



**ENDÜSTRİ BİNALARINDA GÜRÜLTÜNÜN ARAŞTIRILMASI
VE BİR ÖRNEKLEM: ANKARA’DA BİR PRESHANEYE AİT GÜRÜLTÜ
HARİTASININ OLUŞTURULMASI**

Ezgi DADAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2019

Ezgi DADAŞ tarafından hazırlanan “ENDÜSTRİ BİNALARINDA GÜRÜLTÜNÜN ARAŞTIRILMASI VE BİR ÖRNEKLEM: ANKARA’DA BİR PRESHANEYE AİT GÜRÜLTÜ HARİTASININ OLUŞTURULMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Füsun DEMİREL

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Metin ARSLAN

Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Ana Bilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Prof. Dr. Ali İhsan ÜNAY

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 04/02/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ezgi DADAŞ

04/02/2019

ENDÜSTRİ BİNALARINDA GÜRÜLTÜNÜN ARAŞTIRILMASI VE BİR
ÖRNEKLEM: ANKARA’DA BİR PRESHANEYE AİT GÜRÜLTÜ HARİTASININ
OLŞTURULMASI
(Yüksek Lisans Tezi)

Ezgi DADAŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 2019

ÖZET

Endüstri binalarında gürültü sorunu günümüzde önemini korumaktadır. Endüstri tesislerinde çeşitli sektörlerde istihdam edilen çalışanlar, işitme kaybı başta olmak üzere gürültü ile ilgili birçok riskle karşı karşıya kalmaktadırlar. Çalışma kapsamında, endüstri gürültüsü etkeni ve etkileri incelenmiş, endüstriyel gürültüden korunma amacıyla alınan tedbirler analiz edilmiştir. Türkiye’de ve dünyada endüstriyel gürültü konusunda geçerli yasal düzenlemeler incelenerek, performans kriterleri oluşturulmuştur. İç gürültü kriteri, gürültü sorunu tespit edilen bir preshane binasında, yerinde ölçüm ve haritalama yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme için; ortamdaki gürültü kaynakları göz önünde bulundurularak, eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi göstergesi kullanılmıştır. Sonuç olarak iç mekan gürültü haritası değerlendirilerek, üretim hacminin önemli bir bölümünde sınır değerlerin aşıldığı yargısına ulaşılmıştır. Risk altındaki alanlar belirlenmiş ve incelenen preshane binasında kısmi pres muhafazaları ve titreşim sönümleyici malzemeler kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bunların yanı sıra tezde, son derece karmaşık bir yapısı olan endüstri gürültüsünün değerlendirilmesine ilişkin, bina tasarımı aşamasında nasıl bir yöntemle yaklaşılacağı konusundaki bilgilere yer verilmiştir.

Bilim Kodu : 80101
Anahtar Kelimeler : Endüstri binaları, gürültü kontrolü, gürültü haritalama, endüstriyel gürültü kontrolü
Sayfa Adedi : 92
Danışman : Prof. Dr. Füsun DEMİREL

INVESTIGATION OF NOISE IN INDUSTRIAL BUILDINGS AND A CASE STUDY:
GENERATING A NOISE MAP OF A PRESS SHOP IN ANKARA

(M. Sc. Thesis)

Ezgi DADAŞ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2019

ABSTRACT

The noise problem in industrial buildings maintains its importance today. Employees employed in various industries in industrial facilities face many risks related to noise, including hearing loss. Within the scope of the study, industrial noise factor and its effects were examined and the precautions taken to industrial noise protections were analyzed. National and international regulations on industrial noise were examined and performance criteria were established. The internal noise criterion was evaluated by using on-site measurement and mapping methods in a building with noise problems. For evaluation; In view of the noise sources in the environment, equivalent continuous sound pressure level indicator is used. As a result, by evaluating the indoor noise map, it has been reached that a significant portion of the production volume has exceeded the limit values. Areas under risk have been identified and it has been concluded that partial presses and vibration damping materials should be used in the press building. In addition to this, the thesis includes information on how to evaluate the industrial noise, which has an extremely complex structure and how to approach the building design stage.

Science Code : 80101

Key Words : Industrial building, noise control, noise mapping, industrial noise control

Page Number : 92

Supervisor : Prof. Dr. Füsün DEMİREL

TEŞEKKÜR

Tez sürecinde verdiği sonsuz destek için, bilgi birikimi ve hoşgörüsüyle yolumuzu aydınlatan değerli tez danışmanım Prof. Dr. Füsün DEMİREL'e, sabırla tüm sorularıma cevap veren, tanımaktan onur duyduğum Dr. Öğr. Üyesi Zuhâl ÖZÇETİN'e teşekkürlerimi sunarım. Tecrübeleriyle yüksek lisans eğitimim boyunca çalışmalarına katkı sağlayan hocamızın tüm akustik tasarım ekibine, ölçüm ve tez savunma sınavım sırasında yanımda olan arkadaşım Seniha SOYAL'a, hayatım boyunca sundukları sonsuz sevgi ve destek için canım annem Figen DADAŞ ve canım babam Murat DADAŞ'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. Ulusal Araştırmalar	5
2.1. Uluslararası Araştırmalar	6
3. ENDÜSTRİ BİNALARINDA GÜRÜLTÜ.....	11
3.1. Endüstri Binalarında Gürültü ve Gürültü Kaynakları.....	13
3.2. Endüstri Binalarında Gürültü Kontrol Stratejileri	17
3.3. Endüstri Binalarında Gürültü Kontrol Aracı Olarak Gürültü Haritaları.....	24
3.3.1. Stratejik gürültü haritaları	25
3.3.2. Kent ve bina planlamada gürültü haritaları	27
3.3.3. Bina içi gürültü haritalama ve işyeri gürültü haritaları	28
3.4. Endüstriyel Gürültünün Çalışanlar Üzerindeki Etkileri.....	30
4. ENDÜSTRİ BİNALARINDA GÜRÜLTÜ İLE İLGİLİ YASAL DÜZENLEMELER VE PERFORMANS KRİTERLERİ	37

Sayfa

4.1. Endüstri Binalarının Neden Olduğu Çevresel Gürültüye İlişkin Yasal Düzenlemeler.....	37
4.2. Endüstri Binalarında Gürültü Yalıtımına İlişkin Yasal Düzenlemeler.....	39
4.3. Üretim Hacimlerindeki İç Mekân Gürültü Düzeyi Sınır Değerlerine İlişkin Yasal Düzenlemeler.....	43
4.3.1. İç mekân gürültü düzeyine ilişkin yönetmelikler.....	43
4.3.2. İç mekân gürültü düzeyine ilişkin standartlar	52
4.3.3. Yasal düzenlemelerce belirlenmiş hacim içi gürültü sınır değerlerinin karşılaştırılarak değerlendirilmesi	53
4.4. Endüstri Binalarında Akustik Konfor Koşullarını Sağlamaya Yönelik Performans Kriterleri	55
5. ÖRNEKLEM: ANKARA’DA BİR PRESHANEYE AİT GÜRÜLTÜ HARİTASININ OLUŞTURULMASI	59
5.1. Örneklem Hakkında Genel Bilgiler.....	59
5.2. Preshane Binasının Gürültü Analizinin Yerinde Ölçüm ve Haritalama Yoluyla Yapılması	64
5.3. Preshane Binasındaki İşitsel Ortamın Değerlendirilmesi.....	69
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR.....	77
EKLER	83
EK-1. Ölçülen en yüksek gürültü seviyesi ile birlikte ölçüm sonuçları	84
EK-2. NoiseAtWork yazılımı ara yüzü	85
EK-3 (devamı) Preshane iç ortam görüntüleri	86
EK-3 (devamı) Pres ve ovalama makinesi görüntüleri	87
EK-3 (devamı) Makinelerin döşeme ile birleşimlerini gösteren fotoğraflar	88
EK-3 (devamı) Ölçüm sırasında çekilmiş görüntüler	89
EK-3 (devamı) Stok bölümünden görüntüler	90

	Sayfa
EK-3 (devamı) Kalıphane bölümünden görüntüler	91
ÖZGEÇMİŞ.....	92

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. İncelenen güncel çalışmaların analiz edilmesi (Özet tablo).....	9
Çizelge 3.1. Endüstride bazı işlemler sonucu ortaya çıkan ses düzeyleri.....	15
Çizelge 3.2. Gürültü haritaları ve eylem planlarının hazırlanmasından sorumlu kuruluşlar	27
Çizelge 4.1. Çevresel gürültü sınır değerleri.....	38
Çizelge 4.2. Endüstri binalarında mekan işlevlerine bağlı hassasiyet/gürültülülük dereceleri.....	39
Çizelge 4.3. Dış gürültü düzeylerine ve alıcı odası hassasiyet derecesine göre sağlanacak en düşük ses yalıtım değerleri	40
Çizelge 4.4. Alıcı ve kaynak odasına göre sağlanması gereken en düşük hava soğuşlu ses yalıtım değerleri	41
Çizelge 4.5. Kaynak ve alıcı odası özelliklerine göre sağlanacak en yüksek darbe sesi iletim değerleri	41
Çizelge 4.6. Akustik performans sınıfına bağlı izin verilen en yüksek mekan içi gürültü düzeyleri	42
Çizelge 4.7. Sürekli gürültü üreten servis ekipmanlarına bağlı izin verilen en yüksek iç gürültü düzeyleri	42
Çizelge 4.8. Maruziyet eylem ve maruziyet sınır değerleri	43
Çizelge 4.9. Yıllık ortalama gürültüye maruz kalma değerine ulaşmak için kullanılan haftalık süreler	45
Çizelge 4.10. Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifine göre çalışanların maruz Kaldığı gürültü seviyesine göre alınacak önlemler.....	46
Çizelge 4.11. ABD mevzuatına göre gürültü düzeyine bağlı izin verilen çalışma süreleri.....	47
Çizelge 4.12. Şili mevzuatına göre gürültü düzeyine bağlı izin verilen çalışma süreleri.....	47
Çizelge 4.13. Meksika mevzuatına göre gürültü düzeyine bağlı izin verilen çalışma süreleri.....	48
Çizelge 4.14. Kanada mevzuatına göre gürültü düzeyine bağlı izin verilen gürültüde kalma süreleri.....	48

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.15. Singapur mevzuatına göre gürültü düzeyine bağlı izin verilen gürültüde kalma süreleri.....	49
Çizelge 4.16. Hırvatistan mevzuatına göre yapılan işe göre izin verilen gürültü seviyeleri	51
Çizelge 4.17. İş mekân gürültü düzeyini değerlendirmede kullanılan standartların sistematize edilmesi	53
Çizelge 4.18. Ülke mevzuatlarında belirlenen hacim içi gürültüyü değerlendirmede kullanılan sınır değerleri	54
Çizelge 4.19. Akustik parametrelere yönelik performans kriterleri.....	55
Çizelge 4.20. Mimari tasarım parametrelerine yönelik performans kriterleri	56
Çizelge 5.1. Makine listesi ve makinelerin kullanım amaçları	61
Çizelge 5.2. Ölçüm sonuçları	67
Çizelge 5.3. Hacim içi gürültüyü değerlendirmede kullanılan NR 75 eğrisi	69

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Geniş bant gürültü tayfı	11
Şekil 3.2. Dar bant gürültü tayfı.....	12
Şekil 3.3. Yalın frekans bileşenli gürültü tayfı	12
Şekil 3.4. Yerleşim şekline göre kaynakların nokta- çizgi ve düzlem kaynak oluşturmaları	13
Şekil 3.5. Sanayi binalarındaki gürültü kaynakları	14
Şekil 3.6. Gürültü üreten bir cihazın muhafaza içine alınması	20
Şekil 3.7. Muhafaza çeperinin döşemeden yalıtılması.....	21
Şekil 3.8. Sesin yansıyarak, kırınarak ve iletilerek alıcıya ulaşması	21
Şekil 3.9. Titreşim sönümleyici kaide detayı.....	23
Şekil 3.10. Gürültü haritası ve kat planının 3 boyutlu kombinasyonu.....	29
Şekil 3.11. İş sağlığı temel alanları	30
Şekil 3.12. Kulağın yapısı.....	31
Şekil 3.13. Gürültü seviyesine göre verilen tepkiler.....	32
Şekil 3.14. Gürültü sebebiyle işitme düzeyinin frekansa bağlı değişimi	33
Şekil 5.1. Preshane binasının zemin kat planı.....	60
Şekil 5.2. Alıcı noktaları	65
Şekil 5.3. Ölçüm sonuçlarının sınır değerler ile karşılaştırılması	69

