yüklenmiştir.

Her bir işletmeye ait atölyenin kapalı ortam gürültü haritasının oluşturulması için açık erişim (Demo) NoiseAtWork programında, Autocad 2019 programı ile çizilen atölye yerleşim planları, sırasıyla çağrılarak bu yerleşim planlarında belirlenen ölçüm noktalarına L_{Aeq} ve L_{Cpeak} gürültü düzey değerleri ayrı ayrı girilmiştir. Çalışmalar sonunda yetkili firmadan kısıtlı süreli kullanım için temin edilen lisanslı NoiseAtWork programı ile oluşturulan bu gürültü haritaları doğrulanmıştır. Böylece, ölçüm yapılan dört farklı atölye için 2'şer adet gürültü haritası elde edilmiş olup değerler görsel olarak gözlenebilmiş ve çözüm önerileri daha net sunulabilmiştir.

Svan 957 marka gürültü ölçüm cihazı ile her bir noktada yapılan kapalı ortam ölçümlerinde harita oluşturmada kullanılan L_{Aeq} ve L_{Cpeak} değerleri için sırasıyla Denklem 1.3 ve Denklem 1.4 referans alınmıştır. TS EN ISO 9612 (2009) standardında belirtilen görev tabanlı ölçüm metodu çerçevesinde, tek görevi olan makine operatörlerinin günlük gürültü maruziyet seviyelerine bağıl katkısının hesaplanmasında ise Denklem 1.5 kullanılmıştır. Operatörlerinin günlük gürültü maruziyet seviyeleri SV104 dozimetre ile ölçülmüş olup bu cihaz aynı anda 3 periyodik ölçüm alabilmektedir.

BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmaların yapıldığı fabrikalar içerisindeki ilgili atölyelerin ön keşif çalışmaları sonucunda oluşturulan kroki çizimleri AUTOCAD 2019 BDÇ yazılımı ile çizilerek ölçülendirilmiş ve böylece atölyelerin yerleşim planları oluşturulmuştur (Şekil 30, Şekil 32, Şekil 35 ve Şekil 37). Sırasıyla her atölyenin yerleşim planları çizimlerinin "dwg" uzantılı dosyaları NoiseAtWork programında çağrılarak çizimler üzerinde atölyelerin sınırları belirlenmiştir. NoiseAtWork programında, 2B yerleşim planı/makina parkı üzerinde ızgaralara ayrılmış çalışma alanlarında, her bir kesişim noktası ölçüm noktası olarak belirlenerek tek tek işaretlenen bu ölçüm noktalarına A-frekans ağırlıklı eşdeğer gürültü seviyesi (L_{Aeq}) ve C-Ağırlıklı Tepe Ses Basınç Seviyesi (L_{Cpeak}) değerleri veri olarak girilmiştir. Her bir atölye için oluşturulan kapalı ortam gürültü haritalarının renk kartelalarında İSG'de fiziksel bir risk etmeni olan gürültü açısından güvenli ve tehlikeli noktaların ve alanların daha net görülebilmesi için sınır ve maruziyet değerleri farklı renklerle ifade edilecek şekilde seçilmiştir. Gürültü haritalama programının VDI 2720 (Germany) standart çerçevesinde oluşturduğu "L_{Aeq}" ve "L_{Cpeak}" isimli haritalar değerlendirmeye alınmıştır. Yapılan kapalı ortam gürültü ortam ölçümleri ile olası ilişkisini görebilmek açısından, aynı ortamda sabit bir noktada görev tabanlı çalışanların konumları, oluşturulan bu L_{Aeq} haritaları üzerinde ayrıca işaretlenmiş ve üzerine bağlanan gürültü dozimetrelerinden alınan değerler Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik kapsamında değerlendirilmiştir.

4.1. Tekstil İmalat Atölyesi (F1) İçin Gürültü Ölçümleri ve Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında, kapalı alan gürültü ölçümlerinin ve gürültü haritalarının oluşturulduğu işletmelerden ilki olan F1 kodlu tekstil dokuma fabrikasında; anma gününde meteorolojik değerler kayıt altına alınmış (nem:%62,2 - basınç:1002,3 mbar - rüzgar hızı: 0,44m/sn-sıcaklık:24°C), atölye tezgah yerleşim planına uygun şekilde 3m x 7m aralıklarla ızgaralara ayrılarak ölçüm noktaları belirlenmiş, belirlenen ölçüm noktalarında gürültü düzeyleri ölçülmüş ve ölçüm sonuçlarına göre gürültü haritaları oluşturulmuştur. Gürültü haritaları değerlendirilerek firmada hâlihazırda uygulanan yöntemlere ek olarak gürültüyü yok etmeye veya azaltmaya yönelik etkin çözüm ve tedbir önerilerinde bulunulmuştur.

4.1.1. Tekstil İmalat Atölyesi (F1) İçin Gürültü Ölçümü Sonuçlarının Değerlendirilemesi

Tekstil imalat atölyesinde 112 noktada, 5'er dakikalık yapılan ortam ölçümlerinde L_{Aeq} değerleri 90,8 dB(A) ile 106,9 dB(A) arasında değişmiştir (Tablo 13). Bu değerler 2005 tarihinde yürürlükten kaldırılan Gürültü Kontrol Yönetmeliği ve Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı'nın (OSHO) belirlediği sınır değeri olan 90 dB(A)'nın üzerindedir. Buna ek olarak, yine Tablo 13'teki ölçülen değerler, Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik'te belirtilen en yüksek maruziyet eylem değeri olan ve 8 saat boyunca maruz kalınması durumunda işveren tarafından gerekli önlemlerin alınması gereken 85 dB(A)'nın üzerindedir.

Tablo 13
Tekstil imalat atölyesi kapalı ortam L_{Aeq} ölçüm değerleri

Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)
1	101,5	20	102,0	39	98,6	58	101,0	77	97,2	96	94,1
2	101,2	21	103,1	40	98,2	59	102,1	78	96,0	97	93,6
3	101,6	22	102,2	41	98,3	60	100,3	79	95,6	98	93,8
4	100,9	23	100,8	42	97,5	61	103,0	80	95,6	99	91,8
5	100,8	24	102,5	43	98,3	62	101,4	81	94,8	100	92,4
6	101,5	25	100,5	44	98,7	63	101,5	82	95,1	101	93,7
7	100,9	26	103,5	45	98,9	64	97,9	83	95,5	102	93,0
8	104,1	27	101,1	46	98,7	65	98,3	84	96,2	103	93,4
9	102,2	28	103,8	47	98,8	66	101,4	85	94,8	104	93,0
10	105,2	29	98,9	48	98,5	67	100,5	86	94,7	105	93,0
11	103,2	30	98,4	49	98,7	68	102,3	87	95,5	106	90,8
12	106,9	31	99,0	50	98,3	69	99,8	88	94,7	107	91,5
13	103,0	32	98,7	51	100,3	70	101,0	89	94,6	108	92,1
14	104,7	33	98,6	52	103,0	71	96,8	90	94,5	109	92,1
15	102,9	34	99,1	53	100,7	72	97,0	91	94,7	110	92,0
16	102,5	35	98,7	54	103,2	73	97,1	92	94,1	111	91,8
17	103,7	36	98,5	55	100,5	74	96,7	93	93,4	112	91,7
18	101,8	37	98,3	56	101,4	75	96,2	94	92,3	-	-
19	105,5	38	98,5	57	101,9	76	96,6	95	93,2	-	-

Tablo 14'te C-ağırlıklı tepe ses basınç düzey değerleri (L_{Cpeak}) verilmiştir. Bu çizelgeden de görüldüğü üzere; 112 noktada alınan L_{Cpeak} değerleri 108,5 ile 123,4 dB(C) arasında değişmektedir. 123,4 dB(C) en yüksek tepe değer 12 nolu ölçüm noktasında ölçülmüştür.

Tablo 14
Tekstil imalat atölyesi kapalı ortam L_{Cpeak} ölçüm değerleri

Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)
1	116,6	20	117,2	39	116,2	58	117,6	77	115,0	96	116,2
2	117,0	21	118,2	40	114,6	59	120,1	78	114,8	97	111,9
3	116,7	22	118,0	41	114,1	60	116,8	79	114,5	98	113,1
4	116,6	23	116,3	42	113,8	61	121,1	80	115,2	99	110,7
5	115,5	24	119,1	43	114,4	62	117,9	81	113,1	100	111,0
6	117,1	25	117,5	44	114,8	63	119,1	82	114,0	101	113,3
7	116,1	26	119,7	45	115,7	64	115,5	83	113,4	102	112,0
8	120,6	27	116,9	46	115,0	65	116,0	84	115,3	103	115,1
9	117,9	28	119,1	47	115,2	66	119,5	85	115,3	104	111,5
10	122,1	29	116,4	48	114,5	67	117,4	86	113,4	105	112,0
11	118,5	30	114,7	49	114,7	68	122,3	87	115,3	106	108,5
12	123,4	31	115,2	50	114,1	69	117,3	88	114,0	107	109,5
13	117,9	32	114,8	51	117,4	70	119,0	89	115,3	108	109,9
14	119,7	33	114,9	52	120,7	71	115,8	90	112,4	109	109,5
15	119,4	34	115,6	53	117,4	72	115,5	91	113,5	110	110,3
16	118,3	35	116,5	54	120,9	73	117,0	92	113,0	111	110,2
17	119,4	36	114,5	55	117,9	74	114,9	93	112,3	112	109,8
18	118,2	37	115,3	56	119,3	75	116,0	94	110,8	-	-
19	121,5	38	114,8	57	119,2	76	114,7	95	111,1	-	-

4.1.2. Tekstil İmalat Atölyesi (F1) İçin Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi

Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı'nın (İSGÜM) koordinatörlüğünde sürdürülen endüstriyel gürültü ölçümlerinde TS EN ISO 9612 (2009) standardına bağlı olarak özellikle ölçülerek değerlendirilmesi istenen L_{Aeq} ve L_{Cpeak} değerlerinin gürültü haritaları (Şekil 41) oluşturulmuştur.

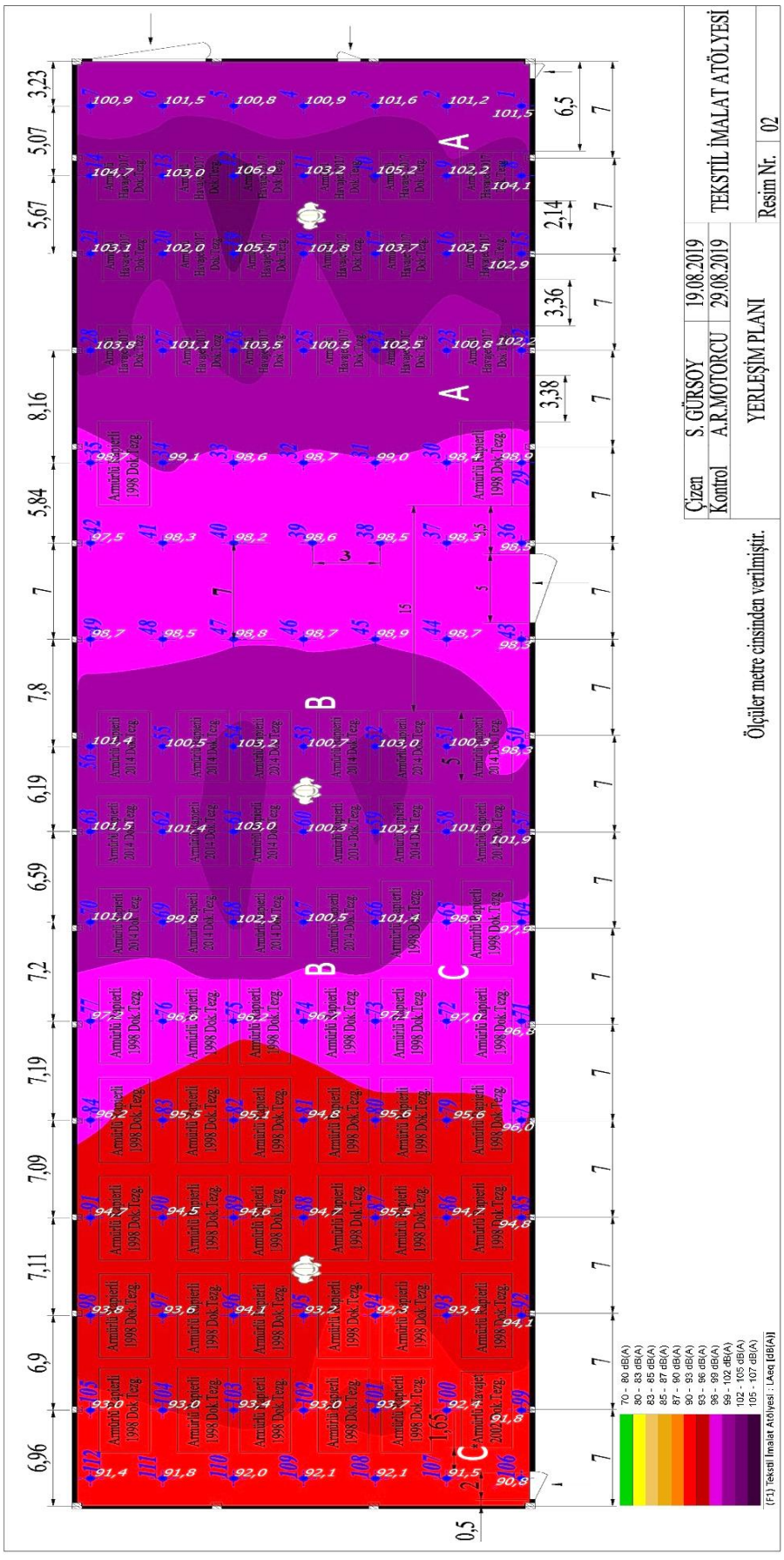
Şekil 41'deki L_{Aeq} gürültü haritası incelendiğinde;

- 100 dB(A) değerlerini geçen (100,5-106,9 dB(A)) bölgelerin A tipi (A kodlu) yüksek devirli makinelerin (18 adet, 900 dev/dk) bulunduğu/çalıştığı bölgeler olduğu,
- Gürültü haritasındaki ortadaki "açık mor" renkle gösterilmiş bölge atölyede depolama amaçlı kullanılan bölge olup bu bölgede (29-49 nolu ölçüm noktalarında) ölçülen L_{Aeq} değerlerinin yaklaşık 97-100 dB(A) civarında olduğu,
- Devir sayısı A tipine yakın olan B tipi makinelerin (16 adet 550 dev/dk) çalıştığı bölgelerde (50-66 nolu ölçüm noktaları) ise L_{Aeq} değerlerinin yaklaşık 100 dB(A) civarında (97,9-103,2 dB(A)) olduğu,
- C tipi makinelerin bulunduğu/çalıştığı bölgede (67-112 nolu ölçüm noktaları) ise gürültü L_{Aeq} değerlerinin 90,8-102,3 dB(A) civarında olduğu,

görülmektedir. Şekil 41'deki L_{Aeq} değerleri gürültü haritasından genel olarak, atölye ortamdaki gürültü seviyesinin oldukça yüksek olduğu, kesinlikle KKD'siz çalışılmaması

gerektiği, makinelerin bulunmadığı çalışma bölgelerinin dahi (Şekil 41 , B bölgesi) diğer bölgelerdeki mevcut makine ve donanımların çıkarmış olduğu gürültüden yüksek ve anlamlı bir şekilde etkilendiği anlaşılmıştır. Şekil 41'deki L_{Aeq} gürültü haritası bu tekstil dokuma atelyesinde KKD kullanımı dışında, kalıcı ve anlamlı bir gürültü önleme çalışması yapılması gerekliliğini yansıtmaktadır.

Gerçekleştirilen kapalı ortam endüstriyel gürültü ölçümleri ile örtüşmesi ve yapılan ölçümlerin tutarlılığı açısından tekstil dokuma atölyesindeki üç farklı model (üç farklı devir sayısı ve diğer teknik özelliklere sahip) tekstil dokuma makinesinde çalışan operatörler üzerine takılan dozimetreler ile TS 2607 ISO 1999 (2005) ve TS EN ISO 9612 (2009) standardına göre görev tabanlı ölçüm metodu çerçevesinde 10'ar dakikadan 3 tekrarlı gürültü kişisel maruziyet değerleri de ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde, günlük gürültü maruziyet düzeyi ($L_{EX,8saat}$) değerleri, en yüksek devirli makinede çalışan operatörde ölçülenden en düşük devirli makinede çalışan operatörde ölçülene doğru sırasıyla 102,6 dB(A) (A kodlu makinelerin operatörü), 102,4 dB(A) (B kodlu makinelerin operatörü) ve 91,7 dB(A) (C kodlu makinelerin operatörü olarak tespit edilmiş olup bu operatörlerin konumları da Şekil 41'de sunulan L_{Aeq} gürültü haritası üzerinde işaretlenmiştir. Bu değerlerden, devir sayısı daha yüksek olan tekstil dokuma makinelerinin daha fazla gürültü oluşturduğu ve dolayısıyla bu makinelerde çalışan ya da bu makinelerin bulunduğu alanda operatörlerin daha yüksek gürültüye maruz kaldığı görülmektedir. En önemlisi bu atölyede bu makinelerin konumlandığı bölümde çalışan operatörlerin maruz kaldığı günlük gürültü Soylu ve Gökkuş (2016)'un çalışmalarının bulguları ile benzerlik göstermekte olup maruziyet düzeyi Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliği'nde belirtilen $L_{EX,8saat}$ değeri 87 dB(A) maruziyet sınır değerinin üzerinde çıkmıştır.

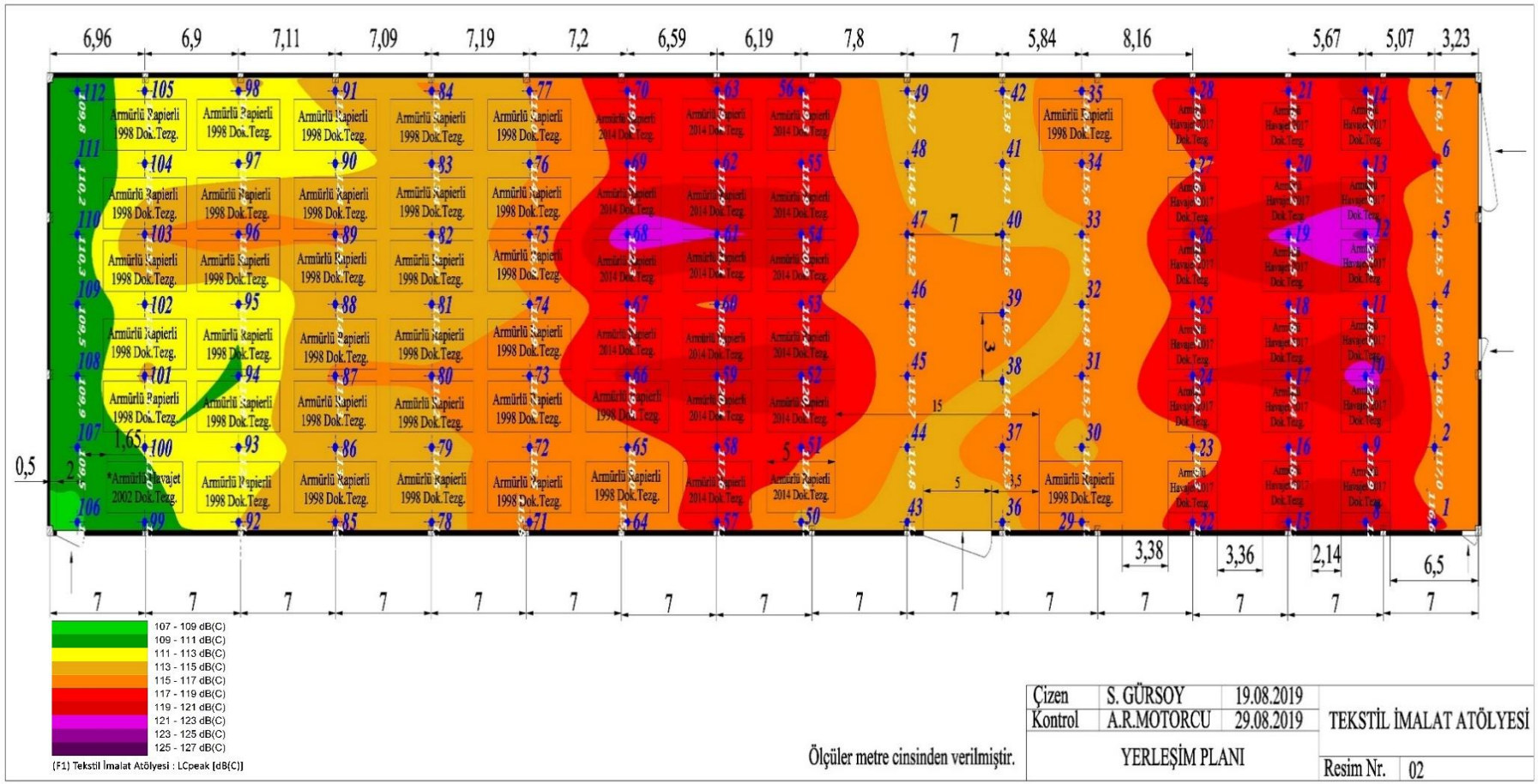


Şekil 41. Tekstil imalat atölyesinin L_{Aeq} değerleri için oluşturulan gürültü haritası

C bandı A bandına oranla daha doğrusal ve yüksek frekanslara duyarlılığı daha yüksek bir banttır. Şekil 42'deki L_{Cpeak} gürültü haritası incelendiğinde;

- A tipi (A kodlu) yüksek devirli makinelerin (18 adet, 900 dev/dk) çalıştığı bölgelerde L_{Cpeak} ölçüm değerlerinin 115,5-123,4 dB(C) arasında değiştiği,
- 29-49 nolu ölçüm noktalarında (Depolama amaçlı kullanılan bölge) ölçülen L_{Cpeak} değerlerinin yaklaşık 113,8-116,5 dB(C) aralığında olduğu,
- Devir sayısı A tipine yakın olan B tipi makinelerin (16 adet 550 devir/dk) çalıştığı bölgelerde (50-66 nolu ölçüm noktaları) ise L_{Cpeak} değerlerinin yaklaşık 114,1-121,1 dB(C) arasında değişmekte olduğu ve ses tekrarından dolayı bu bölgede gürültü seviyesinin yükselmiş olduğu ancak A tipi (A kodlu) yüksek devirli makinelerin çalıştığı bölgelere göre ise daha düşük olduğu,
- C tipi makinelerin bulunduğu/çalıştığı bölgede (67-112 nolu ölçüm noktaları) ise gürültü L_{Cpeak} değerlerinin yaklaşık 108,5-122,3 dB(C) arasında değiştiği görülmektedir.

Gürültü ölçümlerinde en yüksek değer olan L_{Cpeak} değeri 123,4 dB(C) olarak A tipi makinaların çalışma bölgesindeki 12 nolu ölçüm noktasında ölçülmüştür. Aynı şekilde, Şekil 42'deki gürültü haritası ve ölçülen L_{Cpeak} değerleri tekstil dokuma atölyesinde etkili gürültü önleme yöntemlerinin uygulanması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 42. Tekstil imalat atölyesinin L_{CPeak} değerleri için oluşturulan gürültü haritası

4.1.3. Tekstil İmalat Atölyesi (F1) İçin Gürültü Önleme Önerileri

Tekstil dokuma atölyesi için oluşturulan gürültü haritaları ve gürültü kişisel maruziyet ölçümlerinden sonra atölyenin ve tesislerin tasarımı ve işletilmesinden sorumlu olan mühendis, tekniker, teknisyen, ustabaşı vd. teknik personel gürültüyü önleme ya da azaltma amacıyla şu yöntemleri uygulamalı ya da göz önünde bulundurmalıdırlar:

1. Yapılan işten kaynaklı gürültü ile çalışan makine veya ekipmanın gürültüsü birbirine karıştırılmamalı, çözüm aranırken her ikisine ayrı yaklaşımlarda bulunulmalıdır.
2. Tekstil atölyesinde herhangi bir sebepten dolayı makine değişimine gidilmesi durumunda daha sessiz çalışan makineler tercih edilmelidir.
3. Kullanılmayan makinalar durdurulmalı, gerekmiyorsa boşta dahi çalıştırılmamalı, gerektiğinde hazır hale getirilmelidir.
4. Düşen, devrilebilen, çarpan materyal ve ekipmanlar için tedbir alınmalıdır.
5. Yüksek devirde çalışan tekstil makinelerinin varsa sessiz modunun aktif edilmesi ya da üretim süreci ve planlaması açısından sorun teşkil etmeyecekse daha düşük devirlerde çalıştırılması gerekmektedir.
6. Her tekstil dokuma ürününe uygun çalışma modları seçilmelidir.
7. Zemine monte edilmiş makinelerin titreşimden kaynaklı zeminden gürültü iletiminin engellenmesi için gevşeyen sökülebilir bağlantı elemanları sağlamlaştırılmalı, titreşim emici levhalar, kauçuk takozlar, yaylar, amortisörler veya makinaya özel yalıtıcılar kullanılmalıdır. Özellikle B ve C tipi makinelerde uygulanamayan zemin montaj işleminin yalıtıcı kauçuk malzemeler ile yapılması elzemdir.
8. Periyodik bakımlar önemsenmelidir. Bu sayede hem makine ömrü uzayacak diğer yandan da gürültü seviyesi azaltılacaktır.
9. Tekstil dokuma makinelerinin kapalı olan bölümlerinde, eskiyen, yıpranan veya özelliğini yitirmiş ses yalıtım malzemeleri yenilenmeli, ses yalıtımı olmayan bölümler ise uygun malzeme kaplamaları ile yalıtılmalıdır.
10. Makineler faal olarak çalıştığı için üzerlerini örtmek mümkün olmadığından üç farklı makine grubunun birbirine olan etkilerini azaltmak için ses perdeleri ile birbirinden tecrit edilmelidirler.
11. Gürültü kontrolünde gürültü kaynağının perdelenmesi, üstünün kapatılması, tecrit edilmesi en etkin çözüm yöntemlerinden biri olduğu için olabildiğince ses yalıtım paravanları, perdeler, duvarlar ile gürültülü bölgeler üretimi engellenmeyecek şekilde tecrit edilmelidir.

12. Gürültü maruziyetini düşüreceğinden açık olması gereken bölgelere hareketli, portatif kapak ya da muhafazalar yapılması, mevcut fakat hasarlı yada sökülmüş olanların onarılması ve yeniden takılması uygun olacaktır.

13. Atölyede makinelerin çalıştığı bölgelere göre daha az gürültülü olan depolama gölgesinde yürütülen üretime yönelik faaliyetler farklı alanlarda yürütülmelidir.

14. Kompresör, jeneratör, gibi ekipmanların çalışma ortamında çalıştırılmaması, çalışma ortamının dışında bina yanında yalıtılmış kabin ya da odalarda bulundurulması gerekmektedir.

15. Atölyenin çatı ya da tavan altına ses emici kaplama yerleştirilmeli ya da ısı yalıtımı için kullanılan malzemeler ses yalıtımı da yapabilen modeller ile değiştirilmelidir.

16. Atölye duvarlarının tamamı ya da özellikle yüksek devirlere sahip makinelere daha yakın olan duvarlar oluşan sesin yansımasını önleyecek, ses geçirmeyen, sesi emen malzemeler ile kaplanmalıdır.

17. Atölyede oluşan gürültünün hava ile kolay yayılımına imkân verecek uygun havalandırma ve hava akım yolları tasarlanmalıdır.

18. Atölyede yüksek gürültüye maruz kalan çalışanlar düzenli bir iş bölümü ile daha sessiz ortamlarda dönüşümlü çalıştırılmalı, çalışan operatörlere periyodik aralıklarla molalar verilmelidir.

19. Çalışanların odyometrik ölçümleri düzenli olarak takip edilmelidir.

20. Gürültüyü alıcıda kontrol yöntemlerinden biri olan kulaklık ve tıkaç gibi KKD'lerin kullanımına özen gösterilmelidir.

21. Tekstil atölyesi içerindeki havalandırma fanlarının bakımının yapılması elzemdir, ortamdaki pamuk tozları dolayısıyla sık sık tıkanabilmekte ve yağlama sorunuyla çalışma sırasında gürültünün artmasına neden olmaktadır.

22. Makine parkının dizilimi için Şekil 18'de Sabancı ve Sümer (2011)'in önerdiği ve Jayawardana ve ark. (2014)'nın uygulamalı çalışmasında elde ettiği en az 5 dB'lik kümülatif gürültü azalması referans alınarak, hava akım yolları çalışan sayısının az olduğu duvar kenarlarına doğru yönlendirilecek şekilde yapılmalıdır.

23. Makinaların çok yakın olduğu duvarlar ses yutucu kaplamalar ya da boyalar ile boyanmalıdır.

24. 1/3 oktav bantları açısından ölçümleri sonuçları incelendiğinde; gürültünün 500 Hz ile 10 kHz arasında değiştiği, 2000-2500 Hz aralığında ise kararlı olduğu görülmüştür. Hava viskozitesi, yüksek frekanslarda daha önemli olduğundan etraftaki malzemeler hatta

çalışanların kıyafetleri bile ses yutucu olabileceği gibi aynı zamanda bu frekanslarda yansıtıcı olabileceği de unutulmamalıdır (Çalışkan, 2004c).

25. Ses yutucu özelliği yüksek olan cam yünü, taş yünü, lifli ve gözenekli köpük malzemeler kullanılarak ses denetimi yapılmasına özen gösterilmelidir (Çalışkan, 2004c).

26. Dokuma ve çözgü leventleri taşınırken tekerlemek yerine mutlaka uygun transpalet ve taşıma araçları ile taşınmasına özen gösterilmelidir.

4.2. Presle İmalat Atölyesi (F2) İçin GürültüÖlçümleri ve Haritalarının Değerlendirilmesi

Makine metal ve imalat sektörünün vaz geçilmez ve genellikle yüksek anlık tepe gürültü değerlerinin meydana geldiği ve gürültü maruziyetinin yüksek olduğu bir alan olan presle imalat atölyesinde (F2); anma gününde önce meteorolojik değerler kayıt altına alınmıştır (nem: %51,3 - basınç: 1014,1 mbar - rüzgâr hızı: 0,31 m/sn ve sıcaklık: 26,6 °C). Daha sonra, atölye, tezgâh yerleşim planına uygun şekilde 4m x 3m aralıklarla ızgaralara ayrılarak ölçüm noktaları belirlenmiş, belirlenen ölçüm noktalarında gürültü düzeyleri ölçülmüş ve ölçüm sonuçlarına göre gürültü haritaları oluşturulmuştur. Hazırlanan gürültü haritaları değerlendirilerek firmada hâlihazırda uygulanan mevcut yöntemlere ek olarak gürültüyü yok etmeye veya azaltmaya yönelik etkin çözüm ve tedbir önerilerinde bulunulmuştur.

4.2.1. Presle İmalat Atölyesi (F2) İçin Gürültü Ölçümü Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Presle imalat atölyesinde 48 noktada, 5'er dakikalık yapılan ortam ölçümlerinde L_{Aeq} değerleri 83,2 dB(A) ile 94,35 dB(A) arasında değişmiştir. (Tablo 15) 29 nolu ölçüm noktasında (Atölye girişi stok bölgesidir) ölçülen 83,2 dB(A) değeri dışında tüm gürültü değerleri Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik'te belirtilen en yüksek maruziyet eylem değeri olan ve 8 saat boyunca maruz kalınması durumunda işveren tarafından gerekli önlemlerin alınması gereken 85 dB(A)'nın üzerinde çıkmıştır. Bu atölyede, farklı model ve çalışma tonajına sahip presler başında sürekli aynı görevi yapan operatörlerden alınan görev tabanlı kişisel maruziyet değerleri ise 89,2-96,9 dB(A) aralığında ölçülmüştür.