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Bir fabrikada ses yutucu malzemelerin kullanımı	19
Resim 3.2. Neopren izolasyon pedi ve yay izolatör kullanımı.....	23
Resim 5.1. Örneklem olarak seçilen preshane binası	59
Resim 5.2. Üretim bölümünden görüntüler	61
Resim 5.3. Abkant pres ve giyotin makas	62
Resim 5.4. Sirkülasyon aksından preshaneye bakış ve ekzantrik pres	62
Resim 5.5. Ekzantrik pres ve stok bölümüne bakış pres	62
Resim 5.6. Alanda ölçümlerin gerçekleştirilmesi	65
Resim 5.7. OSHA tarafından önerilen kısmi pres muhafazaları	71

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 3.1. Bir lastik fabrikasına ait işyeri gürültü haritası.....	19
Harita 3.2. Microsoft Powerpoint kullanılarak oluşturulmuş gürültü haritası	24
Harita 3.3. Dublin şehrinin gece zaman dilimi için hazırlanmış stratejik gürültü haritası.....	26
Harita 3.4. Binanın içindeki gürültü dağılımını gözlemlemek üzere oluşturulmuş gürültü haritası	28
Harita 5.1. Preshaneye ait gürültü haritası	68

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

dB	Desibel
$D_{nT,A}$	Ağırlıklı standardize edilmiş düzey farkı
hz	Hertz
m	Metre
m²	Metrekare
L_{Aeq}	A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi
$L_{akşam}$	Akşam zaman dilimi ses basınç seviyesi
L_{gag}	Gündüz-akşam-gece ses basınç seviyesi
$L_{gündüz}$	Gündüz zaman dilimi ses basınç seviyesi
L_{gece}	Gece zaman dilimi ses basınç seviyesi
L_{max}	Ölçülen en yüksek eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi
$L'_{nT,w}$	Standardize edilmiş darbe ses basınç düzeyi

Kısaltmalar

Açıklamalar

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BS	British Standard
BGKKHY	Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik
CAD	Computer Aided Design
ÇGDYY	Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
ÇGİRKY	Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmasına Dair Yönetmelik
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

Kısaltmalar**Açıklamalar****EN**

European Standard

NR

Noise Rating

OSHA

Occupational Safety And Health Administration

TSE

Türk Standartları Enstitüsü

TS

Türk Standardı

WHO

World Health Organization

1. GİRİŞ

Teknolojinin ve ulaşım imkânlarının gelişmesiyle, 18.yy'da endüstri devrimi meydana gelmiş, böylece endüstri binası kavramı ortaya çıkmıştır. Endüstri binası, bugünkü anlamıyla, çalışanların işgücü sayesinde bünyesinde üretim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği yapı türüdür.

Sanayi devriminden sonra artan ihtiyaçlara yanıt vermek üzere, üretimin verimliliğinin de artırılması gerekmiştir. Genişleyen endüstri hacmi, beraberinde üretim ile ilgili faaliyetlerin planlı bir biçimde yürütülmesini zorunlu hale getirmiştir. Endüstride üretimin çeşitliliğinin artmasıyla birlikte, üretim sistemleri karmaşık bir hal almış, buna paralel olarak üretim faaliyetleri için zamanla daha komplike yapılar tasarlanmaya başlamıştır. Günümüzde endüstri binalarında; üretim sürecine göre farklı mekân gereksinimleri söz konusu olmuştur. Binaların planlanması sırasında; makine yerleşimi, üretim süreci, hammadde ve ürünlerin nakli, depolanması işlemlerine uygun, doğru kurgulanmış binalar üretmek amaçlanmaktadır. Bunun yanı sıra üretim ortamında konfor koşullarının sağlanması, çalışanların genel sağlık, güvenlik ve iyilik hallerinin korunması için gereklidir. Konfor koşullarının sağlanması için öncelikle ısı, görsel ve işitsel konfor gereksinimleri yerine getirilmelidir. İşitsel açıdan konforlu yapıların tasarlanması için yerine getirilmesi gereken öncelikli ilke ise gürültü kontrolüdür.

Gürültü, üretim mekânlarında en sık rastlanan sağlık risklerinden biri olup, günümüzde hâlâ birçok kişi tarafından üretim eyleminin doğal bir sonucu olarak görülmektedir. Üretimin cinsine göre ortaya çıkan gürültünün özellikleri değişse de, endüstri binalarında sıklıkla yüksek düzeyli gürültüler ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, gürültü denetiminin önemli olduğu yapı tipleri arasında endüstri binalarının öncelik kazandığı söylenebilir. Gürültünün çalışanlar üzerinde ilk akla gelen etkisi işitme kayıplarıdır. Geçerli yasal düzenlemeler gürültüye maruz kalan çalışanların sağlığını korumaya yönelik sınır değerler ve önlemler içermektedir. Günümüzde, gürültünün önemli fizyolojik ve psikolojik etkilerinin olduğu, iş performansının ciddi şekilde düşmesine yol açtığı bilinmektedir. Gürültülü çalışma ortamları, dikkatsizliği beraberinde getirerek iş kazalarına yol açmaktadır. Ayrıca çalışanların acil durum uyarı işaretlerini algılamalarını güçleştirmekte ve bu nedenle, gürültünün çalışanlar üzerindeki olumsuz etkilerinin ortaya konması ve koruyucu önlemlerin geliştirilmesi son derece önemli hale gelmektedir.

Problem durumu

Endüstriyel gürültünün kontrolü konusunda, çoğunlukla çevresel gürültü kaynağı olarak endüstri tesislerinin ele alındığı çalışmalar mevcuttur. Bunun yanında, çalışanların günlük gürültü maruziyetleri konusunda da literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bu bağlamda, yüksek düzeyli gürültünün meydana geldiği binalarda, alınması gereken tedbirler konusunda mimarlara önemli görevler düşmektedir. Yapının planlanması aşamasından itibaren, tasarım kararları verilirken gürültü önemli bir tasarım parametresi olarak göz önünde bulundurulmalıdır.

Araştırmanın amacı

Bu araştırmanın amacı, endüstride gürültü sorununu tüm bileşenleriyle analiz etmek, bu konuda yapılmış güncel çalışmaları ve yasal düzenlemeleri incelemek, edinilen tüm bilgiler ışığında, örneklem olarak seçilen binadaki gürültü sorununu değerlendirmektir.

Araştırmanın yöntemi

Bu tezde, bünyesinde üretim yapılan binalarda, işitsel ortamın değerlendirilmesi ve mimari yapı bileşenleriyle ilişkilendirilmesine yönelik araştırmaların yapılması gerektiği görülmüştür. Öncelikle çalışanların günlerinin önemli bir bölümünü geçirdikleri endüstri binalarında, üretim sırasında ortaya çıkan gürültünün kontrolüne yönelik literatür araştırmaları yapılmıştır. Çalışmada endüstride meydana gelen gürültü, tüm unsurlarıyla ele alınmış; gürültünün etkileri üzerinde durulmuştur. Ardından, çalışma ortamında sağlık ve işitsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için Türkiye’de ve dünyada geçerli yasal düzenlemeler incelenmiştir. Türkiye’de geçerli olan Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmasına Dair Yönetmelik (ÇGİRKY) ve birçok uluslararası yasal düzenleme analiz edilerek, hacim içinde sağlanması gereken gürültü sınır değerleri belirlenmiş, endüstri binalarında gürültü kontrolüne yönelik akustik performans kriterleri oluşturulmuştur.

Üretimdeki gelişimlere paralel olarak, endüstri binalarındaki gürültüler de çeşitlenmektedir. Bu gürültüler, genelde kompleks yapıda olup, birçok farklı kaynağın katkısıyla oluşmaktadır. Genel olarak endüstri binalarında gürültü kaynakları; çalışanların

sosyal etkinliklerinden kaynaklanan gürültüler, yapının ana işlevi olan, üretim eyleminin ortaya çıkardığı gürültüler ve yapı teknik destek elemanları ile bunların tesisatının neden olduğu gürültüler olarak üç ana başlıkta toplanmaktadır. Gürültüyü tüm bileşenleriyle değerlendirebilmek ve hacim içindeki dağılımını ortaya koymak adına, performans kriterlerinden iç gürültü düzeyleri parametresi gürültü sorununun tespit edildiği mevcut bir sanayi yapısında, hacim içi gürültü haritası oluşturularak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, hacim ızgara yöntemiyle bölümlendirilmiş, her bir düğüm noktasında L_{Aeq} (Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Seviyesi) ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları kullanılarak örneklem olarak seçilen işyerinin gürültü haritası oluşturulmuştur. Ve gürültü haritası yardımıyla; sınır değerlerin aşılp aşılmadığı kontrol edilerek, yüksek gürültüye maruz kalan işçi sayısı tespit edilmiş ve risk altındaki alanlar belirlenmiştir.

Sınırlılıklar

Gürültü kontrolü için geliştirilen önlemler, teknik ve yönetsel içerikli önlemler olarak iki ana başlıkta sınıflandırılır. İşyerlerinde çalışma sürelerinin kısıtlanması, sürekli çalışmayan gürültülü makinelerin çalışma saatlerinin düzenlenmesi ve üretim süreçlerinin tasarımında gürültünün önemli bir parametre olarak göz önünde bulundurulması gibi önlemler, ilgili yönetsel önlemlerdir. Teknik içerikli önlemler, makinelerin ve süreçlerin tasarımı aşamasında alınan gürültüye yönelik tedbirler, yani mühendislik uygulamaları ve mimari tasarım uygulamalarıdır. Bu çalışmada; ilgili yönetsel önlemler ve makinelerin tasarımı aşamasında alınması gereken gürültü önlemleri, araştırmanın dışında tutulmuştur. Ayrıca tezde, endüstri binalarında makinelerden yayılan titreşimlerin ölçülmesi ve bu titreşimlerin çalışanlar üzerindeki etkisi farklı bir uzmanlık alanı olduğu için araştırmanın dışında bırakılmıştır.

Tez çalışması kapsamında; birinci bölümde problemin durumu, araştırmanın amacı ve yöntemi ortaya konmuş, bu bağlamda çalışma alanının sınırlılıkları belirlenmiştir.

İkinci bölümde, endüstriyel gürültüye ilişkin literatür araştırmaları yapılmış, konu ile ilgili güncel çalışmalar incelenerek analiz edilmiştir.

Üçüncü bölümde, endüstri binalarında gürültü tüm bileşenleriyle incelenmiştir. Gürültüye karşı alınan önlemler gürültü kontrol stratejileri başlığı altında irdelenmiş, çalışma

ortamında meydana gelen gürültünün neden olduğu riskler ele alınmış, gürültü etkeni ve etkileri üzerinde durulmuştur.

Dördüncü bölümde, endüstri binalarında gürültü ile ilgili ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler incelenmiştir. Yasal düzenlemeler ve literatür araştırmaları ışığında, endüstri binalarında akustik konfor koşullarını sağlamaya yönelik, performans kriterleri oluşturulmuştur. Performans kriterlerinde akustik parametreler ve mimari tasarım parametrelerine ayrı ayrı yer verilmiştir.

Beşinci bölümde, hacim içinde yüksek gürültü tespit edilen bir endüstri tesisinde, ölçüm ve haritalama yöntemleriyle işitsel ortam ortaya konmuştur. Ardından mevcut durumun, incelenen ulusal ve uluslararası yasal düzenlemelere göre değerlendirilmesi sağlanmıştır..

Altıncı bölümde, sonuç kısmına yer verilmiş ve mimari tasarım parametreleri yardımıyla oluşturulan öneriler sıralanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İşyerlerindeki gürültü sorunu konusunda yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Konuya ilişkin seçilen tezler, makaleler ve bildiriler ulusal ve uluslararası çalışmalar olarak iki ana başlıkta ele alınmış ve değerlendirilmiştir. İnceleme sonuçları özet tablo biçimine getirilerek, araştırmaların yöntemleri analiz edilmiştir (Çizelge 2.1).