Tablo 15
Presle imalat atölyesi kapalı ortam L_{Aeq} ölçüm değerleri

Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)
1	85,11	13	91,90	25	87,14	37	86,50
2	88,41	14	88,91	26	86,20	38	89,00
3	86,93	15	85,20	27	87,90	39	90,90
4	88,06	16	86,95	28	89,00	40	89,30
5	88,35	17	88,00	29	83,20	41	89,00
6	88,77	18	89,59	30	86,20	42	87,20
7	89,50	19	87,10	31	85,90	43	86,60
8	92,00	20	88,58	32	86,70	44	89,80
9	90,95	21	88,10	33	87,70	45	86,50
10	91,67	22	88,91	34	88,20	46	87,73
11	92,41	23	88,20	35	88,70	47	93,50
12	94,35	24	89,00	36	85,60	48	90,59

Tablo 16'da L_{Cpeak} değerleri verilmiştir. Bu çizelgeden de görüldüğü üzere, yine 48 noktada alınan L_{Cpeak} değerleri 107,3 ile 127,61 dB(C) arasında değişmektedir. 127,61 dB(C) ve 127,01 dB(C) ile en yüksek L_{Cpeak} değerleri birbirine çok yakın 12 ve 48 nolu ölçüm noktasında, 250 tonluk eksantrik preslerin yoğunlukla bulunduğu bölgede ölçülmüştür.

Tablo 16
Presle imalat atölyesi kapalı ortam L_{Cpeak} ölçüm değerleri

Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)
1	110,69	13	126,09	25	112,58	37	112,10
2	114,87	14	116,49	26	113,00	38	115,90
3	116,29	15	111,80	27	115,70	39	121,40
4	113,70	16	112,25	28	117,70	40	117,50
5	112,37	17	113,70	29	107,30	41	116,30
6	113,78	18	113,58	30	116,30	42	114,10
7	113,32	19	113,90	31	109,40	43	113,30
8	117,75	20	112,56	32	110,10	44	112,00
9	122,36	21	113,80	33	111,40	45	115,60
10	122,05	22	113,48	34	111,80	46	119,99
11	122,82	23	116,40	35	111,20	47	125,45
12	127,61	24	115,62	36	111,00	48	127,01

4.2.2. Presle İmalat Atölyesi (F2) İçin Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi

Presle İmalat atölyesi için AÇSHB ve İSGÜM koordinatörlüğünde sürdürülen endüstriyel gürültü ölçümlerinde TS EN ISO 9612 (2009) standardında özellikle ölçülerek

değerlendirilmesi istenen L_{Aeq} ve L_{Cpeak} değerlerine ait gürültü haritaları oluşturulmuştur (Şekil 42).

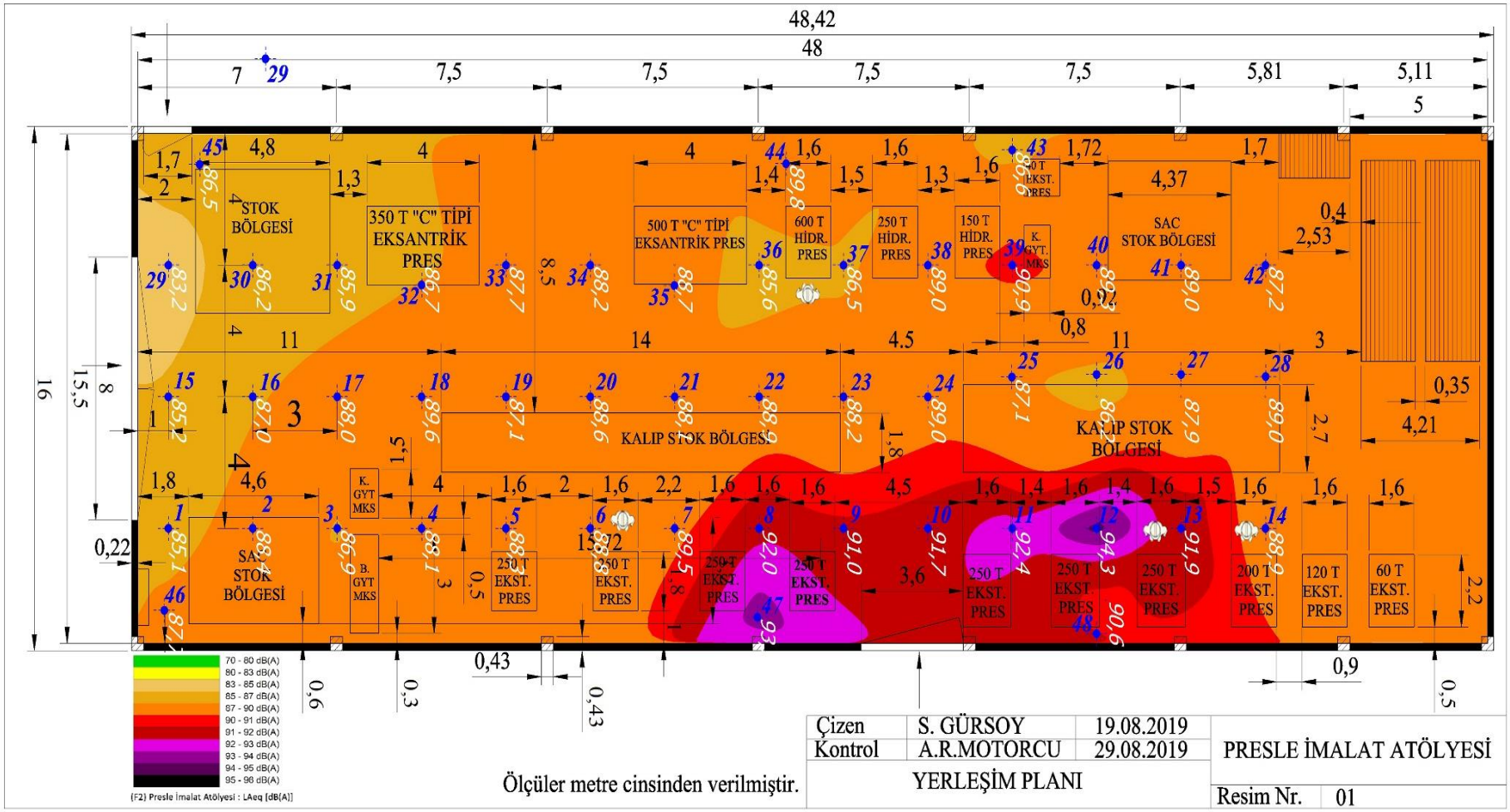
Şekil 43'te ki L_{Aeq} gürültü haritası incelendiğinde;

- Sırasıyla 5-14 nolu ölçüm noktlarındaki maksimum 250 ton presleme kuvvetine sahip eksantirik preslerin olduğu bölgede 88,35 dB(A) ile 94,35 dB(A) arasında değişen en yüksek L_{Aeq} değerleri ölçülmüştür. Nakliye giriş-çıkış kapısının ve en düşük senkronizasyonla çalışan 500 tonluk presleme kuvvetine sahip presin bulunduğu bölgede genele göre en düşük gürültü seviyelerinin oluştuğu tespit edilmiştir.
- 39 nolu ölçüm noktasında bulunan giyotin makas faal olarak kullanılmakta olup kesilen parçaların yere ya da diğer profil ve saç parçalara çarpması sonucu 90,9 dB(A) L_{Aeq} değeri ölçülmüştür.
- 42 nolu saç profil stok alanında 87,2 dB(A) L_{Aeq} değeri ölçülmüş olup bu bölgede parça stok alımı ve teslimatında özensizce yüksekten atma sebepli gürültü gözlenmiştir.
- 15-22 nolu ölçüm noktaları, giriş ve kalıp stok alanı, ölçüm değerleri 85,2 dB(A)-88,91 dB(A) arasında değişmiştir.
- Presle imalat atölyesinde eksantrik pres tezgâhların maksimum presleme kuvvetlerinin (200 ton, 250 ton) gürültü seviyelerinin değişimi üzerinde anlamlı bir etkisi tespit edilememiştir.

Şekil 43'teki L_{Aeq} değerleri gürültü haritasından genel olarak, kapalı atölye ortamındaki gürültü seviyesinin oldukça yüksek olduğu, ilk ve öncelikli tedbir olarak kesinlikle KKD'siz çalışılmaması gerektiği, makinelerin bulunmadığı çalışma bölgelerinin dahi diğer bölgelerdeki mevcut makine ve donanımların çıkarmış olduğu gürültüden yüksek ve anlamlı bir şekilde etkilendiği anlaşılmıştır. Yine, atölye içerisinde yüksekten parça bırakma sonucu oluşan gürültünün pres tezgahlarının çalışması sırasında oluşan gürültü seviyesini de arttırdığı tespit edilmiştir. Şekil 43'te verilen L_{Aeq} gürültü haritası bu presle üretim atölyesinde köklü, kalıcı ve anlamlı bir gürültü önleme çalışması yapılması gerekliliğini yansıtmaktadır. Bu çalışmada presle üretim atölyesinde ölçülen gürültü değerleri Esen'in (2010) ve yine Can'ın (2019) çalışmalarında ölçtükleri değerlerle benzerlik göstermektedir.

Gerçekleştirilen kapalı ortam endüstriyel gürültü ölçümleri ile örtüşüp örtüşmediğini test etmek ve yapılan ölçümlerin tutarlılığını belirlemek için presle üretim atölyesinde dört farklı konum ve preste çalışan operatörler üzerine takılan dozimetreler ile TS 2607 ISO 1999 (2005) ve TS EN ISO 9612 (2009) standardına göre görev tabanlı ölçüm metodu

çerçevesinde 10’ar dakikadan üç tekrarlı gürültü kişisel maruziyet değerleri de ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde, günlük gürültü maruziyet düzeyi ($L_{EX,8saat}$) değerleri; 12 nolu ölçüm noktasına yakın olan 250 ton presleme kuvvetine sahip eksantrik preste çalışan operatör için 96,9 dB(A), 14 nolu ölçüm noktasına yakın olan 200 ton kapasiteli eksantrik preste çalışan operatör için 96,5 dB(A), 6 nolu ölçüm noktasına yakın olan 250 ton kapasiteli eksantrik preste çalışan operatör için 94,6 dB(A) ve 37-38 nolu ölçüm noktalarının arasındaki 600 ton kapasiteli hidrolik presteki operatör için ise 89,2 dB(A) olarak ölçülmüş olup operatörlerin konumları Şekil 43’te sunulan L_{Aeq} gürültü haritası üzerinde ayrıca gösterilmiştir. Bu değerlerden, mekanik çalışma sistemine sahip eksantrik tezgâhlarının hidrolik preslerden daha fazla gürültü oluşturduğu ve dolayısıyla bu makinelerde çalışan ya da bu makinelerin bulunduğu alandaki operatörlerin daha yüksek endüstriyel gürültüye maruz kaldığı görülmektedir (Noweir vd., 2014). Buna ek olarak, ($L_{EX,8saat}$) değerleri incelendiğinde yine eksantrik pres tezgâhların maksimum presleme kuvvetlerinin (200 ton, 250 ton) gürültü seviyelerinin değişimi üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Son olarak, bu atölyede özellikle pres tezgâhların konumlandığı bölümde çalışan operatörlerin maruz kaldığı günlük gürültü maruziyet düzeyinin Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliği’nde belirtilen 85 dB(A) maruziyet eylem değerinin üzerinde çıktığı tespit edilmiştir.



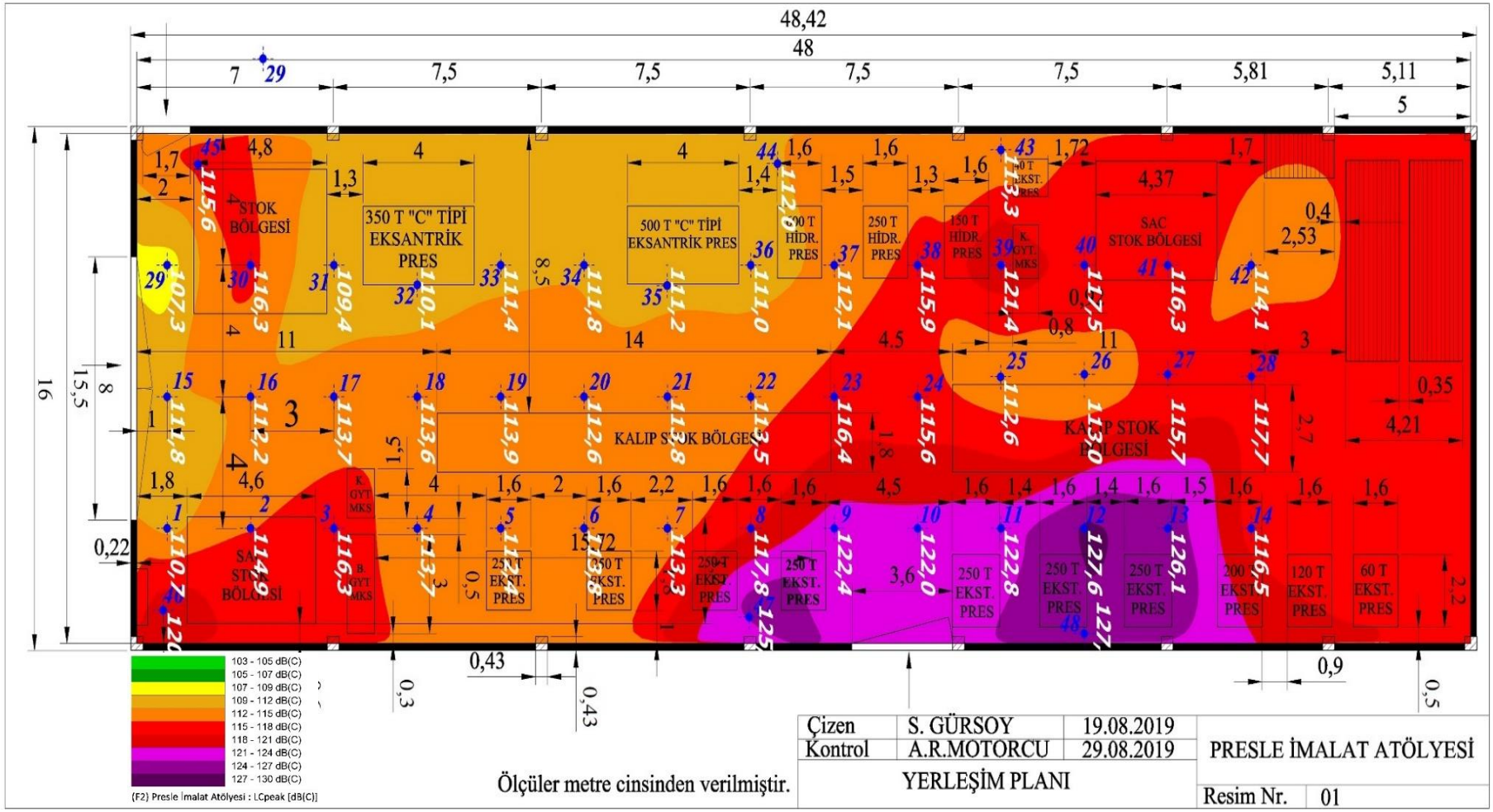
Şekil 43. Presle imalat atölyesinin L_{Aeq} değerleri için oluşturulan gürültü haritası

Şekil 44'teki L_{Cpeak} gürültü haritası incelendiğinde;

- Presle üretim atölyesindeki 1-4 aralığındaki ölçüm noktaları işlenecek stok malzemelerin, 2 adet giyotin makasın ve elektrik panosunun olduğu bölüm olup bu alanda L_{Cpeak} değeri 110,69-113,70 dB(C) aralığında ölçülmüştür.
- 5-8 aralığındaki ölçüm noktalarında bulunan 250 ton presleme kapasitesine sahip eksantrik preslerdeki ortam L_{Cpeak} değerleri 112,37 ile 117,75 dB(C) aralığında ölçülmüş olup bu preslerde ince sac malzemelerin preslendiği gözlenmiştir. Yine, aynı presleme kuvveti kapasitesine sahip 250 tonluk eksantrik preslerin bulunduğu 9-13 aralığındaki ölçüm noktalarında alınan L_{Cpeak} değerleri ise 127,61 dB(C) - 126,09 dB(C) aralığında ölçülmüş olup bu preslerde daha kalın sac malzemelerin preslendiği gözlenmiştir.
- 14 nolu ölçüm noktasında bulunan 60 ve 120 tonluk presleme kapasiteli eksantrik preslerin olduğu alanda ise L_{Cpeak} değerleri 116,49 dB(C) ölçülmüştür.
- Pres atölyesinde ebat ölçüleri açısından en büyük pres olan ve büyük boyutlu parçaların preslenmesinde kullanılmakta olan 32 nolu ölçüm noktalarındaki 350 ton presleme kapasiteli H tipi eksantrik pres çevresinde 109,4-111,4 dB(C) aralığında L_{Cpeak} değerleri ölçülmüştür.
- 34-37 nolu ölçüm noktalarında bulunan H tipi 500 ton presleme kuvveti kapasiteli eksantrik pres ile 600 ton kapasiteli hidrolik pres bölgesinde ise 111,0-111,8 dB(C) aralığında L_{Cpeak} değerleri ölçülmüştür.
- 38 nolu ölçüm noktasında bulunan 150 ve 250 ton kapasiteli eksantrik preslerin bulunduğu noktada 115,9 dB(C) değeri ölçülmüştür.
- 39 nolu ölçüm noktası 150 ton kapasiteli hidrolik pres ile giyotin makasın arasında olup burada ölçülen L_{Cpeak} değeri (121,4 dB(C)) 38 nolu ölçüm noktasında ölçülenden daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi giyotin makasta tek operatörün çalışması nedeniyle kesilen metal plakaların bir önceki operasyonda kesilmiş olan plakaların üzerine düşmesi ve kesme prosesi sırasında sürekli olarak yüksek gürültü seviyelerinin oluşmasıdır.
- 41 ve 42 nolu ölçüm noktalarındaki stok alanında ise 114,1-116,3 dB(C) değerleri ölçülmüş olup bu alanda da giyotin ile kesim ve sonrası profil ve sac parçaların birbirine çarpması sonucu yüksek gürültü seviyeleri gözlemlenmiştir.
- Presle imalat atölyesinde eksantrik preslerin çalışırken çıkarmış olduğu gürültü seviyeleri (L_{Aeq} ve L_{Cpeak}) hidrolik preslerin çıkardığı gürültüden daha yüksek çıkmıştır.

Şekil 43. ve 44'teki gürültü haritasından görüleceği üzere; pres tezgahlarının atölye içerisindeki yerleşimlerine ve pres tezgâhlarının tipine (eksantrik-hidrolik) göre ölçülen

L_{Cpeak} değerleri arasında belirgin farklılıklar tespit edilmiştir. Atölye içerisinde çalışan/aktif pres tezgâhlarının kümelendiği bölgelerde ve yine eksantrik preslerin bulunduğu alanlarda yüksek gürültü seviyeleri tespit edilmiştir. Pres atölyesinin tüm ölçüm noktalarında ölçülen gürültü seviyeleri eşik değerin üzerinde olup bu pres atölyesinde etkili gürültü önleme yöntemlerinin uygulanması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 44. Presle imalat atölyesinin L_{Cpeak} değerleri için oluşturulan gürültü haritası

4.2.3. Presle İmalat Atölyesi (F2) İçin Gürültü Önleme Önerileri

Presle imalat atölyesi için oluşturulan gürültü haritaları ve kişisel gürültü maruziyet ölçümlerinden sonra atölyedeki gürültüyü önleme ya da azaltma amacıyla aşağıdaki tedbirlerin alınması ve uygulanması gereklidir:

1. Pres atölyesinde makine değişimine gidilmesi durumunda daha sessiz çalışan makineler tercih edilmelidir (Esen, 2010; Brereton ve Patel, 2016). Hidrolik preslerin eksantrik preslerden daha sessiz çalıştığı bu çalışmada görülmüştür.
2. Kullanılmayan pres tezgâhları durdurulmalı, gerektiğinde hazır hale getirilerek çalıştırılmalıdırlar.
3. Düşen, devrilebilen, çarpan materyal ve ekipmanlar için tedbir alınmalıdır. Örneğin; üretilen parçanın metal bir kutuya yüksekten düşmesini önlemek için metal raylar plastik veya kauçuk tarzı malzeme ile kaplanmalıdır.
4. Her ürününe uygun çalışma modları ve çalışma modlarına uygun tonajlı pres tezgâhları seçilmelidir.
5. Zemin titreşiminden kaynaklı gürültü iletiminin engellenmesi için gevşeyen bağlantı elemanları sağlamlaştırılmalı, titreşim emici levhalar, kauçuk takozlar, yaylar, amortisörler veya makinaya özel yalıtıcılar kullanılmalıdır.
6. Pres tezgâhlarının günlük, aylık ve yıllık bakımları periyodik olarak yapılmalıdır (Forouharmajd ve Shabab, 2015).
7. Eksantrik preslerin dönen, hareket eden kısımlarını kapatan kapaklar ile eskiyen, yıpranan veya özelliğini yitirmiş ses yalıtım malzemeleri yenilenmeli, ses yalıtımı olmayan bölümler ise uygun malzemeler seçilerek yalıtılmalıdır (Forouharmajd ve Shabab, 2015).
8. Üzerlerini örtmek mümkün olmadığından 250 ton kapasiteli eksantrik presler ses emici bariyer ve duvar kaplamaları ile kendi grubundan ve diğer gruptaki preslerden tecrit edilmelidirler. Atölyede ses yalıtımı için alınmış tedbirler yeterli olmadığından her türlü uygulama olumlu sonuç verebilecektir.
9. Akustik tavan panelleri montajı yapılmalıdır (Forouharmajd ve Shabab, 2015).
10. Atölye içerisinde açık olması gereken bölgelere hareketli, portatif kapak ya da muhafazalar yapılması uygun olacaktır.
11. Can (2019) tarafından yapılan çalışmada da belirtildiği üzere presle imalat atölyesinde köpük sandviç ile yalıtım uygulamasına önem verilmelidir.
12. Tavanda asılı halde kullanılmak üzere akustik küp ve toplar kullanılabilir.

13. Atölye duvarlarının tamamı ya da özellikle de eksantrik preslerin çalıştığı bölgelere daha yakın olan duvarlar, oluşan sesin yansımasını önleyecek, ses geçirmeyen, sesi emen malzemeler ile kaplanmalıdır (Forouharmajd ve Shabab, 2015).

14. Atölyede oluşan gürültünün hava ile kolay yayılımı ile ilgili uygun havalandırma ve hava akım yolları tasarlanmalıdır.

15. Çalışanların odyometrik ölçümleri düzenli olarak takip edilmelidir.

16. Gürültüyü alıcıda kontrol yöntemlerinden biri olan kulaklık tıkaç gibi KKD'lerin kullanımına özen gösterilmelidir (Erdoğan, 2017).

17. Tavanlar çelik konstrüksiyon olduğundan ses yutucu malzeme ile kaplanarak yansıma, yankı ve ekonun önüne geçilmelidir.

4.3. Makine İmalat Atölyesi (F3) İçin Gürültü Ölçümleri ve Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi

Makine-imalat sanayisinde yapılan kapalı ortam gürültü değerlendirme ve haritalama çalışmaları araç üstü ekipman imalatı yapan bir firmanın makine imalat atölyesinde (F3) gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla; anma gününde önce meteorolojik ölçümler yapılmış ve nem %57,4, basınç 1006,3 mbar, rüzgâr hızı 0,48 m/sn ve sıcaklık 19°C olarak kayıt altına alınmıştır. Daha sonra, atölye tezgâh yerleşim planına uygun şekilde, 8m x 10m aralıklarla ızgaralara ayrılarak ölçüm noktaları belirlenmiş, belirlenen ölçüm noktalarında gürültü düzeyleri ölçülmüş ve ölçüm sonuçlarına göre gürültü haritaları oluşturulmuştur. Hazırlanan gürültü haritaları değerlendirilerek firmada hâlihazırda uygulanan mevcut yöntemlere ek olarak gürültüyü yok etmeye veya azaltmaya yönelik etkin çözüm ve tedbir önerilerinde bulunulmuştur.

4.3.1. Makine İmalat Atölyesi (F3) İçin Gürültü Ölçümü Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Makine imalat atölyesinde 28 noktada, 5'er dakikalık yapılan ortam ölçümlerinde L_{Aeq} değerleri 70,9 dB(A) ile 88 dB(A) arasında değişmiştir (Tablo 17). 16 nolu ölçüm noktasındaki E kodlu abkanta (40 kW) yakın noktada 88 dB(A), 21 nolu ölçüm noktasındaki lazerle kesme tezgâhına yakın noktada 86,8 dB(A) ve 23 nolu ölçüm noktasındaki makasta 86,2 dB(A) olarak ölçülmüştür. Bu üç nokta dışındaki tüm gürültü değerleri Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik'te

belirtilen en yüksek maruziyet eylem değeri olan ve 8 saat boyunca maruz kalınması durumunda risk oluşturan 85 dB(A)'nın altında çıkmıştır.

Tablo 17
Makine imalat atölyesi kapalı ortam L_{Aeq} ölçüm değerleri

Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)
1	80	8	78,3	15	83	22	82
2	78,9	9	70,9	16	88	23	86,2
3	77,2	10	82,1	17	82,1	24	82,4
4	81	11	79,6	18	80,2	25	74,3
5	79,8	12	81,4	19	80,9	26	77,9
6	80,6	13	79,9	20	77,3	27	81,7
7	80,6	14	80,2	21	86,8	28	82

Tablo 18'de C-Ağırlıklı tepe ses basınç düzeyi (L_{Cpeak}) değerleri verilmiştir. Bu çizelgede de görüldüğü üzere, 28 noktada alınan L_{Cpeak} değerleri 102,7 ile 128,4 dB(C) arasında değişmektedir. 128,4 dB(C) ve 123,4 dB(C) ile en yüksek L_{Cpeak} değerleri 16 ve 23 nolu ölçüm noktalarında bulunan abkant (CNC kontrollü sac metal büküm tezgâhı) ve makas üzerinde ölçülmüştür.

Tablo 18
Makine imalat atölyesi kapalı ortam L_{Cpeak} ölçüm değerleri

Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)
1	102,7	8	103,7	15	112,3	22	105,4
2	104,8	9	103,5	16	128,4	23	123,4
3	103,6	10	109,1	17	110	24	112,4
4	105,5	11	107	18	113,5	25	105,3
5	103,7	12	115,6	19	103,7	26	104,9
6	108,6	13	112,8	20	108	27	112,7
7	116,5	14	104,9	21	110,1	28	109,7

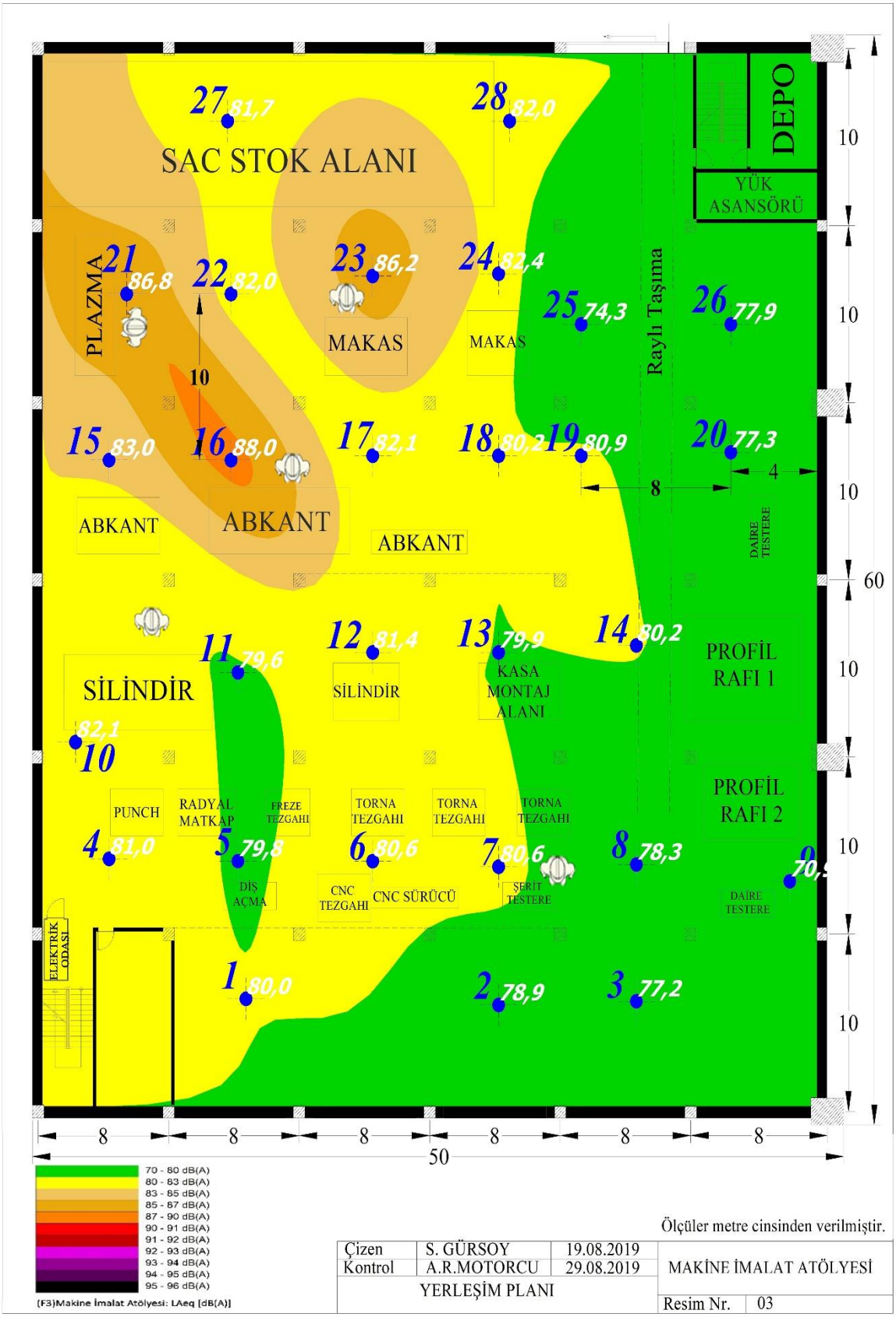
4.3.2. Makine İmalat Atölyesi (F3) İçin Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi

Makine imalat atölyesi için, Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, ve İSGÜM koordinatörlüğünde sürdürülen endüstriyel gürültü ölçümlerinde TS EN ISO 9612 (2009) standardında özellikle ölçülerek değerlendirilmesi istenen L_{Aeq} ve L_{Cpeak} değerlerinin gürültü haritaları (Şekil 45 ve Şekil 46) oluşturulmuştur.

Şekil 45'teki L_{Aeq} gürültü haritası incelendiğinde;

- En yüksek değerler; 16, 21 ve 23 ölçüm noktalarında, sırasıyla 88 dB(A) (abkant 40 KW), 86,8 dB(A) (Plazma) ve 86,2 dB(A) (makas) olarak ölçülmüştür. Bu ölçüm değerleri "Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik"te belirtilen 8 saat boyunca maruz kalındığında risk oluşturacak olan en yüksek maruziyet eylem (85 dB(A)) ve maruziyet sınır değerlerinin (87 dB(A)) üzerinde çıkmıştır.
- Diğer ölçüm noktalarında ise 70,9 dB(A) - 82,4 dB(A) arasında L_{Aeq} değerleri ölçülmüş olup bu değerler en yüksek maruziyet eylem değeri olan 85 dB(A)'nın altındadır.