2.1. Ulusal Araştırmalar

İlgürel (2009) tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi'nde yapılan “Sanayi Yapılarında Gürültünün Bir Ölçüt Olarak Değerlendirilmesi İçin Bir Yöntem Geliştirilmesi” başlıklı doktora tezinde, sanayi yapısının tasarımı aşamasında üretim hacimlerindeki gürültünün mevzuat ve standartlarla belirlenmiş sınır değerler içinde kalmasına yönelik kullanılabilecek ilkesel bir yaklaşım oluşturulmuştur. Bu yaklaşım oluşturulurken ODEON Akustik Benzetim Programı kullanılarak kurgu üretim hacminde gerçekleştirilen simülasyon verileri kullanılmıştır. Engelden farklı uzaklıktaki alıcılarda gürültü düzeyinin NR 75 değerini aşmaması hedeflenmiştir. Sonuç bölümünde yapı tasarlanırken toplam yutuculuğun optimize edilmesi ve engel kullanımı yoluyla üretim hacminde frekans ölçeğinde sağlanması gereken yutuculuk değerlerinin gürültü kaynağının ses gücü düzeylerine bağlı olarak elde edilmesi için oluşturulan ölçütler ortaya konmuştur.

Bozkurt (2010) tarafından İstanbul Teknik Üniversitesi'nde hazırlanan “Endüstriyel Gürültü Haritalarının Hazırlanması İstanbul'da Bulunan DES Sanayi Sitesi ve Yakın Çevresi Örneği” isimli tezde gürültü denetimi ile ilgili mevzuatlar tanımlandıktan sonra sanayi yapılarındaki gürültü kaynakları tanıtılmış ve bunların ses gücü düzeylerinin belirlenebilmesi için kullanılacak yöntemler açıklanmıştır. Sesin serbest alanda yayılmasına ilişkin kuramsal bilgiler verilmiş, DES Sanayi Sitesi ve yakın çevresini konu alan örneklem çalışması yapılmıştır. Örneklem kapsamında, arazi çalışmalarında belirlenen iç mekan gürültü verileri kullanılarak, Soundplan simülasyon programında L_{gag} , L_{gece} , $L_{gündüz}$ ve $L_{akşam}$ sonuç haritaları elde edilmiştir. Alanda yapılan ölçümlerle simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Tezin sonuç bölümünde etkilenen kişi sayısının azaltılması için, imalathane kapılarının %50 oranında açık olması durumuna göre bariyer tasarımı önerisi simüle edildiğinde, gürültüye maruz kalan kişi sayısının azaldığı görülmüştür

Şerefhanoglu Sözen ve İlgürel (2005) tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştirilen ve Megaron E-Dergisinde yayınlanan “Değişik Sanayi Kuruluşlarında Gürültünün Nesnel, Öznel Yönetmelikler Bağlamında İncelenmesi” isimli makalede farklı nitelikteki sanayi kuruluşlarında gürültü ölçümleri ve çalışanlarla anket çalışmaları yapılmıştır. Çalışanların gürültüden etkilenme derecelerini belirlemeye yönelik yapılan anketlerde çalışanların %55'inin gürültüden rahatsız olduğu, gürültü kaynaklı şikayetlerde baş ağrısı ve sinirliliğin başı çektiği görülmüştür. Çok gürültülü üretim yerlerinde koruyucu kullanım oranlarının arttığı belirlenmiştir. İşyerlerinin çoğunda Gürültü Yönetmeliği'nde belirtilen en yüksek gürültü maruziyet değeri 85 dBA'nın aşılmasına rağmen koruyucu kullanımının bu oranda yüksek olmadığı çalışmada yapılan değerlendirmelerle ortaya konulmuştur.

2.2. Uluslararası Araştırmalar

Kordani, Rafeei, Rasekh ve Raouf (2014) tarafından hazırlanan, AENSI Journals Advances in Environmental Biology dergisinde yayınlanan “İran-Ahvaz'daki Karoon Gaz ve Yağ Fabrikasındaki Gürültü Kirliliğinin CBS Kullanılarak Modellenmesi” (Noise Pollution Modeling using Geographic Information Systems (GIS) in Industrial Complex of Karoon Oil & Gas Production Company Ahwaz–Iran) çalışmada ISO 9612 standardına göre alanda ölçümler yapılmış, SURFER 10 ve Arc GIS yazılımlarıyla gürültü haritası, izosonik gürültü eğrileri elde edilmiştir. Ses kaynaklarının altında bulunan beton platformların ortamdaki yansımayı kuvvetlendirerek akustik konforu olumsuz etkilediği yorumu yapılmıştır.

Arenas ve Suter'in (2014) Noise & Health dergisinde yayınlanan “Amerika Kıtasında Geçerli Mesleki Gürültü Mevzuatının Karşılaştırılması: Genel Bir Bakış ve Analiz” (Comparison of Occupational Noise Legislation in the Americas: An Overview and Analysis) başlıklı makalesinde Amerika kıtasındaki 22 ülkede mesleki gürültü maruziyeti konusunda geçerli yasal düzenlemeler incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, izin verilen gürültü maruziyet limit değerlerinin çeşitlilik gösterdiği görülmüştür. Ülkelerin %81'i 85 dBA'lık izin verilen maruziyet limit değerini kullanmaktadır. Birçok ülke, darbe gürültüsü sınır değeri için 140 dBC'yi sınır değeri belirlemiştir. İncelenen ülkelerin %27'sinin konuyla ilgili yasal düzenleme yapmadığı, maruziyet sınır değeri ve ses basıncına bağlı değişim oranı (exchange rate) konusunda kayda değer çeşitlilikler tespit edilmiştir.

Casas, Cordeiro, Mello ve Zannin (2014) tarafından Brezilya’da yapılan ve “Journal of Scientific & Industrial Research” dergisinde yayınlanan “Sanayi Gürültüsü Denetim Aracı Olarak Gürültü Haritalama” (Noise Mapping as a Tool for Controlling Industrial Noise Pollution) başlıklı çalışmada, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir fabrikada ölçüm ve simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Fabrika dışı ölçüm ve simülasyonlar sonucunda sınır değerlerin aşıldığı tespit edilmiştir. Tesis içi gürültü kaynaklarının ses gücü düzeyleri ölçüldükten sonra tesis içi gürültü haritası elde edilmiştir. Akustik engel tasarımı yapılarak 10 dBA’ya kadar gürültü azaltımı sağlanmıştır.

Jayawardana, Perera, ve Wijesena (2014), International Journal of Scientific and Research Publications’ta yayınlanan Bir Tekstil Fabrikasında Gürültünün Analizi ve Kontrolü (Analysis and Control of Noise in a Textile Factory) isimli çalışmada üretim ortamındaki gürültünün niteliği ve dağılımı incelenmiştir. Çalışmada, gürültü dağılımını tahmin etmek için bir matematiksel model geliştirilmiş, model standart metotlarla toplanan verilerle doğrulanmıştır. Deneysel gürültü kontrol yönteminin etkinliğini kanıtlamak için bir alan çalışması yapılmıştır. Alan çalışmasında hacimdeki gürültüyü azaltmak amacıyla akustik asma tavan tasarlanmıştır. Tasarımın simüle edilmesi sonucunda hacimde, özellikle yüksek frekanslarda önemli gürültü azaltımı sağlanmıştır.

Majidi ve Rezai (2016) tarafından İran’da yapılan, “Journal of Human, Environment and Health Promotion” dergisinde yayınlanan “CBS Tabanlı Yazılım ile Kapalı Bir Çalışma Ortamında Gürültü Haritasının ve Özelliklerinin İncelenmesi” (Study of Noise Map and its Features in an Indoor Work Environment through GIS-Based Software) makalesinde İran’daki gıda ürünleri üreten bir fabrika örneklem olarak alınmıştır. Fabrikanın paketleme ünitesinin zemini 2×2 metre karelere bölünmüş ve her kare bir ölçüm noktası olarak işaretlenmiştir. Her bir noktadaki ses basıncı seviyeleri ölçülmüş ve ardından ölçüm değerleri gürültü haritasını çizmek üzere CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) tabanlı Arc GIS yazılımına aktarılmıştır. Sonuç olarak bu çalışma; kapalı bir çalışma ortamı için, gürültü seviyelerinin, gürültü haritaları yardımıyla değerlendirilmesini sağlayan CBS teknolojisinin uygulanmasının, halk sağlığı uzmanlarının kullandığı yöntemden daha gerçekçi ve daha doğru olduğu kanıtlamıştır.

Forouharmajd ve Shabab (2015) tarafından yapılan, Jundishapur Journal of Health Sciences dergisinde yayınlanan “Metal Ergitme Endüstrisinde Gürültü Kirliliği ve Gürültü Haritası (Noise Pollution Status in a Metal Melting Industry and the Map of Its Isosonic

Curve) adlı çalışmada bir metal ergitme tesisinde, hacim 5x5 metre karelere bölünerek 108 noktada ölçüm ve 8 noktada oktav bant analizi yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarında birçok noktada sınır değerlerin aşıldığı, gürültünün 1000-4000 Hz frekanslarında yüksek olduğu görülmüştür. Mevcut çalışmalardan yararlanılarak gürültü kaynaklarına yönelik ses bariyeri tasarımı, yalıtımlı kontrol odası önerisi, cihazların bakımlarının düzenli yaptırılması, maruziyet süresinin azaltılması için dinlenme odası planlanması ve koruyucu ekipman kullanımı önerileri getirilmiştir.

Platon (2016) tarafından Romanya’da gerçekleştirilen ve “7. Congress of the Alps Adria Acoustics Association (AAAA)” kongresinde sunulan “Çalışma Ortamındaki Gürültünün Haritalanması, Çalışanların Mesleki Gürültü Farkındalığının Arttırılması için Bir Yöntem” (Noise Mapping in Working Environment, Method for Increasing the Workers Awareness to Occupational Noise) başlıklı çalışmada işyerlerindeki gürültüyü değerlendirme yöntemleri olan ISO 9612-2009 standardı ve gürültü haritalama incelenmiştir. Gürültü haritalamanın, üretim hacminin tasarımı aşamasında gürültünün öngörülmesini, sonrasında çalışanların farkındalıklarının arttırılmasını sağladığı ve bu yöntem sayesinde uygun koruyucu kullanımıyla işitmeyle alakalı rahatsızlıkların ortaya çıkardığı mali giderlerin ortadan kaldırılabilirdiği görülmüştür.