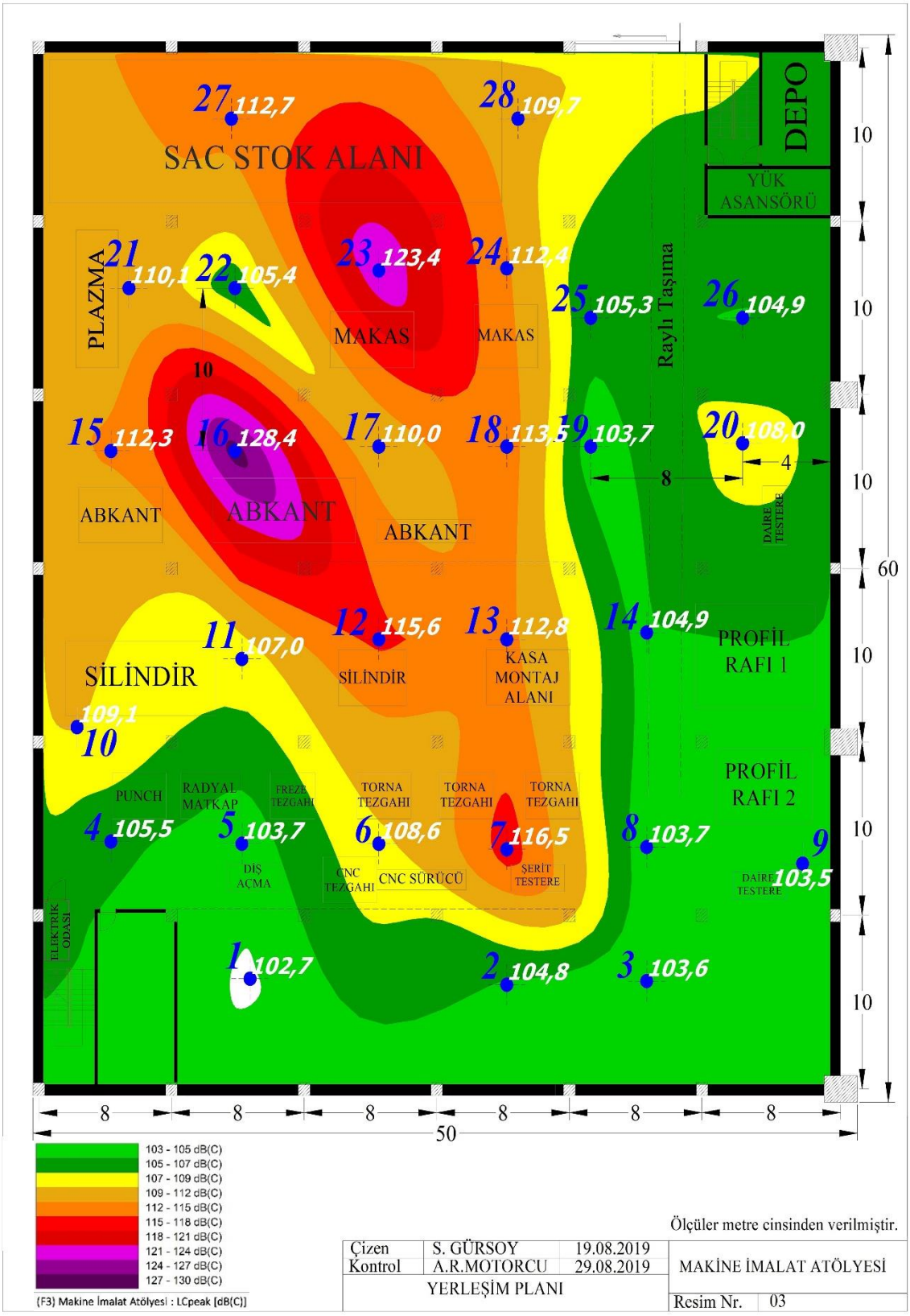
Gerçekleştirilen kapalı ortam endüstriyel gürültü ölçümleri ile örtüşmesi ve yapılan ölçümlerin tutarlılığı açısından bu mobilya imalat atölyesindeki çalışan operatörler üzerine takılan dozimetreler ile TS 2607 ISO 1999 (2005) ve TS EN ISO 9612 (2009) standardına göre görev tabanlı ölçüm metodu çerçevesinde 10'ar dakikadan 3 tekrarlı gürültü kişisel maruziyet değerleri de ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde günlük gürültü maruziyet düzeyi ($L_{EX,\ 8saat}$) değerleri, yüksekten düşüğe doğru sırasıyla 16 nolu ölçüm noktasındaki abkant (40 kW) makine operatöründe 95,7 dB(A), 23 nolu ölçüm noktasındaki aktif kullanılan makasın operatöründe 95,5 dB(A), 7 nolu ölçüm noktası yakınındaki testere operatöründe 91,4 dB(A), 11 nolu ölçüm noktasındaki silindir operatöründe 87,8 dB(A) ve son olarak 21 nolu ölçüm noktasındaki plazma operatöründe ise 87,1 dB(A) olarak tespit edilmiştir. Bu operatörlerin konumları da Şekil 45'te sunulan L_{Aeq} gürültü haritası üzerinde gösterilmiştir. En önemlisi de atölyede bu makinelerin konumlandığı bölümde çalışan operatörlerin maruz kaldığı günlük gürültü maruziyet düzeyi Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik'te belirtilen en yüksek maruziyet eylem değerinin (85 dB(A)) üzerinde çıkmıştır.



Şekil 45. Makine imalat atölyesinin L_{Aeq} değerleri için oluşturulan gürültü haritası

C bandı A bandına oranla daha doğrusal eğriye sahip olup ve yüksek frekanslara olan duyarlılığı daha yüksek bir bant olup Şekil 46'da ki L_{Cpeak} gürültü haritası incelendiğinde;

- 4-6 nolu ölçüm noktlarında bulunan torna, freze, CNC, punch, şerit testere ve radyal matkabın bulunduğu bölgede 103,7 dB(C) ile 108,6 dB(C) arasında değişen L_{Cpeak} değerleri ölçülmüştür.
- 7 nolu ölçüm noktasında bulunan şerit testere yakınında 116,5 dB(C) ile ortamın en yüksek üçüncü L_{Cpeak} değeri ölçülmüştür.
- Silindirlerin bulunduğu 10-12 nolu ölçüm noktalarında sırasıyla 107 dB(C) ve 115,6 dB(C) değerleri ölçülmüştür.
- 1-3, 8, 9 ve 14 nolu ölçüm noktalarında 100,5 – 104,9 dB(C) değerleri ölçülmüştür. Bu bölgelerde nadiren kullanılan daire testere ve aktif olmayan robot bulunmakta olup montaj ve profil saklama alanlarıdır. Mevcut profillerin uzun olması dolayısıyla iş güvenliği açısıdan tehlike oluşturmaması ve gürültüye mahal vermemek adına ikişer işçi ile özenle istiflenmekte olduğu görülmüştür.
- 15-18 nolu ölçüm noktalarında gürültü seviyesi 110 dB(C) ile 128,8 dB(C) arasında olup en yüksek L_{Cpeak} değeri 16 nolu ölçüm noktasında çalışan abkant (40 kW) önünde 128,4 dB(C) olarak ölçülmüştür.
- 21-24 nolu ölçüm noklarında 105,4 dB(C) ile 123,4 dB(C) arasında değişen L_{Cpeak} değerleri ölçülmüş olup 23 nolu ölçüm noktasında bulunan makas önünde 123,4 dB(C) değeri ile en yüksek ikinci tepe L_{Cpeak} değeri ölçülmüştür.
- 27-28 nolu ölçüm noktaları stok olanlar olup bu noktalarda 112,7 ve 109,7 dB(C) değerleri ölçülmüştür. Ayrıca, 19- 25 ve 26 nolu ölçüm noktalarında 103,7 dB(C) ile 105,3 dB(C) aralığında değişen değerler ölçülmüş olup bu alanlar forklift, atölye ray transfer arabası (15 ton) ve transpaletler ile malzeme taşıma ve nakliye için kullanılan alandır.
- Makine imalat atölyesinde çalışma ortamında L_{Aeq} değerleri incelendiğinde en yüksek gürültüye sebep olan makinaların abkant, plazma ve makas olduğu görülürken, L_{Cpeak} değerleri açısından ise abkant, makas ve şerit testereye oranla plazmanın çok fazla etkisinin olmadığı görülmüştür.
- Makine imalat atölyesinde ölçülen L_{Cpeak} ve L_{Aeq} değerleri ve oluşturulan haritalar incelendiğinde düşük güce sahip abkant (15 kW) daha yüksek güce sahip abkanta (40 kW) oranla daha sessiz çalışmaktadır.



Şekil 46. Makine imalat atölyesinin L_{Cpeak} değerleri için oluşturulan gürültü haritası

4.3.3. Makine İmalat Atölyesi (F3) İçin Gürültü Önleme Önerileri

Makine imalat atölyesi için oluşturulan gürültü haritaları ve gürültü kişisel maruziyet ölçümlerinden sonra atölyenin ve tesislerin tasarımı ve işletilmesinden sorumlu olan mühendis, tekniker, teknisyen, ustabaşı vd. teknik personel gürültüyü önleme ya da azaltma amacıyla şu yöntemleri uygulamalılar veya göz önünde bulundurmalıdırlar:

1. Yapılan işten kaynaklı gürültü ile çalışan makine veya ekipmanın gürültüsü birbirine karıştırılmamalıdır. Çözüm aranırken her ikisine ayrı yaklaşımlarda bulunulmalıdır.

2. Makine imalat atölyesinde makine değişimine gidilmesi durumunda daha sessiz çalışan makineler tercih edilmelidir (Esen, 2010; Brereton ve Patel, 2016).

3. Kullanılmayan makinalar durdurulmalı, gerekmiyorsa boşta dahi çalıştırılmamalı gerektiğinde hazır hale getirilmelidir.

4. Düşen, devrilebilen, çarpan materyal ve ekipmanlar için tedbir alınmalıdır.

5. Yüksek devirde çalışan makinelerinin varsa sessiz modunun aktif edilmesi ya da üretim süreci ve planlaması açısından sorun teşkil etmeyecekse daha düşük devirlerde çalıştırılması gerekir.

6. Her makine ve tezgâhın işleyeceği ürününe uygun çalışma modları seçilmelidir.

7. Zemine monte edilmiş makinelerde, titreşimden kaynaklı zemin gürültü iletiminin engellenmesi için gevşeyen sökülebilir bağlantı elemanları sağlamlaştırılmalı, titreşim emici levhalar, kauçuk takozlar, yaylar, amortisörler veya makinaya özel yalıtıcılar kullanılmalıdır.

8. Tüm makine ve tezgâhlarının günlük, aylık ve yıllık bakımları periyodik olarak yapılmalıdır (Forouharmajd ve Shabab, 2015).

9. Makinelerin hareket eden kısımlarını kapatan kapaklar ile eskiyen, yıpranan veya özelliğini yitirmiş ses yalıtım malzemeleri yenilenmeli, ses yalıtımı olmayan bölümler ise uygun malzemeler seçilerek yalıtılmalıdır (Forouharmajd ve Shabab, 2015).

10. Radičević ve ark. (2012)'nın çalışmalarında belirttiği üzere, üzerlerini örtmek mümkün olmayan makine ve ekipmanlar ses emici bariyer ve duvar kaplamaları ile kendi grubundan ve diğer gruptaki preslerden tecrit edilmelidirler.

11. Akustik tavan panelleri montajı yapılmalıdır (Forouharmajd ve Shabab, 2015).

12. Atölye içerisinde açık olması gereken bölgelere hareketli, portatif kapak ya da muhafazalar yapılması uygun olacaktır.

13. Tavanda asılı halde kullanılmak üzere akustik küp ve toplar kullanılmalıdır.

14. Atölye duvarlarının tamamı ya da özellikle de eksantrik preslerin çalıştığı bölgelere daha yakın olan duvarlar oluşan sesin yansımasını önleyecek, ses geçirmeyen, sesi emen malzemeler ile kaplanmalıdır (Forouharmajd ve Shabab, 2015).

15. Atölyede makinelerin çalıştığı bölgelere göre daha az gürültülü olan depolama gölgesinde yürütülen üretime yönelik faaliyetler farklı alanlarda yürütülmelidir.

16. Şahin (2003)'nin de araştırmasında önerdiği gibi; kompresör odası çalışma ortamının dışında olmalı ya da kompresör yalıtılmış bir kabin içerisine alınmalıdır. Böylece kompresörün kapalı alanda oluşturacağı gürültünün önüne geçilecektir.

17. Atölyenin çatı ya da tavan altına ses emici kaplama yerleştirilmeli ya da ısı yalıtımı için kullanılan malzemeler ses yalıtımı da yapabilen modeller ile değiştirilmelidir.

18. Atölyede oluşan gürültünün hava ile kolay yayılımına imkân verecek uygun havalandırma ve hava akım yolları tasarlanmalıdır.

19. Atölyede yüksek gürültüye maruz kalan çalışanlar düzenli bir iş bölümü ile daha sessiz ortamlarda dönüşümlü çalıştırılmalıdır. Çalışan operatörlere periyodik aralıklarla molalar verilmelidir.

20. Gürültüyü alıcıda kontrol yöntemlerinden biri olan kulaklık tıkaç gibi KKD'lerin kullanımına özen gösterilmelidir (Erdoğan, 2017).

21. Çalışanların odyometrik ölçümleri düzenli olarak takip edilmelidir.

22. Abkant makinaların bulunduğu bölgede kısmi olarak branda ile bölme yapılmış ve torna bölümüne etki eden sesin azaldığı fark edilmiştir (Şekil 47). Aynı şekilde abkant bölümünün tamamı daha kaliteli bir ses yalıtım malzemesi ile perdelenerek etkisi daha da aşağıya düşürülebilir.



Şekil 47. Çalışma bölümlerinin birbirinden ayrıldığı perdeleme

4.4. Mobilya İmalat Atölyesi (F4) İçin Gürültü Ölçümleri ve Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi

Organize sanayi bölgesinde faaliyet gösteren mobilya fabrikasında (F4), daha önce yapılmış gürültü ölçümleri incelenerek boyahane, montaj, zımparalama çalışma atölyeleri içerisinde en yüksek düzeylerin boyutlandırma ve bantlama atölyesinde ölçüldüğü tespit edilmiştir. Bu nedenle, mobilya imalat sektörüne yönelik kapalı ortam gürültü değerlendirme ve haritalama çalışmaları daha çok laminant, akrilik, membran vd. kapı ve ofis mobilyaları üretimi yapan bir firmanın imalat atölyesinde (F4) gerçekleştirilmiştir. Anma gününde önce meteorolojik ölçümler yapılmış ve nem: %59,5, basınç: 1006,3 mbar, rüzgâr hızı: 0,49 m/sn ve sıcaklık 18,0 °C olarak kayıt altına alınmıştır. Daha sonra, atölye tezgâh yerleşim planına uygun şekilde 6m x 8m aralıklarla ızgaralara ayrılarak ölçüm noktaları belirlenmiş, belirlenen ölçüm noktalarında gürültü düzeyleri ölçülmüş ve ölçüm sonuçlarına göre gürültü haritaları oluşturulmuştur. Hazırlanan gürültü haritaları değerlendirilerek firmada hâlihazırda uygulanan mevcut yöntemlere ek olarak gürültüyü yok etmeye veya azaltmaya yönelik etkin çözüm ve tedbir önerilerinde bulunulmuştur.

Bu atölyeye ait ortam ve maruziyet ölçümlerine ilişkin Tablo 19 ve Tablo 20'de verilen L_{Aeq} ve L_{Cpeak} değerleri ile gürültü haritaları oluşturulmuş ve önerilerde bulunulmuştur.

4.4.1. Mobilya İmalat Atölyesi (F4) İçin Gürültü Ölçümü Sonuçlarının Değerlendirilmesi

33 noktada, 5'er dakikalık yapılan ortam ölçümlerinde L_{Aeq} değerleri 73,1 dB(A) ile 90,6 dB(A) arasında değişmektedir (Tablo 19). Genel itibariyle bu değerler 2005 tarihinde yürürlükten kaldırılan Gürültü Kontrol Yönetmeliği ve Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı'nın (OSHO) belirlediği sınır değeri olan 90 dB(A)'nın altındadır. Tablo 19'da görüleceği üzere 18 nolu ölçüm noktasında L_{Aeq} değeri 90,6 dB(A) olarak ölçülmüştür. Bu ölçüm noktasının en yakınında kenar bantlama makinası bulunmaktadır.

Tablo 19
Mobilya imalat atölyesi kapalı ortam L_{Aeq} ölçüm değerleri

Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)	Ölçüm Noktası	L_{Aeq} dB(A)
1	76,9	10	82,2	19	83	28	79
2	76,2	11	81,9	20	79,1	29	83,9
3	76	12	81,2	21	77,4	30	81,4
4	77,9	13	81,2	22	76,6	31	78,5
5	80,1	14	80,5	23	74,7	32	78,8
6	80,3	15	80	24	77,3	33	79
7	81,2	16	78,7	25	77,4		
8	80,4	17	74	26	79,9		
9	85	18	90,6	27	77,8		

Tablo 20'de C-Ağırlıklı tepe ses basınç düzeyi (L_{CPeak}) değerleri verilmiştir. Bu çizelgeden görüldüğü üzere, yine 33 noktada alınan L_{Cpeak} değerleri 97,7 ile 115,8 dB(C) arasında değişmektedir. 115,8 dB(C) en yüksek tepe değer 24 nolu ölçüm noktasında ölçülmüştür.

Tablo 20
Mobilya imalat atölyesi kapalı ortam L_{CPeak} ölçüm değerleri

Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)	Ölçüm Noktası	L_{Cpeak} dB(C)
1	104,8	10	104,5	19	101,4	28	108,5
2	101,5	11	102,8	20	97,7	29	113,6
3	102,1	12	103,5	21	105,1	30	110
4	102,9	13	108,6	22	101,4	31	100,5
5	104,6	14	108,8	23	98,6	32	101,7
6	115,5	15	100,5	24	115,8	33	104,3
7	102,7	16	103,4	25	106,4		
8	109,1	17	99,1	26	103,6		
9	109,3	18	105,4	27	103,9		

4.4.2. Mobilya İmalat Atölyesi (F4) İçin Gürültü Haritalarının Değerlendirilmesi

Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı ve İSGÜM koordinatörlüğünde sürdürülen endüstriyel gürültü ölçümlerinde TS EN ISO 9612 (2009) standardına bağlı olarak özellikle ölçülerek değerlendirilmesi istenen L_{Aeq} ve L_{CPeak} değerlerine ait gürültü haritaları (Şekil 48 ve Şekil 49) oluşturulmuştur.

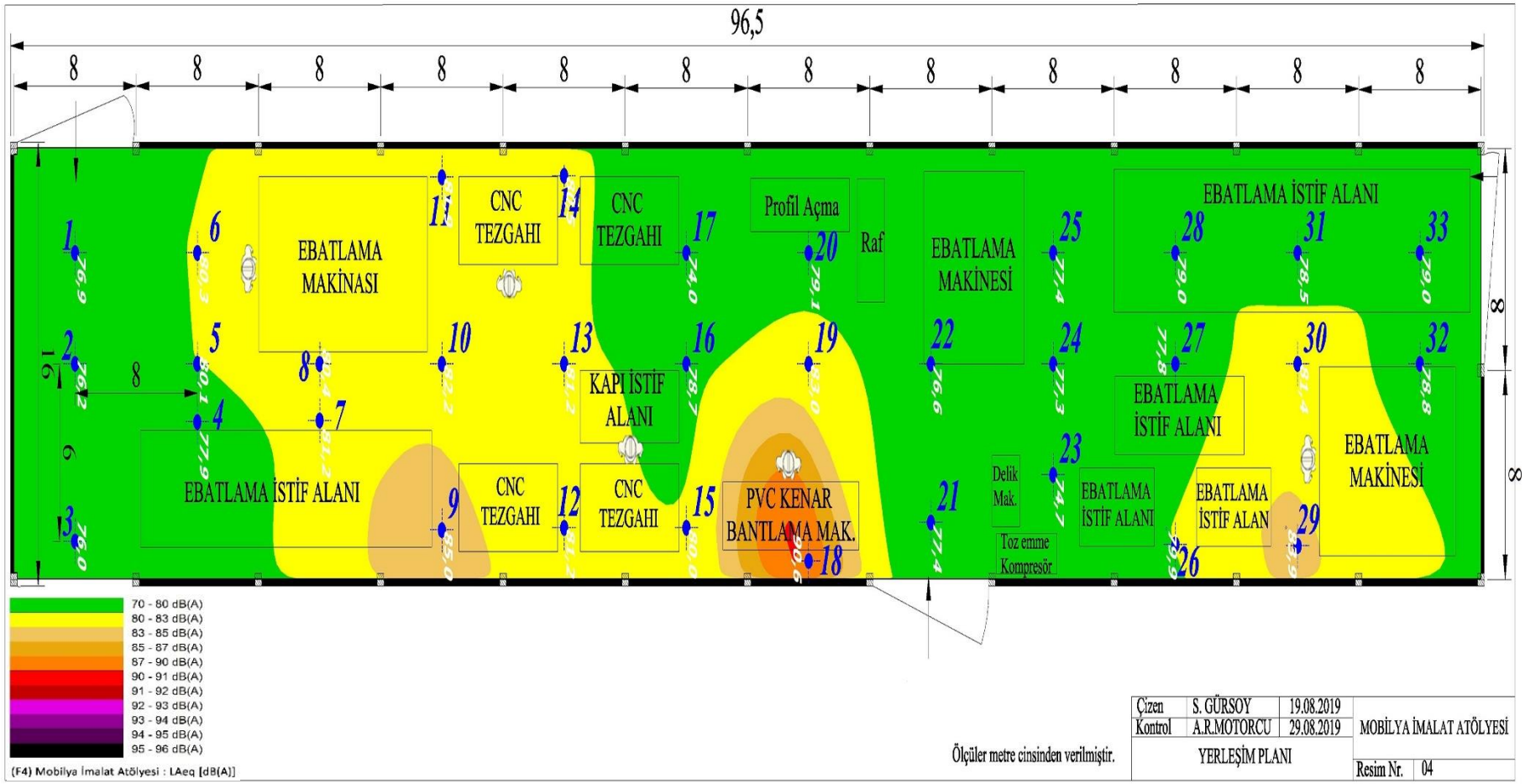
Şekil 48'deki L_{Aeq} gürültü haritası incelendiğinde;

- 1-5 nolu ölçüm noktaları giriş ve depolama alanı olup L_{Aeq} değerleri 76 dB(A) - 80,1 dB(A) aralığında ölçülmüştür.

- 10 ölçüm noktasında (6-8,10-14, 29, 30 ölçüm noktaları) L_{Aeq} değeri 80 dB(A)'yı aşmıştır.
- 85 dB(A)-87dB(A) aralığında L_{Aeq} değeri sadece 9 nolu ölçüm noktasında alınmıştır.
- L_{Aeq}=90 dB(A) değerini aşan tek nokta kenar bantlama makinasının önündeki 18 nolu ölçüm noktasıdır.
- B kodlu CNC tezgahına en yakın 9 nolu ölçüm noktasında ise 85 dB(A) ölçülmüştür.
- 18 nolu ölçüm noktasında, PVC kenar bantlama makinasının önünde 90,6 dB(A) olan ortamın en yüksek L_{Aeq} değeri olçülmüştür.
- Giriş-çıkış, ara geçiş bölümlerinde ve istif alanlarında ise genel olarak L_{Aeq} değerlerinin 80 dB(A)'nın altında olduğu görülmüştür.
- 6 nolu ölçüm noktasında giriş ebatlama makinası önünde 80,3 dB(A) ölçülmüştür.
- 83,9 dB(A) ile ortamın en yüksek ikinci L_{Aeq} değeri 29 nolu ölçüm noktasında bulunan ebatlama makinası yakınında ölçülmüştür.
- 22 ve 25 nolu ölçüm noktaları arasında kalan ebatlama makinası arızası sebebiyle çalışmamaktadır. Bu alandaki gürültü seviyesi 75 dB(A) civarında olup beklenen değerin ve 8 saat maruziyet sonunda risk oluşturabilecek 80 dB(A)'nın altındadır.

Gerçekleştirilen kapalı ortam endüstriyel gürültü ölçümleri ile örtüşmesi ve yapılan ölçümlerin tutarlılığı açısından bu mobilya imalat atölyesindeki çalışan operatörler üzerine takılan dozimetreler ile TS 2607 ISO 1999 (2005) ve TS EN ISO 9612 (2009) standardına göre görev tabanlı ölçüm metodu çerçevesinde 10'ar dakikadan 3 tekrarlı gürültü kişisel maruziyet değerleri de ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde günlük gürültü maruziyet düzeyi ($L_{EX,\ 8saat}$) değerleri, yüksekten düşüğe doğru sırasıyla 6 nolu ölçüm noktasındaki ebatlama makinası operatöründe 93,9 dB(A), kenar bantlama makinası operatöründe 92,8 dB(A), 29 nolu ölçüm noktasındaki ebatlama makinası operatöründe 85,6 dB(A), 11 nolu ölçüm noktasındaki CNC tezgâhı operatöründe 84,6 dB(A) ve son olarak 12 nolu ölçüm noktasındaki CNC tezgâhı operatöründe ise 84,0 dB(A) olarak tespit edilmiştir. Bu operatörlerin konumları da Şekil 48'de sunulan L_{Aeq} gürültü haritası üzerinde gösterilmiştir. Ölçülen bu $L_{EX,8saat}$ değerlerinden; makinelerinin daha fazla gürültü oluşturduğu ve dolayısıyla bu makinelerde çalışan ya da bu makinelerin bulunduğu alandan geçen operatörlerin daha yüksek gürültüye maruz kaldığı görülmektedir. En önemlisi de atölyede bu makinelerin konumlandığı bölümde çalışan operatörlerin maruz

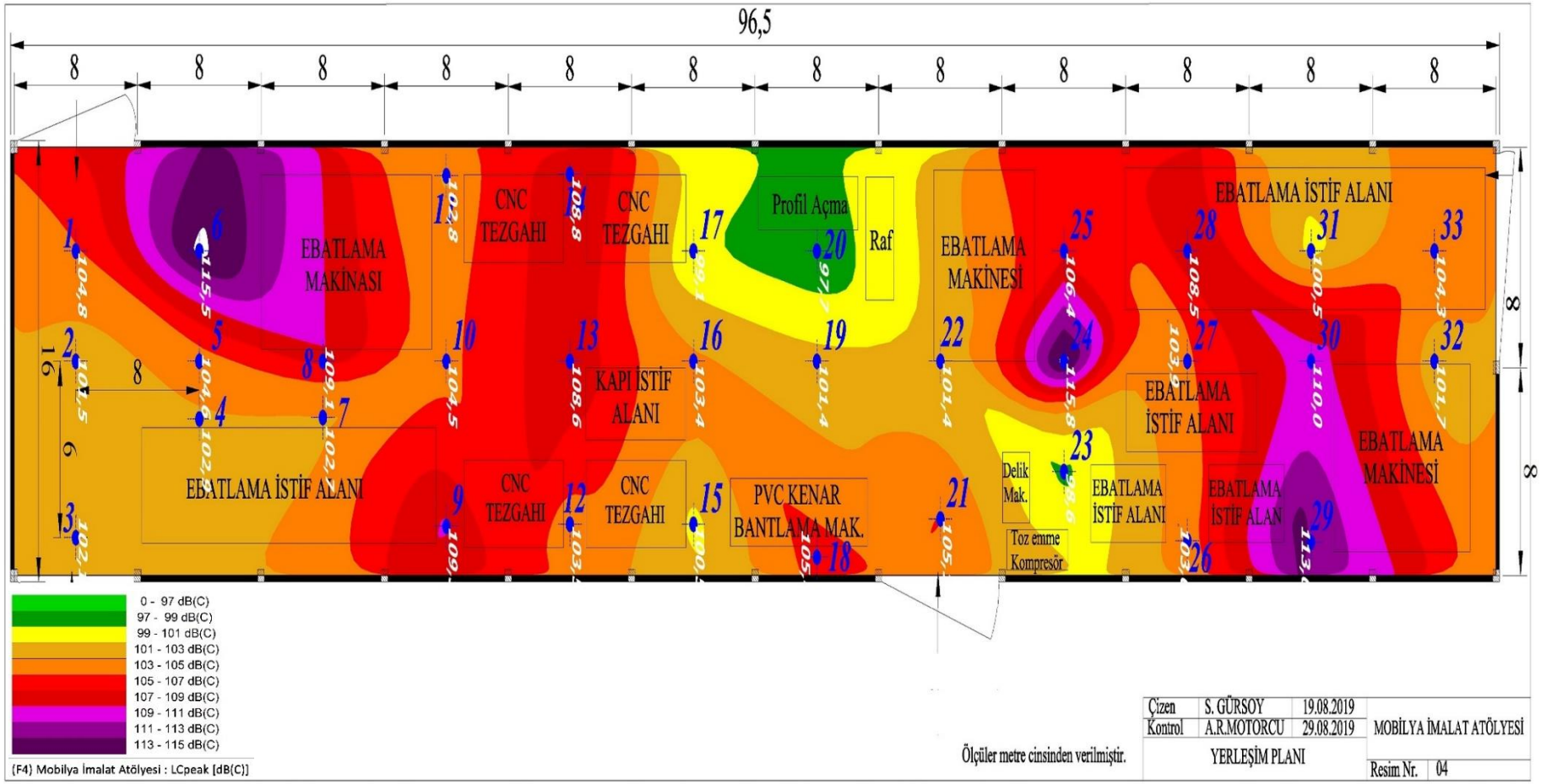
kaldığı günlük gürültü maruziyet düzeyi (11 ve 12 nolu ölçüm noktasındaki CNC operatörleri dışında) Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik'te belirtilen en yüksek maruziyet eylem değerinin (85 dB(A)) üzerinde çıkmıştır.



Şekil 48. Mobilya imalat atölyesinin L_{Aeq} değerleri için oluşturulan gürültü haritası

C bandı A bandına oranla daha doğrusal ve yüksek frekanslara duyarlılığı daha yüksek bir banttır. Şekil 49'daki L_{Cpeak} gürültü haritası incelendiğinde;

- En yüksek L_{Cpeak} değerinin 6 ve 24 nolu ölçüm noktalarında olduğu tespit edilmiştir. En büyük MDF plakaların (6 cm x 210 cm x 280cm) boyutlandırıldığı ebatlama makinasının önündeki 24 nolu ölçüm noktasında L_{Cpeak} değeri 115,8 dB(C) olarak ölçülmüştür. Yine, 6 ve 29 nolu ölçüm noktalarındaki ebatlama makinası çalışma alanında olup en yüksek ikinci ve üçüncü değer olarak 115,5 dB(C) ve 113,6 dB(C) değeri ölçülmüştür.
- Mobilya imalat atölyesinde yüksek devirde çalışan makinelerinin en yüksek gürültü seviyelerine sahip olduğu ve makinelerin devirlerinin azaldıkça bulunduğu ortamdaki gürültü değerlerinin de düştüğü tespit edilmiştir.



Şekil 49. Mobilya imalat atölyesinin L_{Cpeak} değerleri için oluşturulan gürültü haritası

4.4.3. Mobilya İmalat Atölyesi (F4) İçin Gürültü Önleme Önerileri

Mobilya imalat atölyesi için oluşturulan gürültü haritaları ve gürültü kişisel maruziyet ölçümlerinden sonra atölyenin ve tesislerin tasarımı ve işletilmesinden sorumlu olan mühendis, tekniker, teknisyen, ustabaşı vd. teknik personeller gürültüyü önleme ya da azaltma amacıyla şu yöntemleri göz önünde uygulamalılar ve göz önünde bulundurmalıdırlar:

1. Yapılan işten kaynaklı gürültü ile çalışan makine veya ekipmanın gürültüsü birbirine karıştırılmamalıdır. Çözüm aranırken her ikisine ayrı yaklaşımlarda bulunulmalıdır.