Çizelge 2.1. İncelenen güncel çalışmaların analiz edilmesi (Özet tablo)

Çalışma	Yıl	Çalışmanın Türü	Endüstri Kolu	Yöntem	Haritalamada Kullanılan Yazılım
Değişik Sanayi Kuruluşlarında Gürültünün Nesnel, Öznel Yönetmelikler Bağlamında İncelenmesi Şerefhanoglu Sözen, M., İlgürel, M. N.	2005	Makale	Tekstil, Otomotiv, Yalıtım Malzemesi, Sentetik Kauçuk, Toz Boya	Ölçüm ve Anket	-
Sanayi yapılarında gürültünün bir ölçüt olarak değerlendirilmesi için bir yöntem geliştirilmesi İlgürel, M. N.	2009	Doktora Tezi	Radyatör İmalatı	Ölçüm, Simülasyon ve Haritalama	ODEON
Endüstriyel Gürültü Haritalarının Hazırlanması İstanbul'da Bulunan DES Sanayi Sitesi ve Yakın Çevresi Örneği Bozkurt, T. S.	2010	Yüksek Lisans Tezi	Demir-Çelik	Ölçüm ve Haritalama	CadnaA
Analysis and Control of Noise in a Textile Factory Jayawardana, T.S.S., Perera, M.Y.A., Wijesena, G.H.D.	2014	Makale	Tekstil	Hesap ve Simülasyon	Civil3D
Comparison of Occupational Noise Legislation in the Americas: An Overview and Analysis Arenas, J. P., Suter, A.H.	2014	Makale	-	Literatür Tarama	-
Noise Pollution Modeling Using Geographic Information Systems (GIS) in Industrial Complex of Karoon Oil & Gas Production Company Ahwaz-Iran Kordani, F., Rafeei, M., Rasekh, A., Raouf, F.	2014	Makale	Petrokimya	Ölçüm ve Haritalama	Surfer ve Arc GIS

Çizelge 2.1. (devam) İncelenen güncel çalışmaların analiz edilmesi (Özet tablo)

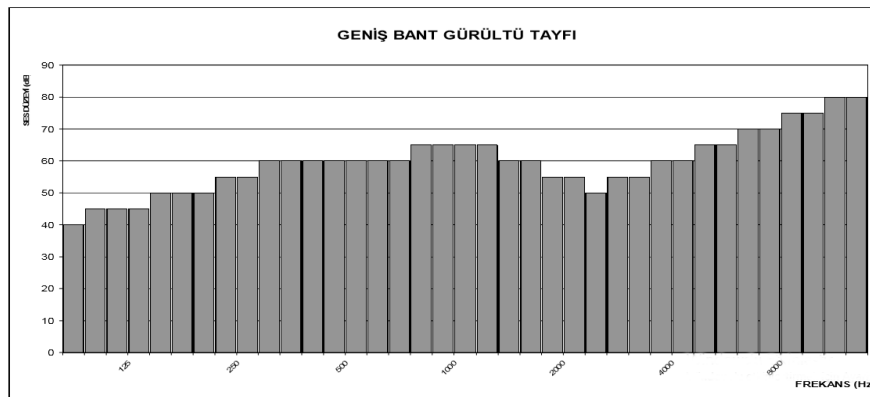
Çalışma	Yıl	Çalışmanın Türü	Endüstri Kolu	Yöntem	Haritalamada Kullanılan Yazılım
Noise Mapping as a Tool for Controlling Industrial Noise Pollution Casas, W.J.P., Cordeiro, E.P., Mello, T.C., Zannin, P.H.T.	2014	Makale	Otomotiv	Ölçüm, Simülasyon ve Haritalama	Sound PLAN
Noise Pollution Status in a Metal Melting Industry and the Map of Its Iso-sonic Curve Forouharmajd, F., Shabab, M.	2015	Makale	Metal Endüstrisi	Ölçüm, Simülasyon ve Haritalama	Surfer
Study of Noise Map and Its Features in an Indoor Work Environment Through GIS-Based Software Majidi, F., Rezai, N.	2016	Makale	Gıda	Ölçüm ve Haritalama	Arc GIS
Noise Mapping in Working Environment, Method for Increasing the Workers Awareness to Occupational Noise Platon, S.N.	2016	Bildiri	Otomotiv	Ölçüm ve Haritalama	-

3. ENDÜSTRİ BİNALARINDA GÜRÜLTÜ

“Gürültü fiziksel olarak gelişigüzel yapıli ve birbiri ile uyumlu tonal bileşenleri bulunmayan genelde yüksek düzeyli karmaşık ses topluluklarıdır. Toplum içinde yüksek düzeyli, hoşla gitmeyen, beklenmeyen ses olarak tanımlanır” (Kurra, 2009: 56). Günümüzde gürültü, hâlâ endüstriyel faaliyetlerin doğal bir sonucu olarak görülmektedir. Gürültünün insanlar üzerindeki olumsuz etkileri; konsantrasyonun düşmesi ve iş veriminin azalmasına, psikolojik rahatsızlıklardan fizyolojik hastalıklara kadar uzanmaktadır.

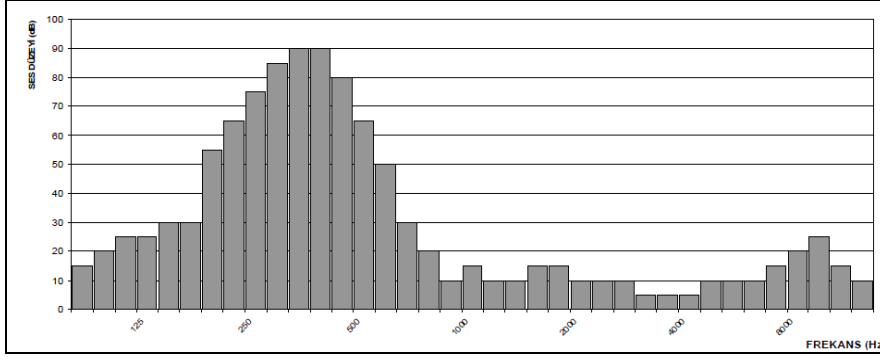
Bu bölümde sanayi binalarındaki gürültü ve gürültü kaynak tipleri açıklanmış, gürültü haritalama kavramı tanımlanmış ve gürültünün çalışanlar üzerindeki etkileri hakkında bilgiler aktarılmıştır.

Gürültünün insanlar tarafından algılanması, frekans spektrumu ve zamanla değişen kompleks bir fizyolojik süreçtir. Frekans dağılımı; seslerin algılanmasını, sesin maskelenmesini, sestten rahatsızlık duymayı ve gürültüyü azaltmak üzere uygun yapı malzemelerinin seçilmesi gibi birçok durumu etkileyen önemli bir veridir. Gürültü frekans dağılımına göre dar bant gürültü, geniş bant gürültü ve yalın frekans bileşenleri barındıran gürültüler olarak sınıflandırılabilir.



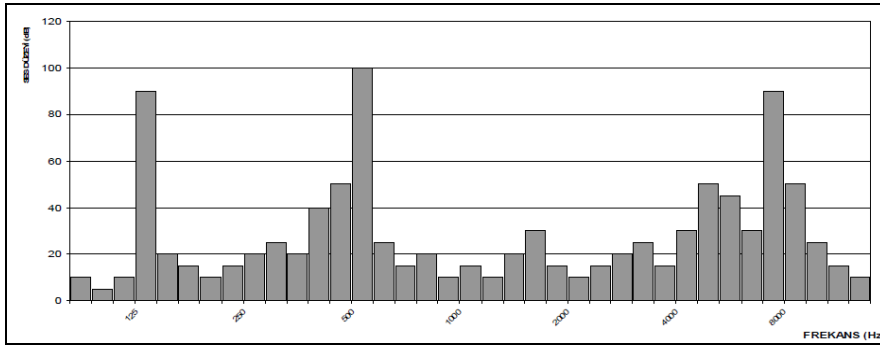
Şekil 3.1. Geniş bant gürültü tayfı (İlgürel, 2004)

- Geniş bant gürültü: Gürültüyü oluşturan seslerin frekansları geniş bir aralığa yayılmıştır. Gürültünün frekans spektrumu hiçbir frekans bandında toplanmamıştır. Beyaz gürültü, tüm frekanslardaki seslerden oluşan geniş bant gürültüdür. Farklı gürültü kaynaklarının bir araya gelmesiyle, sıkça görülen geniş bant gürültüler meydana gelir (Şekil 3.1).



Şekil 3.2. Dar bant gürültü tayfı (İlgürel, 2004)

- Dar bant gürültü: Gürültünün frekans dağılımı belli bir frekans bandında toplanmıştır. Gürültüyü oluşturan bileşenlerden frekansı belli aralıkta olanlar daha baskındır (Şekil 3.2).



Şekil 3.3. Yalın frekans bileşenli gürültü tayfı (İlgürel, 2004)

- Yalın frekans bileşenleri barındıran gürültüler: Dar ya da geniş bant özelliği gösterebilen, ses enerjisinin belli frekanslarda toplanmasıyla bazı noktalarda zirve yapan gürültülerdir (Şekil 3.3).

Gürültüyü oluşturan ses basınç düzeylerinin belirli bir süre boyunca değişimi gürültünün değerlendirilmesinde önemli bir faktördür. Ses düzeyinin zamanla değişimine göre gürültü, kararlı gürültü ve kararsız gürültü olarak ele alınabilir.

- Kararlı gürültü: Ortalama gürültü düzeyinin zamanla önemli bir değişim göstermediği gürültü türüdür.

- Kararsız gürültü: Zamanla ses düzeyinde önemli ölçüde değişiklikler görülen gürültü türüdür. Kararsız gürültünün, dalgalı gürültü, kesikli gürültü ve darbe gürültüsü olmak üzere üç farklı türü vardır.

- Dalgalı gürültü: Seviyesinde sürekli olarak önemli değişiklikler gözlenen gürültü türüdür. Ses basıncı arka plan gürültüsüne en az bir defa eşit olmak üzere, gözlem süresince 6 dB kadar değişir.
- Kesikli gürültü: Gürültü seviyesi değeri 1 sn veya daha fazla süreyle, ortam gürültü seviyesi üzerinde seyreden ve aniden ortam seviyesine düşen gürültüdür.
- Darbe gürültüsü: 1 saniyeden kısa süren bir veya birden fazla sestten oluşur. Darbe gürültüsünün kesikli gürültüden farkı, darbe gürültüsünde her gürültü anının çok daha kısa olmasıdır.

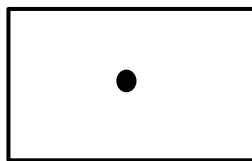
3.1. Endüstri Binalarında Gürültü ve Gürültü Kaynakları

Gürültü; hava su ve toprak kirliliği gibi bir çevresel kirlilik türüdür. Bu kirliliği oluşturan çevresel gürültü kaynakları; ulaşım gürültüleri, endüstri faaliyetlerinin ortaya çıkardığı gürültüler, yapım gürültüleri, eğlence ve ticari amaçlı faaliyetlerin neden olduğu gürültülerdir (Kurra, 2009). Sanayi tesislerinde teknolojik gelişmelerin sonucu olarak, mekanik teknik donanım çeşitlilik gösterirken, gürültüler de zamanla çeşitlenmektedir. Gürültü kaynakları; yerleşim durumuna göre, çizgi ve düzlem kaynak olarak incelenmektedir (Şekil 3.4).

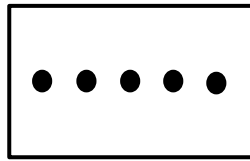
Nokta kaynak: Ürettiği ses dalgaları küresel olarak yayılır ve bu kaynak küresel yayılan dalgaların tam merkezinde konumlanmıştır.

Çizgi kaynak: Birbirini takip eden nokta kaynaklardan oluşur. Ses dalgalarını silindirik biçimde yayar. Birçok üretim bandı çizgi kaynağa örnek olarak verilebilir.

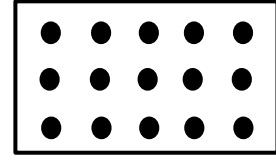
Düzlem kaynak: Nokta ve çizgi kaynakların bir araya gelmesiyle oluşur. Bir üretim hacminde çalışan makineler kent ölçeğinde bir düzlem kaynak oluşturur (İlgürel, 2009).



Nokta kaynak

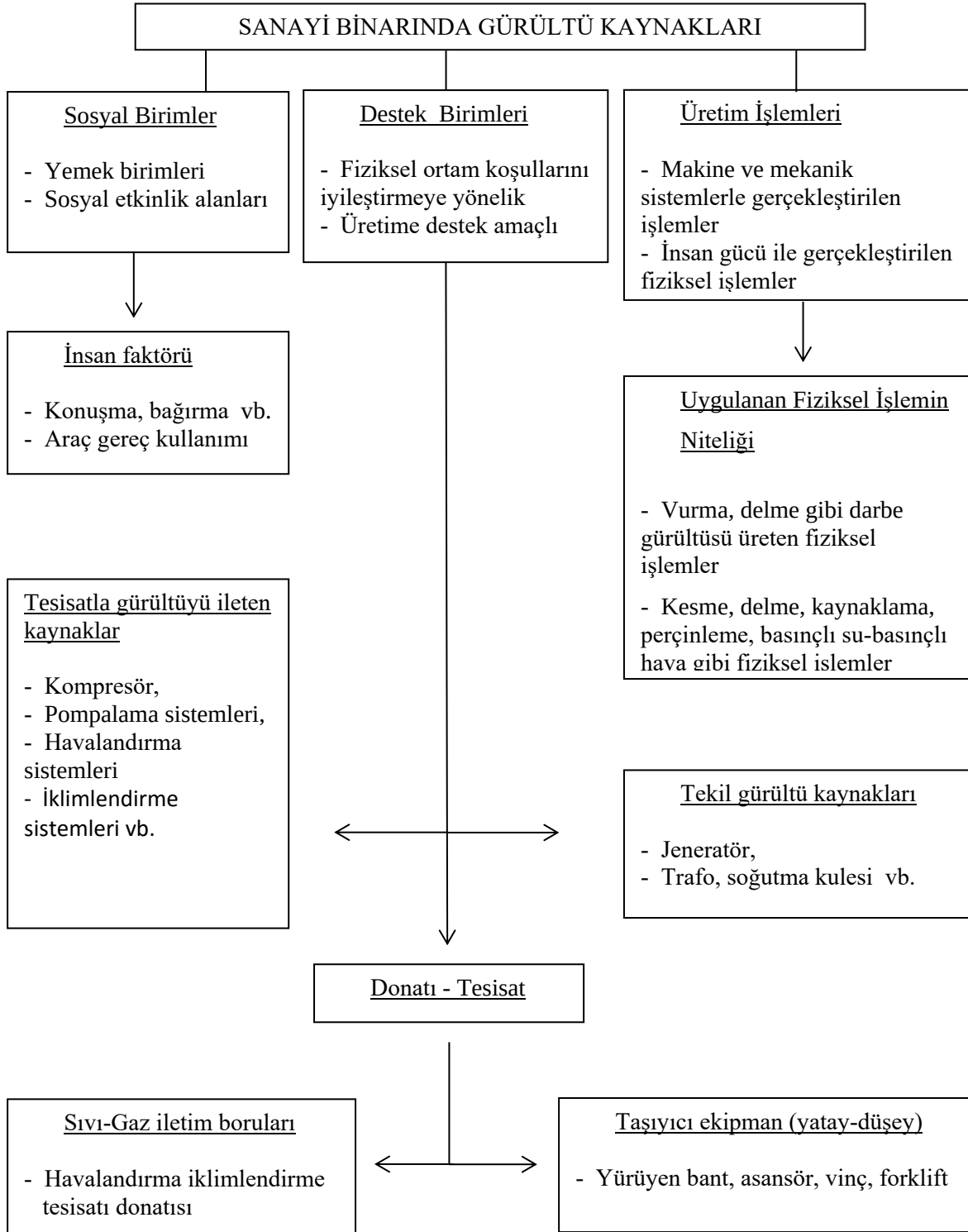


Çizgi kaynak



Düzlem kaynak

Şekil 3.4. Yerleşim şekline göre, kaynakların nokta, çizgi ve düzlem kaynak oluşturmaları (Şerefhanoglu söz en, 2008)



Şekil 3.5. Sanayi binalarındaki gürültü kaynakları (Şerefhanoglu Sözen, İlgürel ve Erdoğan, 2008)

Endüstri binalarında gürültü kaynakları; çalışanların sosyal etkinliklerinden kaynaklanan gürültüler, yapının ana işlevi olan üretim eyleminin ortaya çıkardığı gürültüler ve yapı teknik destek elemanları ile bunların tesisatının neden olduğu gürültüler olarak üç ana başlıkta toplanabilir (Şekil 3.5).

Üretim hacimlerinde işitsel konforun bozulmasına neden olan en önemli faktör, üretim sırasında ortaya çıkan makine ve mekanik donanımların sebep olduğu gürültülerdir. Endüstride kullanılan bazı cihazların ses gücü düzeyleri verilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Endüstride bazı işlemler sonucu ortaya çıkan ses düzeyleri (SoundPLAN user's book, 2007)

Gürültü kaynağı	Toplam ses gücü (dBA)
Tekstil atölyesi	92
Kauçuk yoğurma makinesi	92
Şişe dolum tesisi	95
Çelik boru üretimi	95,5
Marangoz atölyesi	97
Kablo üretimi	97,5
Ahşap rende	104
Metal işleri	105
Plastik kırma	107
Çelik plaka perçinleme	114

Sanayi tesislerinde gürültüler genellikle,

- darbe etkisiyle,
- aerodinamik kuvvetlerin etkisiyle,
- periyodik hareketlerin sonucu olarak,
- hidrolik kuvvetlerin etkisiyle,
- yanma işleminin sonucunda veya
- sürtünme etkisiyle oluşmaktadır (Erdoğan. 2000).

Matkaplama, talaşlı imalat gibi işlemlerde darbe kaynaklı ve sürtünme sonucu oluşan gürültüler ortaya çıkmaktadır. Elektrik ark ocakları, yanma sonucu gürültü ortaya çıkarırlar. Ffanlar ve kompresörler ise basınçla sıkışan hava veya gazların ortaya çıkardığı aerodinamik kuvvetler nedeniyle gürültü yayarlar. Akışkanların basınçla iletim boruları içinde hareketi hidrolik kuvvetler oluşturup gürültüye neden olmaktadır. Ortamdaki fiziksel koşulları iyileştirmeye yönelik havalandırma sistemleri, çeşitli elektronik sistemler,

hammaddelerin taşınmasını sağlayan asansör, forklift gibi araçlar, jeneratör, kompresör ve Transformatörler, üretim hacimlerindeki ikincil gürültü kaynaklarındandır. Mekândaki ses basınç seviyesi; ses kaynaklarının tipine, yerleşim düzenine, cihazların tespit biçimlerine, alıcı ile kaynak arasındaki mesafeye ve ortamın niteliğine bağlıdır. Üretim hacmindeki gürültüler genelde kompleks yapıdadır, birçok farklı kaynağın katkısıyla oluşur. Tüm endüstriyel tesislerde görülen başlıca gürültü kaynakları elektrik motorları, fanlar, jeneratörler, kompresörler, pompalar ve transformatörlerdir. Ortamdaki gürültü üretimine katkıları nedeniyle ayrıntılı bir biçimde ele alınmıştır.

Elektrik motorları; elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinelerdir. Dönüşüm sırasında ısı enerjisi açığa çıkar, bu yüzden fanlı soğutma sistemine ihtiyaç duyulur. Soğutma sisteminin neden olduğu geniş bantlı gürültü baskındır. Elektrik motorlarında üretilen gürültünün üç kaynağı vardır;

- Soğutma sisteminde hava akışının ortaya çıkardığı geniş bantlı aerodinamik gürültü,
- Fan pervanesindeki geçişin neden olduğu alçak frekanslı kesikli gürültü
- Titreşime karşı izolasyon gerektiren çeşitli mekanik gürültülerdir (Barron,2003).

Fanlar; endüstriyel alanlarda kirli havanın, toz, buhar ve sisin temiz hava kullanılarak tahliye edilmesi, kurutma ve soğutma işlemi yapmak için kullanılır. Genel olarak eksenel ve radyal olmak üzere iki tip fan vardır. Yoğun hava akışı nedeniyle düşük frekanslarda yoğunlaşan geniş bantlı gürültüler, havanın pervanelere çarpması sonucunda saf tonlu gürültüler oluştururlar (Cowan, 2000). Binanın tasarım yapılırken mümkünse gürültüye karşı hassas bölgelerden uzakta planlanmalıdırlar. Eğer mümkün değilse; yutucu tip susturucu kullanılarak ya da hacmin yutuculuğunu arttırarak gürültü sorununa çözüm bulunabilir.

Kompresörler; bir akışkanı ya da gazı, istenilen basınca göre sıkıştırmaya yarayan makinelerdir. Mekanik enerjiyi pnömatik enerjiye dönüştürürler. Bir elektrik motorundan alınan dönme hareketini sayesinde kompresörün içinde negatif akım oluşturur. Emilen hava kompresör içinde küçük bir hacme hapsedilir ve belirli oranlarda sıkıştırılır. Kompresörlerin birçok çeşidi bulunmaktadır ve hepsi yüksek basıncı nedeniyle oldukça gürültülü makinelerdir. Kompresörlerdeki basıncın oluşturduğu darbeler şiddetlidir ve eşdeğer ses basıncı seviyeleri 110 dBA'yı bulabilir.

Pompalar; akışkanlara kinetik veya potansiyel enerji kazandırmak için kullanılırlar. Akışkanları iletmeye, gazları sıkıştırmaya, kapalı kapların içindeki gazları boşaltmaya yararlar. Temel gürültü sebepleri hidrolik ve mekanik kaynaklıdır. Pompa sistemleri geniş bantlı ve ayırık tonlarda olmak üzere iki farklı türde gürültü ortaya çıkarır. Ayrıca akışkanın sistemdeki hareketi nedeniyle titreşimin iletilmesi neden olur (Bozkurt, 2010).

Transformatörler (trafolar); sanayi tesislerinde kullanılan elektriğin akım ve geriliminin ayarlanması için kullanılır. Manyetik alan değişimlerine bağlı olarak uğultu biçiminde gürültü üretir, bu gürültü 125 Hz ve 250 Hz oktav bantlarında baskındır (Barron, 2003).

3.2. Endüstri Binalarında Gürültü Kontrol Stratejileri

Birçok üretim hacminde, sıklıkla tehlike eşiğini de geçecek düzeyde gürültüyle karşılaşmaktadır. Sanayi tesislerinde teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak, mekanik teknik donanım çeşitlenirken, oluşan gürültüler de paralel olarak çeşitlenmektedir. Çalışanların gürültüye sürekli ve yoğun maruziyeti sonucunda işitme sistemi, kardiyovasküler sistem ve psikomotor sistem zarar görmektedir.

Gürültü kontrolü, gürültünün olumsuz etkilerinden korunmak için alınan tüm önlemleri içerir. Bu önlemler, teknik ve yönetsel içerikli olabilir. Gürültü düzeyi yüksek işlerde çalışanların günlük çalışma sürelerinin kısıtlanması, sürekli çalışmayan gürültülü makinaların çalışma saatlerinin düzenlenmesi ve üretim süreçlerinde gürültünün bir parametre olarak ele alınması gibi önlemler, ilgili yönetsel önlemlerdir. Teknik içerikli endüstriyel gürültü denetimi ise; mimari kararlar ve mühendislik uygulamalarıdır. Makinaların ve süreçlerin tasarımı aşamasında alınan gürültüye yönelik önlemler, mühendislik uygulamaları kapsamına girmektedir. Bu çalışmada, üretim eylemi sonucu ortaya çıkan gürültüler ele alınmıştır. Mühendislik uygulamaları kapsamına giren, makinaların ve süreçlerin tasarımı aşamasında alınan gürültüye yönelik önlemler bu araştırmanın dışında tutulmuştur.

Gürültü kontrolü temelde; sesin kaynakta kontrolü, iletim yolunda kontrolü ve alıcıda kontrolü olarak üç ana prensiple sağlanır. Birincil olarak tercih edilmesi gereken yöntem sesin kaynakta kontrol edilmesidir. Örneğin, muhafazalar kullanılarak gürültü kaynakta kontrol altına alınabilir. Yutuculuğun artırılması, titreşim sönümleyici elemanların

kullanılması ve gürültüye karşı akustik engellerin kullanılmasıyla gürültü, iletim yolunda kontrol edilmiş olur. Çalışanların muhafaza benzeri hücrelerde üretimi takip etmesi veya işitme koruyucu donanım kullanımı sayesinde alıcıda gürültü kontrolü kontrol sağlanmış olur.

Bünyesinde endüstriyel üretim yapılan binalar tasarlanırken, gürültüyü azaltmaya yönelik önlemler tasarımın ilk evrelerinden itibaren sistemli bir şekilde ele alınmalıdır. Üretim hacimleri tasarlanırken, yüksek düzeyli gürültülerin ortaya çıkacağı öngörülüyorsa; proje alanında yerleşim planlanırken farklı işlevli bölümlerin yerleşiminden başlayarak mimari tasarım sürecinde alınan tüm kararlar, gürültü denetimi açısından belirleyici unsurlardır. Bina tasarım sürecinde; bir akustik benzetim programı yardımıyla, işitsel ortam şartları sanal ortamda modellenmeli ve akustik performans kriterlerine göre değerlendirilmelidir. Bu yolla üretim mekânındaki işitsel ortam öngörülebilir, gerekli önlemler tasarım aşamasında alınabilir. Tasarım sürecinde akustik şartlar, tasarım kurgusundaki diğer parametrelerle eş zamanlı olarak ele alınmalıdır. Farklı tasarım seçenekleri modellenmeli, akustik benzetim yoluyla elde edilen işitsel ortam tahminleri değerlendirilmelidir (İlgürel, 2003).