2. Mobilya imalat atölyesinde herhangi bir sebepten dolayı makine değişimine gidilmesi durumunda daha sessiz çalışan makineler tercih edilmelidir.

3. Kullanılmayan makinalar durdurulmalı gerekmiyorsa boşta dahi çalıştırılmamalı, gerektiğinde hazır hale getirilmelidir.

4. Atölye ortamında stok alanları içerisinde aşırı yükseklikteki malzeme yığınları yükleme ve indirme aşamalarında tehlike arz etse de sesin dağılımını engelleyen bir bariyer vazifesi görmektedir (Şekil 50).



Şekil 50. Yüksek malzeme yığınları

5. Yüksek devirde çalışan mobilya tezgâhlarının varsa sessiz modunun aktif edilmesi ya da üretim süreci ve planlaması açısından sorun teşkil etmeyecekse daha düşük

devirlerde çalıştırılması gerekir. Her mobilya imalatına uygun çalışma modları seçilmelidir.

6. Zemine monte edilmiş mobilya imalat tezgâhlarında titreşim kaynaklı zeminden gürültü iletiminin engellenmesi için gevşeyen sökülebilir bağlantı elemanları sağlamlaştırılmalıdır. Bunun için, titreşim emici levhalar, kauçuk takozlar, yaylar, amortisörler veya makinaya özel yalıtıcılar kullanılmalıdır.

7. Tezgâh ve makinelerin periyodik bakımları önemsenmelidir. Bu sayede hem makine ömrü uzayacak diğer yandan da gürültü seviyesi azaltılacaktır.

8. Makinelerinin kapalı olan bölümlerinde eskiyen, yıpranan veya özelliğini yitirmiş ses yalıtım malzemeleri yenilenmeli, ses yalıtımı olmayan bölümler ise uygun malzeme kaplamaları ile yalıtılmalıdır.

9. Atölyede makineler faal olarak çalıştığı için üzerlerini örtmek mümkün olmadığından makinelerin gürültü seviyesini azaltmak için ses perdeleri ile birbirinden tecrit edilmelidirler.

10. Açık olması gereken bölgelere gürültü seviyesini azaltmak üzere hareketli, portatif kapak ya da muhafazalar yapılması uygun olacaktır.

11. Atölyede makinelerin çalıştığı bölgelere göre daha az gürültülü olan depolama gölgesinde yürütülen üretime yönelik faaliyetler farklı alanlarda yürütülmelidir.

12. Atölyenin çatı ya da tavan altına ses emici kaplama yerleştirilmeli ya da ısı yalıtımı için kullanılan malzemeler ses yalıtımı da yapabilen modeller ile değiştirilmelidir.

13. Atölye duvarlarının tamamı ya da özellikle yüksek devirlere sahip makinelere daha yakın olan duvarlar oluşan sesin yansımasını önleyecek ses geçirmeyen, sesi emen malzemeler ile kaplanmalıdır.

14. Atölyede oluşan gürültünün hava ile kolay yayılımına imkân verecek uygun havalandırma ve hava akım yolları tasarlanmalıdır.

15. Atölyede yüksek gürültüye maruz kalan çalışanlar düzenli bir iş bölümü ile daha sessiz ortamlarda dönüşümlü çalıştırılmalı, çalışan operatörlere periyodik aralıklarla molalar verilmelidir.

16. Çalışanların odyometrik ölçümleri düzenli olarak takip edilmelidir.

17. Gürültüyü alıcıda kontrol yöntemlerinden biri olan kulaklık tıkaç gibi KKD'lerin kullanımına özen gösterilmelidir.

18. Kompresör, jeneratör, toz emme gibi ekipmanların Indrianti (2016)'nin de önerisi göz önünde bulundurulacak olursa, bu makinelerin çalışma ortamında

çalıştırılmaması, çalışma ortamının dışında bina yanında yalıtılmış kabin ya da odalarda bulundurulması gerekmektedir. Bu işletmede toz emici sistem atölye dışarısında olup toz emici sistemin yakınında yapılan ölçüm neticesinde L_{Aeq} değeri 76,5 dB(A), L_{Cpeak} değeri ise 106,7dB(C) olarak tespit edilmiştir (Şekil 51).



Şekil 51. Mobilya imalat atölyesinin (F4) toz emme sistemi

4.5. Farklı İmalat Atölyeleri İçin L_{Aeq}, L_{Cpeak} ve $L_{EX,8saat}$ Gürültü Ölçümlerinin Kıyaslanması

Bu çalışmada, sektörel bazda ortalama L_{Aeq} değerlerinin ortalamalarının en yüksekten en düşüğe doğru sıralaması tekstil imalat, presle imalat, makine imalat ve mobilya imalat sektörleri şeklinde tespit edilmiştir. L_{Cpeak} ortalama değerlerinde ise bu sıralama en yüksekten en düşüğe doğru; presle imalat, makine imalat, mobilya imalat ve tekstil imalat sektörleri şeklinde gerçekleşmiştir (Tablo 21). Bu çalışmanın bulguları Sayed (2011)'in 15 farklı sektörde yaptığı araştırmanın bulguları ile benzerlik göstermiştir. $L_{EX,8saat}$ değerleri incelendiğinde ise kararlı gürültüye sahip tekstil sektöründe en yüksek değerin ölçüldüğü görülmektedir (Tablo 21).

Ortam ölçümleri çerçevesinde tripota bağlı ses basınç ölçerlerle alınan L_{CPeak} ölçüm sonuçları ile çalışanların üzerine bağlanan gürültü dozimetrelerinden alınan L_{Cpeak} ölçüm sonuçları kıyaslandığında dozimetrelerden alınan değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 21). Bu sonuç, Bozkurt (2018)'un çalışmasında elde ettiği bulgularla benzerlik göstermektedir. Bunun sebebi üzerlerine gürültü dozimetreleri bağladığımız

çalışanların makine ve ekipmanlara çok daha yakın olması, tripota bağlı ses basınç ölçere nazaran vardiya zili ve forklift kornalarına daha fazla maruz kalması ve kişisel maruziyet ölçümleri ile çok daha uzun süreli ölçüm yapılmasıdır.

Tablo 21
Sektörler bazında ortam ve kişisel maruziyet değerlerinin karşılaştırılması

Sektörler	Ortam Ölçümleri *TS ISO 1996-2 (2009)*				Kişisel Maruziyet *TS 2607 ISO 1999 (2005) TS EN ISO 9612 (2009)*	
	L_{Aeq} dB(A)		L_{CPeak} dB(C)		$L_{EX,8saat}$ EYMED: *85dB(A)*	L_{Cpeak} EYMED: *137 dB(C)*
	En düşük-En yüksek	Ortalama	En düşük-En yüksek	Ortalama	En düşük-En yüksek	En düşük-En yüksek
Tekstil-Dokuma (F1)	90,8-106,9	98,39	108,5 - 123,4	102,2	91,7 - 102,6	130,5-156,5
Presle İmalat (F2)	83,20-94,35	88,41	107,30 - 127,61	115,52	89,20 - 96,90	121,3-135,6
Makina İmalat (F3)	70,9-88,0	80,54	102,7 - 128,4	109,24	87,10 - 95,70	133,1-142,2
Mobilya İmalat (F4)	73,1-90,6	79,03	97,7 - 115,8	104,89	84,00 - 92,80	125,6-145,3

EYMED: En yüksek maruziyet eylem değerleri

BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Organize sanayi bölgelerinde, tekstil, pres, makine ve mobilya imalatı olmak üzere farklı sektörlerde faaliyet gösteren dört farklı işletmenin kapalı ortam imalat atölyelerinde, daha çok atölyelerde kullanılan makine ve tezgahların neden olduğu endüstriyel gürültü maruziyetini tespit etmek ve gerçekleştirilen gürültü ölçümlerinin kullanılmasıyla oluşturulan gürültü haritaları ile çözüm üretmek için yapılan bu çalışmada elde edilen önemli sonuçlar şunlardır:

1. Tekstil imalat atölyesinde; kapalı alan ortam gürültü ölçümlerinde L_{Aeq} değerleri 90,8 dB(A) ile 106,9 dB(A) arasında, L_{Cpeak} değerleri ise 108,5 dB(C) ile 123,4 dB(C) arasında ölçülmüştür.

2. Tekstil imalat atölyesinde yüksek devirde çalışan A tipi dokuma makinelerinin en yüksek gürültü seviyelerine sahip olduğu ve makinelerin devirleri azaldıkça bulunduğu ortamdaki gürültü değerlerinin de düştüğü tespit edilmiştir.

3. Tekstil imalat atölyesinde aynı ortamda farklı üç dokuma makinasında çalışan operatörler üzerine bağlanan dozimetreler ile yapılan ölçümlerde ise kişisel günlük gürültü maruziyet değerleri en yüksek devirli makinede çalışan operatörden en düşük devirli makinede çalışan operatöre doğru sırasıyla 102,6 dB(A), 102,4 dB(A) ve 91,7 dB(A) olarak ölçülmüştür. Buradan da kişisel gürültü maruziyet sınırının aşıldığı ve kapalı ortam ölçümleri ile kişisel gürültü maruziyet ölçümlerinin birbirini destekleyici yönde benzerlik gösterdiği gözlenmiştir.

4. Presle imalat atölyesi için L_{Aeq} değerleri 83,2 dB(A) ile 94,3 dB(A) arasında, L_{Cpeak} değerleri ise 107,3 dB(C) ile 127,61 dB(C) arasında ölçülmüştür. Bu değerlerden ilgili gürültü yönetmeliğinde verilen maruziyet sınırlarının aşıldığı tespit edilmiştir.

5. Presle imalat atölyesinde eksantrik preslerin çalışırken yaratmış olduğu gürültü seviyeleri (L_{Aeq} ve L_{Cpeak}) hidrolik preslerin çıkarmış olduğu gürültüden daha yüksek çıkmıştır.

6. Presle imalat atölyesinde eksantrik pres tezgâhların çalışma kapasitelerinin/maksimum presleme kuvvetlerinin (200 ton, 250 ton) gürültü seviyelerinin değişimi üzerinde anlamlı bir etkisi tespit edilememiştir.

7. Presle imalat atölyesinde çalışan operatörler üzerine bağlanan dozimetreler ile yapılan ölçümlerde kişisel günlük gürültü maruziyet değerleri ($L_{EX,8saat}$) eksantrik presler

çalışma bölgesinde 94,6-96,9 dB(A), hidrolik preslerle çalışma bölgesinde 89,2 dB(A) olarak ölçülmüştür. Bu değerlerden kişisel gürültü maruziyet sınırının aşıldığı ve kapalı ortam ölçümleri ile kişisel gürültü maruziyet ölçümlerinin birbirini destekleyici yönde benzerlik gösterdiği gözlenmiştir.

8. Makine imalat atölyesinde yapılan ölçümlerde kapalı alan ortam gürültü ölçümlerinde L_{Aeq} değerleri 70,9 dB(A) ile 88 dB(A) arasında ölçülürken L_{Cpeak} değerleri 102,7 dB(C) ile 128,4 dB(C) arasında ölçülmüştür.

9. Makine imalat atölyesinde çalışma ortamında L_{Aeq} değerleri incelendiğinde en yüksek gürültüye sebep olan makinaların abkant, plazma ve makas olduğu görülürken, L_{Cpeak} değerleri açısından ise abkant, makas ve şerit testereye oranla plazmanın çok fazla etkisinin olmadığı görülmüştür.

10. Makine imalat atölyesinde, $L_{EX,8saat}$ değerlerleri yüksekten düşüğe doğru sırasıyla; abkantta (40 kW) çalışan operatörde (95,7 dB(A)), giyotin makasta çalışan operatörde (95,5 dB(A)), şerit testerede çalışan operatörde (91,4 dB(A)), silindirde çalışan operatörde (87,8 dB(A)) ve plazmada çalışan operatörde (87,1 dB(A)) olarak ölçülmüştür.

11. Makine imalat atölyesinde çalışan operatörlerin maruz kaldığı günlük gürültü maruziyet düzeyinin Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliği'nde belirtilen 85 dB(A) maruziyet eylem değerinin üzerinde çıktığı tespit edilmiştir.

12. Makine imalat atölyesinde ölçülen L_{Cpeak} ve L_{Aeq} değerleri ve oluşturulan haritalar incelendiğinde düşük güce sahip abkant (15 kW) daha yüksek güce sahip abkanta (40 kW) oranla daha sessiz çalışmaktadır.

13. Mobilya imalat atölyesinde yapılan kapalı alan ortam gürültü ölçümlerinde L_{Aeq} değerleri 73,1 dB(A) ile 90,6 dB(A) arasında ölçülürken. L_{Cpeak} değerleri ise 97,7 dB(C) ile 115,8 dB(C) arasında ölçülmüştür.

14. Mobilya imalat atölyesinde yüksek devirde çalışan makinelerinin en yüksek gürültü seviyelerine sahip olduğu ve makinelerin devirlerinin azaldıkça bulunduğu ortamdaki gürültü değerlerinin de düştüğü tespit edilmiştir.

15. Mobilya imalat atölyesinde, benzer veya farklı makinelerde çalışan 5 operatör üzerine bağlanan dozimetreler ile yapılan ölçümlerde ise kişisel günlük gürültü maruziyet değerleri 93,9 dB(A) ile 84 dB(A) arasında ölçülmüştür. Buradan da kişisel gürültü maruziyet sınırının aşıldığı ve kapalı ortam ölçümleri ile kişisel gürültü maruziyet ölçümlerinin birbirini destekleyici yönde benzerlik gösterdiği gözlenmiştir.

16. Tekstil, pres, makine ve mobilya imalatı olmak üzere dört farklı atölyede de çalışanlar için bir KKD olan kulak tıkacı ve kulaklık dışında daha etkili ve sürdürülebilir önlemlerin yeterli düzeyde alınmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle, gürültünün kaynağında yok etme metotlarıyla kontrol edilmesi, azaltılması ve önlenmesinin elzem olduğu sonucuna varılarak endüstriyel kirliliğin önlenmesine yönelik öneriler sunulmuştur.

Netice itibarı ile bu çalışma sonucunda, yapılacak ölçümlerin kullanılmasıyla oluşturulacak gürültü haritaları ile hem proaktif hem de reaktif bir yaklaşım sergilenebileceği görülmüştür. Gürültü haritaları ile endüstriyel gürültü kaynaklarının kök nedenleri, endüstriyel gürültünün seviyesi, gürültülü bölge ya da alanlar, gürültünün ölçüm yapılan alan içerisindeki dağılımı vd. durumlar tespit edilebilmekte ve bu haritaların değerlendirilmesiyle de aksiyon planları ve önleme/azaltma/yok etme tedbirleri efektif bir şekilde uygulanabileceği anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

Akduman N., (2008). Metal İşleme Tesisinde Titreşim Ve Gürültü Ölçümlerinin Değerlendirilmesi. (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Arbaoui I., Hamou A., Hennane S., Sayad N., Kelkoul I., Abderrazak A., (2018). Comparative Study of the Noise Generated by Rotating Machines in Industrial Area of Arzew (Algeria): A Case Study in GP1/Z Plant. Der Pharma Chemica, 10 (5): 57-64.

Aslantaş T., (b.t.). Gürültü Kontrol Yöntemleri ve Gürültü Haritaları Üzerine Bir Uygulama, Erişim Adresi: www.tankutaslantas.com/wp-content/uploads/2014/04/gürültü-kontrol-yöntemleri-ve-gürültü-haritalari-üzerine-bir-uygulama.pdf

Ataş A., (2004). Çalışma Yaşamında Gürültü ve İşitmenin Korunması. Bölüm VII-Kişisel Kulak Koruyucuları. Türk Tabipleri Birliği Yayınları. s.83-88.

Ateş E., Arabacıoğlu, E. (2018). Çivi İmalatı Yapan Bir İşletmede Gürültü Analizi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 5 (1): 99-111.