Endüstri binası tasarlanırken ve alana yerleşim planlanırken temel kararlar, gürültü açısından da değerlendirilmelidir. Eğer mümkünse sosyal ve yönetim işlevli alanlar üretim hacminden ayrı planlamalıdır. Çevrede gürültüye hassas yapıların bulunduğu durumlarda yapı kabuğu tasarlanırken gürültü göz önünde bulundurulmalı, yapı kabuğu yeterli ses geçiş kaybını sağlayacak nitelikte tasarlanmalıdır. Özellikle hafif elemanlardan oluşan çatılar gürültü yalıtımı konusunda zafiyet yaratmaktadırlar.

İşyeri düzeni oluşturulurken;

- Operatörlerin diğer makinelerin gürültüsünden etkilenmemeleri için makineler arasında yeterli uzaklıklar bırakılmalı,
- Yüksek düzeyli gürültü üreten cihazlar eğer mümkünse yatayda ve düşeyde bir arada, duvar ve köşelerden uzakta planlanmalı,
- Titreşim genliği, yapı strüktürünü uyarabilecek nitelikteki makineler zemine oturan döşemede planlanmalıdır.
- Zemine oturan döşemede planlanamadığı takdirde, döşeme plağının ortasında konumlandırılmamalıdır (İlgürel,2003).

Haritalama Tekniği



Harita 3.1. Bir lastik fabrikasına ait işyeri gürültü haritası (Platon, 2016)

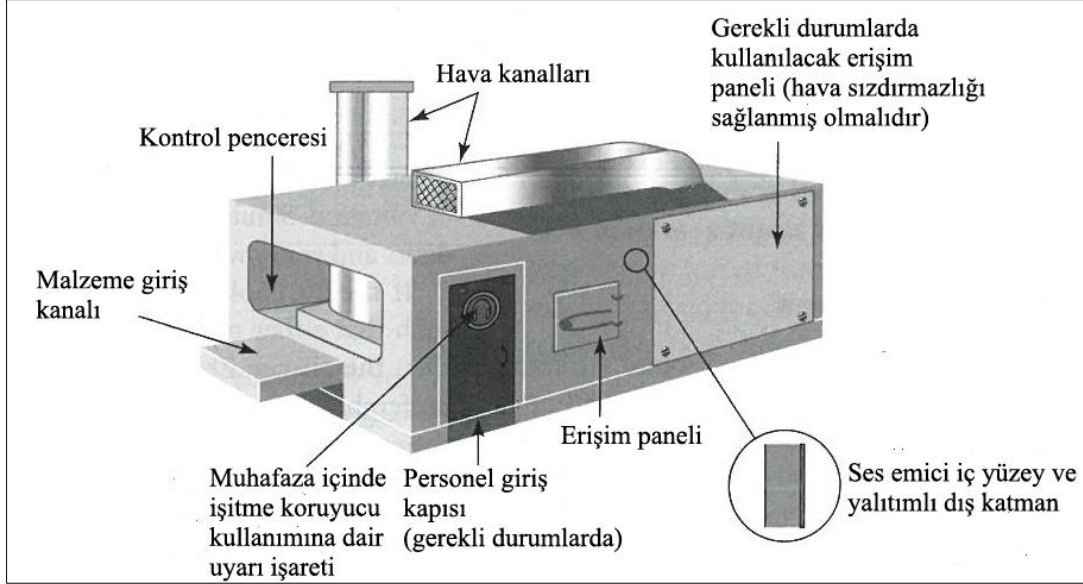
Üretim mekânında gürültüyü gözlemlemek amacıyla gürültü haritalama tekniği sıkça kullanılır (Harita 3.1). Gürültü haritası, çevredeki ses basınç düzeylerinin fiziksel çevre koşullarına göre değişimlerinin plan üzerinde gösterilmesidir. Gürültü haritaları sayesinde; sınır değerlerin aşılp aşılmadığı kontrol edilebilir. Yüksek gürültüye maruz kalan işçi sayısı tespit edilebilir. Risk altındaki alanlar belirlenebilir ve basit bir gösterimle çalışanların hangi işlem sırasında ne derece gürültüye maruz kaldıkları görülebilir.

Muhafaza Kullanımı

Gürültü denetimi amacıyla makineler muhafaza içine alınarak; gürültü üreten gürültü kaynakları ortamdaki izole edilir (Şekil 3.6). Makinelerin tamamının veya üretim akışına engel olmadan bir bölümünün çevrelenmesiyle oluşturulur. Muhafazalar, orta ve yüksek frekanslarda sesin yalıtılmasında başarılıdır (Peters, Smith ve Hollins, 2011).

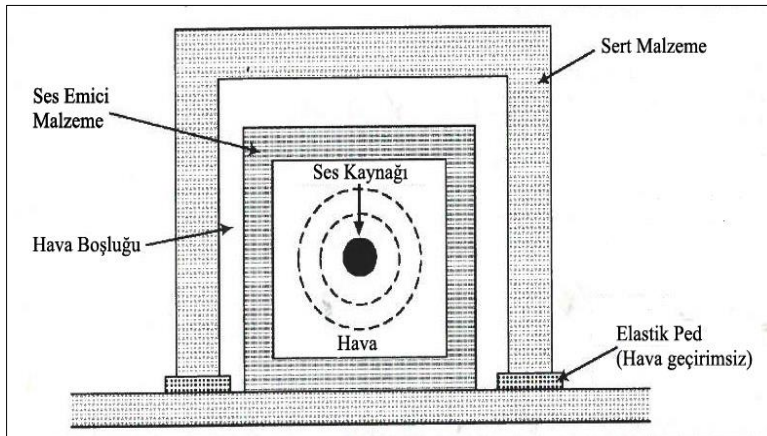
Yaygın olarak kullanılan muhafazalar; sert bir dış gövde, iç kısımda ses bariyeri ve en içte ses emici malzeme tabakalarından oluşur. Yansımış ses seviyesini azaltmak için, muhafazaların iç duvarları ses emici materyallerle kaplanmaktadır. Günümüzde bu amaçla projelendirilip üretilmiş standart modüler muhafazalar kullanılmaktadır. Muhafaza

duvarları, esnek gereçlerle döşemeden yalıtılmadığı durumlarda iletilen titreşimler muhafaza duvarını kaynak haline getirebilir. Pres ve perçinleme gibi yüksek frekanslarda gürültü üreten, üretim akışlarının sürekli muhafazalara uygun olmadığı koşullarda kısmi muhafazalar kullanılır (Narang, 1995).



Şekil 3.6. Gürültü üreten bir cihazın muhafaza içine alınması (Peters, Smith ve Hollins, 2011)

Muhafazaların yan çeperlerinin döşemeyle birleşimi yalıtım zaafiyeti yaratacağından, titreşimlerin iletimini önlemek için çok katmanlı hale getirilmelidir (Şekil 3.7). Kaide, ped veya yay gibi titreşim sönümleyici malzemeler kullanılarak titreşimlerin çeşitli yapı elemanlarına ulaşması engellenmelidir (Cowan, 2000).

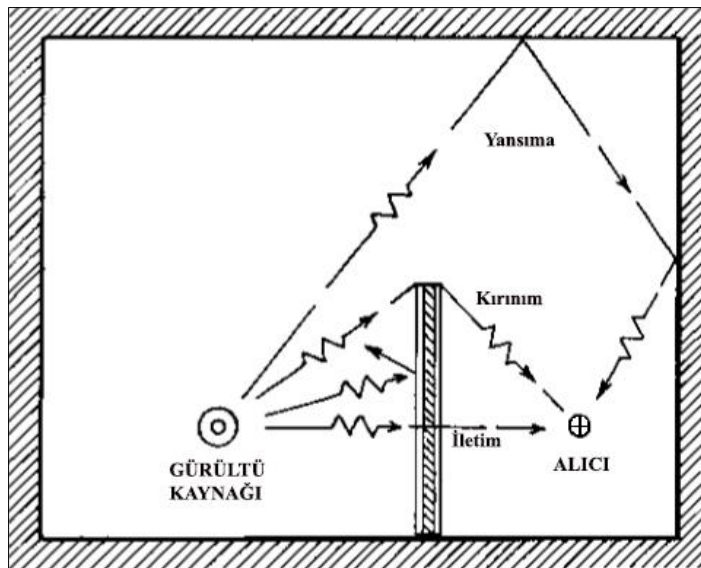


Şekil 3.7. Muhafaza çeperinin döşemeden yalıtılması (Cowan, 2000)

Uygulama sırasında, makineye ulaşan tüm boru ve kanalları, esnek bağlantı elemanları kullanılarak makineden mekanik olarak izole edilmelidir. Bunların muhafazanın içinden geçtiği yerlerde, erişim delikleri mümkün olduğunca küçük olmalı ve esnek, mastik tip bir malzeme ile hava sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Amaç, hava doğuşlu sesin yayılmasını en aza indirmek ve titreşimin iletilmesini önlemektir. Benzer şekilde, muhafazalardaki kapıların ve pencerelerin etrafındaki boşlukların yalıtımının sağlanmış olması önemlidir (Peters, Smith ve Hollins, 2011).

Engel Kullanımı

Kaynak ile alıcı arasında engel kullanılarak sesin kırınması sağlanabilir. Böylece engelin arkasında akustik gölge oluşur. Engel kullanılan durumlarda ses; doğrudan iletim yoluyla, kırınarak ve hacmin tavanından yansıyarak alıcıya ulaşır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Sesin yansıyarak, kırınarak ve iletilerek alıcıya ulaşması (Barron, 2003)

Engel kullanımı, üretim hacmi içinde yansımış ses düzeyinin düşük olduğu koşullarda etkilidir. Yansımaların kontrollü sağlanabilmesi için engellerin kaynağa bakan yüzeyi ve tavan yutucu malzemelerle kaplanmalıdır. Yüksek frekanslarda düşük frekanslara oranla daha etkili azaltım sağlanabilmektedir.

Trafo, jeneratör gibi üretimle doğrudan ilişkili olmayan tekil gürültü kaynaklarının olabildiğince doğal ya da yapay engellerin arkasında planlanması gerekir (İlgürel, 2009) .

Yutucu Malzeme Kullanımı

Sesin yutulması temelde, ses enerjisinin ısıya ya da ses dışı titreşimlere dönüşmesi anlamına gelir. Yutucu malzemeler, hava doğuşlu seslerin azaltımında kullanılırlar. Üretim hacminin yüzey yutuculuk özellikleri artırılarak, makineye göre kritik uzaklık sınırı dışındaki alanlarda, yansımalar azaltılarak ortamdaki gürültü seviyelerinin düşürülmesini sağlanır. Yutucu malzeme kullanımıyla kapalı bir hacimde, mekânın ses yutma katsayısı değiştirir, bu da oda sabitinin (R) değişmesini sağlar. Oda sabitindeki değişim, kaynağın yaratacağı ses basınç düzeyini etkiler. Bir kapalı hacimdeki gürültü kaynağının yaratacağı ses düzeyi, oda sabiti değerinin yükselmesiyle azalır (Özgüven, 2008). Yutuculuğun artırılmasıyla sağlanan ses azaltımı her zaman sınırlıdır.

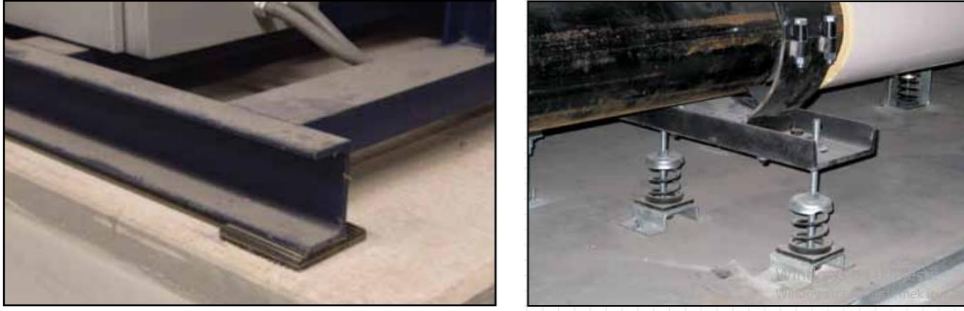


Resim 3.1. Bir fabrikada ses yutucu malzemelerin kullanımı (canadianmetalworking.com)

Yutucu malzemeler genellikle tavanlarda uygulanır (Resim 3.1). Fakat aydınlatma ya da kreyn sebebiyle uygulanması mümkün olmazsa, panel biçiminde askıda yutucular kullanılabilir. Sesin yutulması temelde; gözenekli gereçler, titreşen levhalar ve rezonatörlerin kullanımı olmak üzere üç tip malzeme sayesinde gerçekleşir. Endüstri tesislerinde yutucu olarak genellikle, delikli sac arasına sıkıştırılmış mineral yünlü keçeler kullanılır.

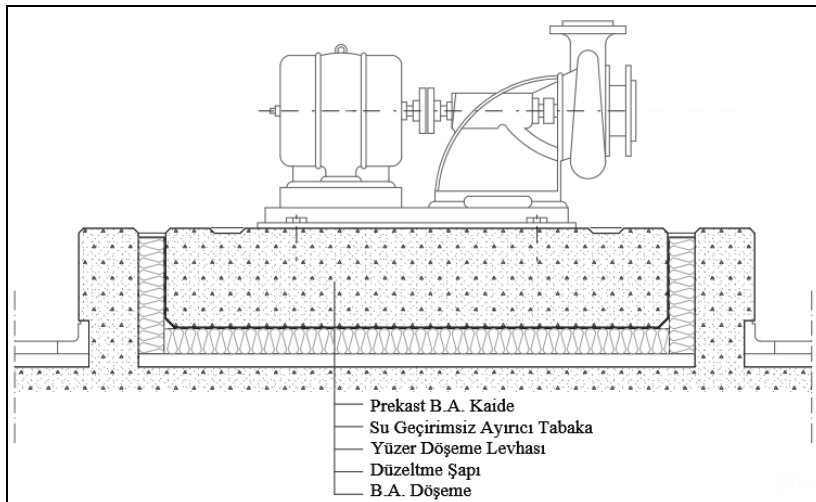
Titreşim Yalıtımı

Bir makine çalışır duruma geçtiğinde, gövdesinde ve borularında titreşimler ortaya çıkar. Oluşan titreşim enerjisi, havada yayılan ses olarak yayılabilir. Veya bağlantılar yoluyla, titreşimi gürültüye çevirebilen bir yüzey alanına taşınabilir. Titreşimin iletilmesini önlemek için en etkin yol, kaynakta denetimdir.



Resim 3.2. Neopren izolasyon pedi ve yay izolatör kullanımı (alara-lukagro.com)

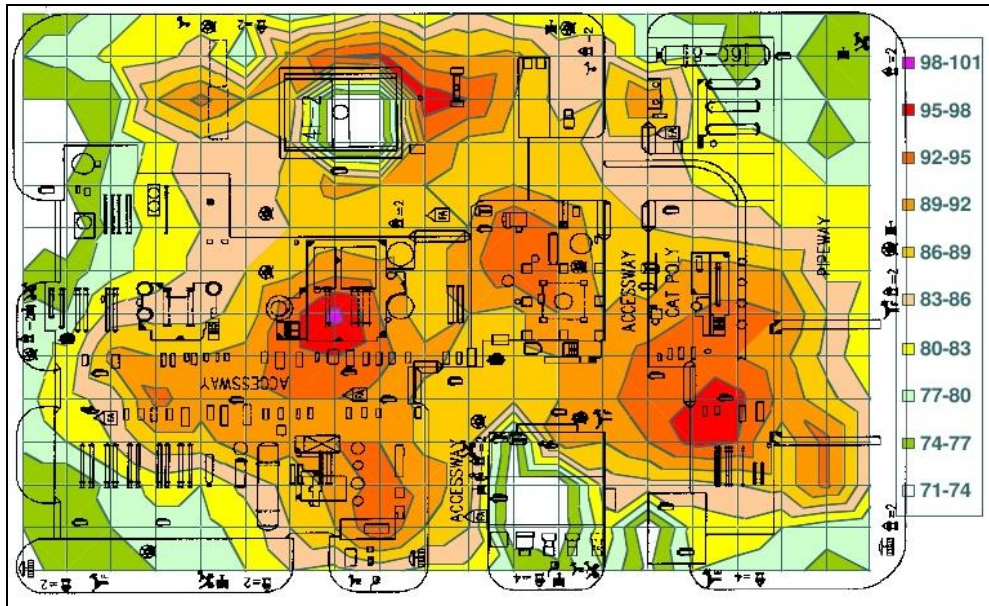
Gürültünün iletilme yolunun değiştirilmesiyle de titreşimlerin iletimi engellenebilir. Yüzer döşeme uygulaması, kaide planlanması (Şekil 3.9) titreşimin geçişini azaltan esnek gereç uygulaması (Resim 2.2), strüktürde devamsızlık oluşturulması gibi değişik yollarla sesin iletim yolu değiştirilmiş olur. Sönümleyici esnek gereç uygulanırken yalıtım pedleri, elastomerler, çelik esaslı gereçler ve pnömatik düzeneklerler kullanılır. Sönümleme sayesinde titreşimler ve ses enerjisi, sürtünme yoluyla ısıya dönüştürülür, böylece ortamdaki gürültü seviyesi azaltılmış olur.



Şekil 3.9. Titreşim sönümleyici kaide detayı (izocam.com.tr)

3.3. Endüstri Binalarında Gürültü Kontrol Aracı Olarak Gürültü Haritalama

Gürültü haritası, çevredeki ses basınç düzeylerinin fiziksel çevre koşullarına göre değişimlerinin plan üzerinde gösterilmesidir. Gürültü haritalama, akustik konfor koşullarının ulusal-uluslararası mevzuatlar çerçevesinde değerlendirilmesine olanak sağlar. Kentlerdeki hastane, okul gibi gürültüye hassas yapı tiplerinde maruz kalınan gürültünün saptanması ve gerekli önlemlerin alınması amacıyla hazırlanır. Ayrıca yeni inşa edilecek bir yapının çevresindeki gürültü seviyeleri bulunup, yansıtıcılık ve kırıcılığın etkisiyle her cephede farklılaşan gürültü düzeyleri elde edilebilir. Gürültü haritalamada sıkça kullanılan yöntemlerde haritalanacak alanda gridleme yapıp düğüm noktadaki gürültü seviyeleri hesaplama veya ölçüm yöntemleriyle tespit edilir. Eş gürültü seviyesine sahip noktalar birleştirilerek eş gürültü eğrileri oluşturulur. Eğrilerin arasının ISO 1996/2 standardında verilen yöntemle renklendirilmesi ve fiziksel çevre verileriyle birleştirilmesiyle gürültü haritası elde edilmiş olur. Grid boyutları, yani düğüm noktaları arasındaki uzaklığın az olması doğru veriler elde edilmesini sağlar. Günümüzde haritalama faaliyetleri bilgisayar modelleri yardımıyla gerçekleştirilmektedir.



Harita 3.2. Microsoft Powerpoint kullanılarak oluşturulmuş gürültü haritası (Rhodes, 2012)

Bir atölyede, gridler kullanılarak microsoft powerpoint yardımıyla gürültü kontur haritası (noise contour map) oluşturulmuştur (Harita 3.2). Böylece üretim alanında, işitsel açıdan riskli alanlar belirlenmiştir.

3.3.1. Stratejik Gürültü Haritaları

Stratejik gürültü haritaları; bir çevredeki farklı birçok gürültü kaynağının toplam etkisini ortaya koymak için oluşturulur. Çevredeki karayolları, demiryolları, havayolları, sanayi tesisleri, eğlence yerleri ve diğer faaliyetlerden kaynaklanan gürültü düzeylerinin belirlenmesini sağlarlar (Harita 3.3). Avrupa komisyonu yılında hazırlanmış tarafından 2002 /49/EC sayılı Çevresel Gürültü Yönetimi Hakkında Avrupa Birliği Direktifi'nde gürültü haritalama standartlaştırılmıştır. Çevresel gürültünün haritalanması için altyapı oluşturacak gürültü ölçüm koşulları, ölçüm parametreleri, referans ölçüm süreleri belirlenmiş, gürültü ölçütleri tanımlanmıştır. Direktife göre stratejik gürültü haritalamanın amaçları şunlardır:

- Oluşturulması planlanan gürültü politikaları için stratejik gürültü düzeylerini belirlemek.
- Topluma ve yöneticilere gürültü düzeyleri konusunda veri sağlamak,
- Eylem planlarının veriler doğrultusunda geliştirilmesini sağlamaktır (Kurra, 2009).



Harita 3.3. Dublin şehrinin gece zaman dilimi için hazırlanmış stratejik gürültü haritası (Murphy ve King, 2011)

Gürültü haritalama ve eylem planı oluşturma; Çevresel Gürültü Yönetimi Hakkında Avrupa Birliği Direktifine paralel olarak hazırlanıp, 1 Temmuz 2005'te yürürlüğe giren, 7 Mart 2008, 4 Haziran 2010 ve 27 Nisan 2011'de revize edilen Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde zorunlu hale gelmiştir (Özçetin, 2016). Eylem planları stratejik gürültü haritaları hazırlandıktan sonra; yüksek düzeyli gürültüye maruz kalan gürültüye hassas nitelikteki yapıların ve kişi sayısının belirlenmesini, akustik planlamaya yönelik tedbirleri, bu tedbirlerin uygulanabilmesi için gerekli zaman ve maddi giderlerin değerlendirilmesini içerir. Yapılan gürültü haritalama çalışmaları her beş yılda bir revize edilmelidir (Demirel ve Özçetin, 2018).

Çizelge 3.2. Gürültü haritaları ve eylem planlarının hazırlanmasından sorumlu kuruluşlar

İşlem	Sorumluluk Alanı	Çevresel Gürültü Kaynağı	Sorumlu Kuruluş
Gürültü Haritaları	Belediye Sınırları ve Mücavir Alan İçinde	Demiryolları	Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı
		Havaalanları	
		Karayolları	Belediyeler
		Endüstri tesisleri ve diğer küçük tesisler, limanlar ve eğlence yerleri, yerüstünden geçen metro ve tramvay yolları	
	Belediye Sınırları ve Mücavir Alan Dışında	Ana Demiryolları	Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme bakanlığı
		Ana Havaalanları	
		Ana Karayolları	
		Ana ulaşım kaynaklarına yakın olan; limanlar ve sanayi tesisleri	İl Özel İdareleri
Eylem Planları	Belediye Sınırları ve Mücavir Alan İçinde		Belediyeler
	Belediye Sınırları ve Mücavir Alan Dışında		İl Özel İdareleri

Belediye sınırları ve mücavir alan içinde, endüstriyel tesisler, eğlence yerleri, küçük fabrikalar, tramvaylar, yerüstü metro hatları ve karayollarının gürültü haritalarının hazırlanması işi belediyelerce, havaalanları ve karayollarının gürültü haritalarının hazırlanması Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığınca yürütülür (Çizelge 3.2). Belediye sınırları ve mücavir alan içindeki bölgelerin eylem planları hazırlamakla belediyeler yükümlüdür. İl Özel İdareleri ise; belediye sınırları ve mücavir alan dışındaki,

ana havaalanı, ana demiryolu, ana karayolu ve yakınındaki limanlar ve endüstri alanlarının gürültü haritalarını hazırlamak ve gerekli eylem planlarını yapmakla yükümlüdür (Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 2010).