Babalık F.C., (2014). Mühendisler için Ergonomi: İşbilim. Dora Yayınları. Bursa.

Bozgün S.T., (2008). Sanayi Tesislerinde Gürültünün Modellenmesi ve Değerlendirilmesi Boru Fabrikası Örneği. (Yüksek lisans tezi) Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Bozkurt M.İ., (2018). Halı İşletmelerinde Gürültü Maruziyet Analizi: Gaziantep Örneği. (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Bozkurt T.S., (2010). Endüstriyel Gürültü Haritalarının Hazırlanması İstanbul'da Bulunan DES Sanayi Sitesi ve Yakın Çevresi Örneği. (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Bozkurt T.S., Demirkale S.Y., (2017). The Field Study and Numerical Simulation of Industrial Noise Mapping. Journal of Building Engineering, 9: 60-75.

Brereton P., Patel J., (2016). Buy Quiet as a Means of Reducing Workplace Noise. Acoustics Australia. 44 (1): 55-65.

Bublić I., Tudor, I., Skelin D., (2010). Small Scale Noise Mapping of Industrial Plants. 1st European Congress on Sound and Vibration. Ljubljana, Slovenia.1-4.

Çakır A., (2010). Ankara'da Mobilya İmalatı Yapan 7 Fabrikada Gürültü Düzeylerinin

Saptanması ve Gürültüye Bağlı İşitme Kayıplarının İncelenmesi. (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Çakmakoğlu P., (2012). Tekstil Mercek Altında, İzmir Atatürk Organize Sanayi Dergisi, 81: 20-27.

Çalışkan M., (2004a). Çalışma Yaşamında Gürültü ve İşitmenin Korunması. Bölüm II-Gürültü: Kavram ve Yaklaşım. Türk Tabipleri Birliği Yayınları. s.17-24.

Çalışkan M., (2004b). Çalışma Yaşamında Gürültü ve İşitmenin Korunması. Bölüm III-Gürültü Ölçümü ve Değerlendirilmesi. Türk Tabipleri Birliği Yayınları. s.25-33.

Çalışkan M., (2004c). Çalışma Yaşamında Gürültü ve İşitmenin Korunması. Bölüm IV Gürültüden Teknik Korunma Yöntemleri. Türk Tabipleri Birliği Yayınları. s.37-49.

Can Y., (2019). An Ergonomically Sound Encapsulating System Application in an Automotive Stamping Press Line for Reducing Employee Noise Exposure. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi. 15: 183-192.

Can, Ö. (2008). Tersane İşçilerinin Maruz Kaldığı Gürültünün Değerlendirilmesi. (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

ÇGDYY, (2010). Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği. Resmi Gazete. Tarih: 04.06.2010. Sayı: 27601. Erişim Adresi: https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.14012&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=çevresel

ÇGİİRKDY, (2013). Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik.Resmi Gazete. Tarih: 28.07.2013. Sayı: 28721. Erişim Adresi: www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130728-11.htm

ÇGÖDK, (2011). Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevresel Gürültü Ölçüm ve Değerlendirme Klavuzu. Erişim Adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/cevresel-gurultu-olcum-ve-degerlend-rme-klavuzu-20180209145104.pdf

Çınar İ., (2005). Madencilikte Gürültü Analizi, Modellenmesi ve Haritalanması. (Doktora tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Değer F., (2015). Ahşap Doğrama Atölyelerinde Gürültü Maruziyeti ve Alınabilecek Önlemler. (İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi). Erişim Adresi: https://www.ailevecalisma.gov.tr/media/1416/fatihdeger.pdf

Duran Z., Erdem B., Doğan T., (2018). Maden Makinelerinin Frekans-Gürültü İlişkisi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6 (4): 737-752.

Ege F., Sümer S.K., Sabancı A., (2003). Tekstil Fabrikalarında Gürültü Düzeyi ve Etkileri. Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, 4 (15): 30-39.

Erdoğan Y., (2017). Üretim Sahasında Gürültü Kontrolü. (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Esen M., (2010). Üretim Sahasında Gürültü ve Gürültü Kontrol Uygulaması. (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Forouharmajd F., Shabab M., (2015). Noise Pollution Status in a Metal Melting Industry and the Map of Its Isosonic Curve. Jundishapur Journal of Health Sciences, 7 (4): 46-50.

Guarnaccia, C., Quartieri, J., Ruggiero, A., (2014). Acoustical Noise Study of a Factory: Indoor and Outdoor Simulations Integration Procedure. International Journal of Mechanics, 8 (1): 298-306.

Güler Ç., Çobanoğlu Z., (1994). Gürültü: Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi. No:19, Ankara.

Güllüoğlu E., Taçgın E., (2018). Türkiye Tekstil Sektöründe İstihdam ve İş Kazalarının Analizi. Tekstil ve Mühendis. 25 (112): 344-354.

Han L.M., Haron Z., Yahya K., Bakar S.A., Dimon, M.N., (2015). A Stochastic Simulation Framework for the Prediction of Strategic Noise Mapping and Occupational Noise Exposure Using the Random Walk Approach. PloS one, 10(4) :1-28.

IEC 60942, (2019). Electroacoustics-Sound Calibrators.

IEC 61252, (2017). Amendment 2-Electroacoustics-Specifications For Personal Sound Exposure Meters.

Indrianti N., Biru N.B., Wibawa T., (2016). The Development of Compressor Noise Barrier in The Assembly Area (Case Study of PT Jawa Furni Lestari). Procedia CIRP, 40: 705-710.

Işıkel K., (2006). Endüstri Tesislerinde Gürültü Kontrolü ve Uygulamaları. Tesisat Mühendisliği Dergisi. 91: 69-73.

Jayawardana T.S.S., Perera M.Y.A., Wijesena G.H.D., (2014). Analysis and Control of Noise in A Textile Factory. International Journal of Scientific and Research Publications, 4 (12): 1-7.

Kır T., Güler Ç., (2004). Sağlık Boyutuyla Ergonomi. Palme Yayıncılık. Ankara.

KİSGYRRDMS, (b.t.). ÇSGB İSGGM Kobiler için İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Rehberi: Risk Değerlendirmesi, İSG performans İzleme ve Sağlık Tehlikeleri: Metal Sektörü. Erişim Adresi: www.isgip.gov.tr/wp-content/uploads/2015/11/isgip_metal_2_RA.pdf

Konuklar B., (2016). Dokuma Fabrikalarında Çalışanların Gürültü Maruziyetlerinin İncelenmesi. (İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi). Erişim Adresi: https://www.ailevecalisma.gov.tr/media/1364/ayhanozmen.pdf

Kulak Anatomisi (Özdek).(b.t.) Erişim Adresi: http://www.aliozdek.com/hastaliklar-ve-tedaviler/kulak-hastaliklari/kulak-anatomisi/

Kurban H., (2015). Mobilya Üretimi Yapılan İşletmelerde Gürültü, Titreşim Ve Odun Tozunun Ergonomik Etkilerinin İşçi Sağlığı Açısından İncelenmesi (Bartın Örneği). (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Lim M.H., Lee Y.L., Lee F.W., Heng G.C., (2018). Strategic Noise Mapping Prediction for a Rubber Manufacturing Factory in Malaysia. ICCEE 2018 E3S Web of Conferences, Tokyo, 1-9.

Lomwum 5800, (2018). Yongkang Lomwum Tool Co, LTD. Erişim Adresi: http://www.lomvum.com/productinfo/337530.html

Majidi F., Rezai N., (2016). Study of Noise Map and its Features in an Indoor Work Environment through GIS-Based Software. Human, Environ. Heal. Promot, 1 (3): 138-142.

Mastech Ms6252b, (b.t.). Digital Anemometer Operation Manual. Erişim Adresi: http://www.mastech-group.com/download_s.php?id=182

MSİSGR, (b.t.). ÇSGB İSGGM Mobilya Sektöründe İş Sağlığı Gözetimi Rehberi. Erişim Adresi:http://www.isgip.gov.tr/wp-content/uploads/2018/06/MOBİLYA-SEKTÖRÜ-İSGYS-REHBERİ.pdf)

MÜSİADDTMSR, (2013). MÜSİAD: Dayanıklı Tüketim ve Mobilya Sektör Raporu. Erişim Adresi: www.musiad.org.tr/F/Root/burcu2014/Araştırmalar%20Yayın/Pdf/Sektör%20Kurulları/Mobilya_Sektor_Raporu_2013.pdf

Nguyen A.L., Van Le T., Hoang M.H., Nguyen S., Jonai H., Villanueva M.B.G., Sudo A.,(1998). Noise Levels and Hearing Ability of Female Workers in A Textile Factory in Vietnam. Industrial Health. 36 (1): 61-65.

Noweir M.H., Bafail A.O., Jomoah I.M., (2014). Noise Pollution in Metalwork and Woodwork Industries in the Kingdom of Saudi Arabia. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 20 (4): 661-670.

Noweir M.H., Jomaah I.M., Bafail A.O., (2012). Noise Pollution in The Utilities Industries in Saudi Arabia. Asian Transactions on Engineering, 2 (2): 18-25.

OSHA Noise, (b.t.). Section III: Chapter 5, Noise, Loudness and Weighting Networks.

Erişim Adresi: https://www.osha.gov/dts/osta/otm/new_noise/index.html

Ovsiannikov M., Ovsiannikov S., (2017). Combined Visualization for Noise Mapping of Industrial Facilities Based on Ray-Tracing and Thin Plate Splines. YSSIP-2016 Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects, AIP Conference Proceedings, AIP Publishing, 1800 (1): 050007

Özel E., (2006). Ergonomik Açıdan Gürültü Problemi Ve Kütahya İlinde İşletmeler (Tekstil) Düzeyinde Analizi. (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Özer M., (1979). Yapı Akustiği ve Ses Yalıtımı. Arpaz Matbaacılık. İstanbul.

Özgüven H.N., (2008). Gürültü Kontrolü-Endüstriyel ve Çevresel Gürültü. Türk Akustik Derneği. İstanbul.

Özgüven M. M., Özgüven M. M., (2012). Kapalı Alanlarda Kullanılan Bazı Hasat Sonrası Tarım Makinalarının Gürültü Haritalarının İncelenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 9 (3): 45-53.

PCE Instruments, (2017). Kullanım Kılavuzu Pce-sc 42 Kalibratör. PCE Deutschland GmbH. Erişim Adresi: https://www.pce-instruments.com/turkish/slot/10/download/5842241/kk-pce-sc-42-kalibrat%C3%B6r_1047158.pdf

Praščević M., Cvetković D., Mihajlov D., (2008). Industrial Noise Modeling and Mapping: The Case of A Cement Factory. Facta Universitatis-series: Working and Living Enviromental Protection, 5 (1): 11-23.

Radičević B., Petrović Z., Todosijević S., Petrović Z., (2012). Design of Noise Protection of Industrial Plants-Case Study of a Plywood Factory. 23rd National Conference and 4th International Conference Noise and Vibration, Nis. 17-19.

Sabancı A., Sümer S.K., (2011). Ergonomi. (2.Baskı, Bölüm 9) Nobel Akademik Yayıncılık. Ankara. 233-286.

Şahin E., (2003). Gürültü Kontrol Yöntemleri-Bir Uygulama. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18 (4): 67-80.

Sakarya E., (2016). Gürültünün Çalışma Hayatına Etkileri ve Bir Inşaat Şantiyesinde Gürültü Analiz Çalışması. (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Sayed A.A., (2011). Industrial Noise Levels and Annoyance in Egypt. Applied Acoustics, 72 (4): 221-225.

Serin H., Şahin Y., Durgun M., (2013). Küçük Ölçekli Mobilya İşletmelerinde Gürültü

Analizi. Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, 9 (2): 1-8.

Serinken M., Türkçüer İ., Dağlı B., Karcıoğlu Ö., Zencir M., Uyanık E., (2012). Work-related injuries in textile industry workers in Turkey. Ulus Travma Acil Cerrahi Derg. 18 (1): 31-36.

SGK, (2014). SGK İstatistik Yıllıkları. Erişim Adresi: http://www.sgk.gov.tr/wps/wcm/connect/936bb50a-8b2a-4494-9aa9-ba60facaba19/sgk_2014.rar?MOD=AJPERES&CACHEID=936bb50a-8b2a-4494-9aa9-ba60facaba19

SGK, (2015). SGK İstatistik Yıllıkları. Erişim Adresi: www.sgk.gov.tr/wps/wcm/connect/6a6a7857-2126-4a9d-9227-04e2cb22b389/sgk_2015.rar?MOD=AJPERES&CACHEID=6a6a7857-2126-4a9d-9227-04e2cb22b389

Soylu M., Gökkuş Ö., (2016). Endüstriyel Kaynaklı Gürültü Kirliliğinin Araştırılması ve Bir Tekstil Fabrikasında Uygulama Örneği. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi. 32 (2): 1-7.

Svantek, (2007). Svan 957 Sound & Vibration Analyser Svantek, User's Manual. SVANTEK Sp. z o.o. Warsaw, Poland. Erişim Adresi: https://svantek.com/support/265/svan957_user_manual.pdf

Svantek, (2015). SV 104 & SV 104IS Noise dosimeters, user manual. SVANTEK Sp. z o.o., Warsaw, Poland. Erişim Adresi: http://svantek.com/support/288/2015_sv104_sv104is_.pdf

Taghizadeh R., Zare M., Zare S., (2013). Mapping of noise pollution by different interpolation methods in recovery section of Ghandi telecommunication Cables Company. Journal of Occupational Health and Epidemiology, 2 (1): 1-11.

Testo 480, (b.t.). İklimlendirme Sistemleri İçin Ölçüm Cihazı Ürün Broşürü. Erişim Adresi: https://www.testo.com/tr-TR/testo-480/p/0563-4800

TS 2607 ISO 1999, (2005). Türk Standardı, Akustik-İş Yerinde Maruz Kalınan Gürültünün Tayini ve Bu Gürültünün Sebep Olduğu İşitme Kaybının Tahmini.

TS EN IEC 61672-1, (2003). Türk Standardı, Elektro-Akustik-Ses Seviye Ölçerleri.

TS EN ISO 9612, (2009). Türk Standardı, Akustik Çalışma Ortamında Maruz Kalınan Gürültünün Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi İçin Prensipler.

TS ISO 1996-2, (2009). Türk Standardı, Akustik-Çevre Gürültüsünün Tarifi, Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi - Bölüm 2: Çevre Gürültü Seviyelerinin Tayini.

Uğurlu F., (2011). Tekstil Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği. Erişim Adresi: www.gny.com.tr/wp-content/uploads/2016/03/TEKSTİL-SEKTÖRÜNDE-İŞ-SAĞLIĞI-VE-GÜVENLİĞİ.pdf

Ülker O., (2018). Mobilya İmalatı Esnasında Oluşan Gürültü Emisyonlarının ve Maruziyetinin Araştırılması. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 10 (2): 225-244.

Yüksel H., (2017). Türkiye'de Bazı Maden Makinalarında Gürültü Ölçümü ve Değerlendirilmesi. (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Serkan GÜRSOY

Doğum Yeri : Bursa

Doğum Tarihi : 17.07.1980

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik Haberleşme Öğretmenliği, 2002.
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, devam ediyor.

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Güvenliği Anabilim Dalı, 2020

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar

1) SCI

2) Diğer

b) Bildiriler

1) Uluslararası

- Uluslararası 29 Ekim Bilimsel Araştırmalar Sempozyumu– Bir Tekstil Dokuma Fabrikası Atölyesi İçin Gürültü Haritasının Oluşturulması ve Değerlendirilmesi–Tam Metin-Sözlü Bildiri
- Uluslararası 29 Ekim Bilimsel Araştırmalar Sempozyumu– Makine-Metal Sektörü Kapalı Alan Üretim Ortamları İçin Endüstriyel Gürültü Haritalarının Oluşturulması: Bir Pres Atölyesi İçin Örnek Uygulama–Tam Metin-Sözlü Bildiri

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Milli Eğitim Bakanlığı, 2004-devam ediyor

İLETİŞİM

E-posta Adresi : serkan_gursoy@hotmail.com