Ayrıca gürültü haritaları ve eylem planları, imar planlama çalışmalarına önemli bir girdi oluşturur. “İmar planları, varsa stratejik gürültü haritaları ve eylem planları dikkate alınarak hazırlanır ve planlarda bu konuda gerekli tedbirler alınır” (Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği, 2014).

3.3.2. Kent ve Bina Planlamada Gürültü Haritaları

Kent, bölge ve bina planlama aşamalarında gürültü haritaları tasarıma birçok değerli girdi sağlar. Kentleri planlama çalışmaları sırasında gürültü maruziyetinin en aza indirilmesi resmi makamlarca güvence altına alınmalıdır. Bu nedenle şehir plancıları, mimarlar, akustik uzmanları, yerel yönetimler ve trafik planlayıcıların ortaklaşa çalışmasıyla başarılı sonuçlara ulaşılabilir.

İnşa edilecek yapıların uygun yükseklik ve doğru yönlendirme ile planlanmaları, gürültüye az hassas yapı gruplarının tampon bölgelerde konumlandırılmalarıyla uzun vadede konforlu şehirler düzenlenebilir. Ana ulaşım arterleri ve organize sanayi bölgeleri, gürültüye karşı hassas olan hastaneler, okullar, yerleşim yerleri gibi alanlardan uzakta planlanmalıdır. Benzer seviyelerde gürültü üreten alanların bir araya getirilmesi yani gürültü zonlarına ayırma, veya fiziksel çevre elemanlarının perdeleme etkisinden yararlanılması şehir ölçeğinde gürültü kontrol stratejileridir. Bu ölçekte stratejilerin sonuçlarının hesaplanabilmesi gürültü haritalarıyla mümkündür.

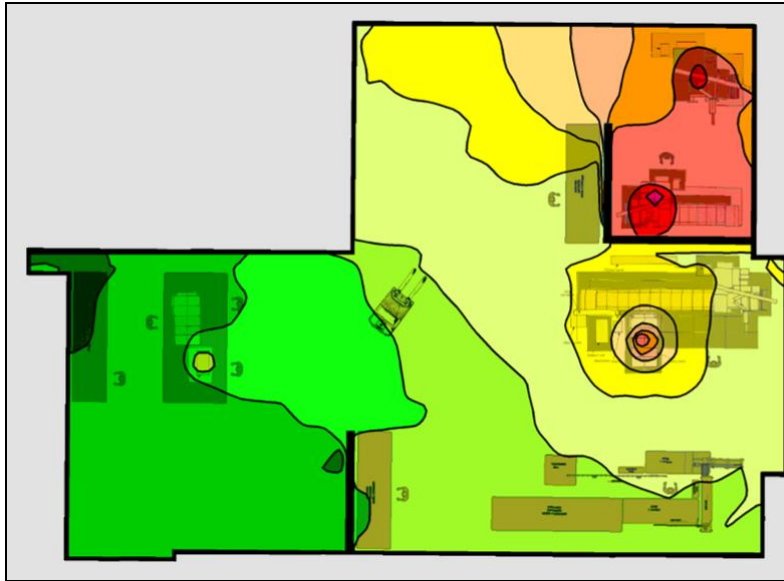
Avrupa Birliği uyum süreci kapsamında yayınlanan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre çevre gürültüsü haritaları ve stratejik gürültü haritaları hazırlanması gerekmektedir. Çevre gürültüsü haritaları; belirli bir gürültü kaynağının ortaya çıkardığı veya ortaya çıkarması öngörülen gürültüyü belirlemek ve buna göre etkilenen nüfusu ortaya koymak, limitlerin aşıldığı alanları görmek amacıyla oluşturulur (Kurra, 2009).

Gürültüye verilen tepki günün zaman dilimine göre değişiklik göstermektedir. Gürültü haritalamada bilimsel araştırmalarla belirlenen L_{gag} , $L_{gündüz}$, L_{gece} , $L_{akşam}$ gibi gürültü

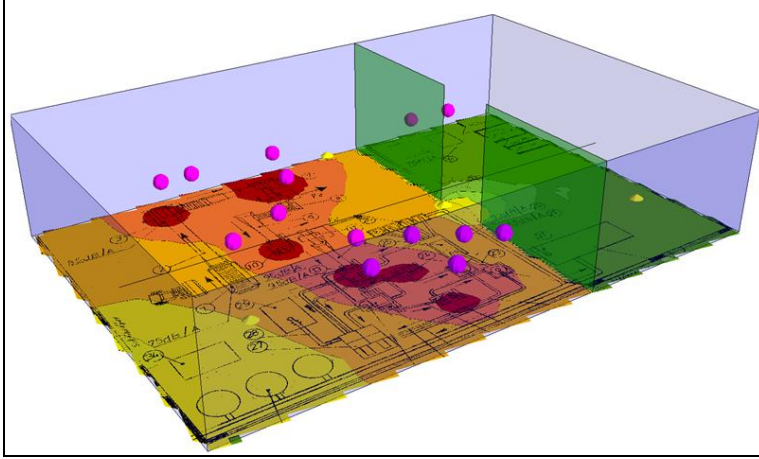
göstergeleri kullanılır. Yılın gece sürelerine göre hesaplanan, gürültüden gece duyulan rahatsızlığı ifade etmede kullanılan etkilendirme seviyesi gece eşdeğer gürültü seviyesi L_{gece} 'dir. Gündüz süresince duyulan rahatsızlık için kullanılan gündüz eşdeğer gürültü seviyesi $L_{gündüz}$, akşam zaman diliminin tamamına göre belirlenen değer ise $L_{akşam}$ gürültü seviyesidir. L_{gag} (gündüz, akşam, gece eşdeğer gürültü seviyeleri) günün 24 saatini içeren ölçümlerde gürültüye hassas olunan saatlerdeki eşdeğer gürültü düzeylerinin zaman ağırlıklı ortalamasıyla hesaplanır.

3.3.3. Bina İçi Gürültü Haritalama ve İşyeri Gürültü Haritaları

Farklı kaynaklardan yayılan, rahatsızlık veren ses dalgaları gürültü olarak adlandırılır. Uzun süre yüksek seviyede gürültüye maruz kalmanın genel sağlık ve esenliği olumsuz yönde etkilediği, iş verimini azalttığı bilinmektedir. Üretim hacimlerinde ve yapılardaki makine dairelerinden yayılan gürültüyü gözlemleme ve denetlemek amacıyla gürültü haritalama tekniği sıklıkla kullanılır (Şekil 3.10). Gürültü haritaları sayesinde, gürültünün hacim içindeki dağılımı ve gürültü sınır değerlerinin aşıldığı alanlar belirlenmektedir. Özellikle endüstriyel üretim yapılan tesislerde iş sağlığı ve güvenliği, iş hijyeni kapsamında gürültü haritalama çalışmaları uzun yıllardır yapılmalıdır. Ancak bu amaçla gürültünün haritalanmasında kullanılacak yöntemin tarifi olduğu özel bir standart mevcut değildir.



Harita 3.4. Binanın içindeki gürültü dağılımını gözlemlemek üzere oluşturulmuş gürültü haritası (Soundplan.eu)



Şekil 3.10. Gürültü haritası ve kat planının 3 boyutlu kombinasyonu (Soundplan.eu)

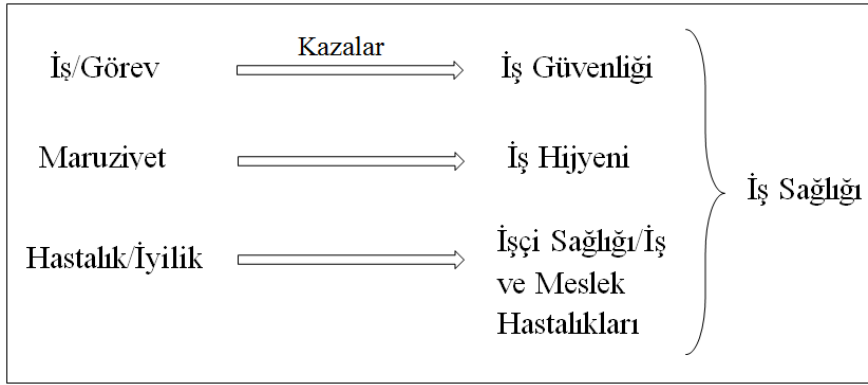
Tesis içi gürültü haritaları sayesinde çalışanların maruz kaldığı gürültü düzeyi, komşu hacimlere iletilen sesi, için ve tesisin dışına yayılan gürültü düzeyleri hesaplanabilir (Kurra, 2009).

Endüstri binalarında tesis içi gürültü haritalarının oluşturulabilmesi için şu veriler temel alınır;

- Binanın mimari özellikleri
- Binanın içindeki gürültü kaynaklarının ve donatı elemanlarının yerleri
- Gürültü kaynaklarının yönelim özellikleri, ses güçleri ve spektrumları
- İç mekândaki malzemelerin ses yalıtım değerleri, yansıtıcılık özellikleri.

Bir üretim alanı için oluşturulan gürültü haritası sayesinde; sınır değerlerin aşılıp aşılmadığı kontrol edilebilir, yüksek gürültüye maruz kalan işçi sayısı tespit edilebilir, risk altındaki alanlar belirlenebilir, doğru ve efektif koruyucuların kullanılması sağlanabilir (Harita 3.4). Oldukça basit bir gösterimle çalışanlar hangi işlem sırasında ne derece gürültüye maruz kaldıkları konusunda bilgilendirilebilir. Türkiye’de iş yerlerinde gürültüye maruz kalma genellikle iş sağlığı ve güvenliği kapsamında değerlendirilmektedir.

Halk sağlığı biliminin bir dalı olan “İş Hijyeni” kapsamında, uzun yıllardır işyerlerindeki gürültü haritalanmaktadır. Endüstriyel iş hijyeni, iş ve işçi sağlığı başlığı altında ele alınır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. İş sağlığı temel alanları (Demiral, 2017)

İş hijyeni, çalışanların yaralanmasına, hastalanmasına sebebiyet verecek, stres ve verimsizlik yaratan çevresel şartları önceden tanımlama, maruziyeti belirleme, değerlendirme ve kontrol etme bilimidir.

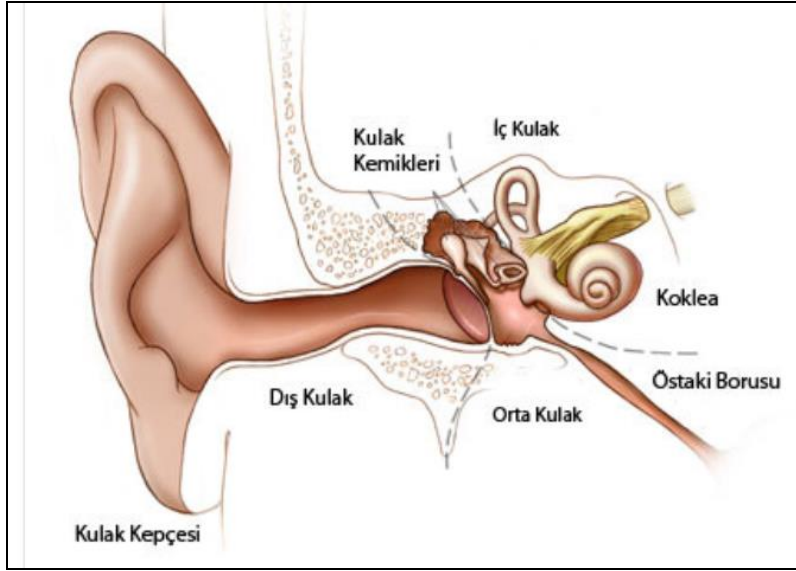
3.4. Endüstriyel Gürültünün Çalışanlar Üzerindeki Etkileri

Sanayileşmenin olumlu sonuçları; ekonomik, politik gelişim ve toplumdaki refah düzeyinin artışıdır. Buna karşın sanayileşme, çevre ve işçi sağlığı sorunlarını beraberinde getirmektedir. En yaygın görülen sorunlardan biri gürültüdür. Bu bölümün amacı, kulağın yapısı ve sesin algılanmasının temel mekanizmasına değinmek, çalışma ortamında maruz kalınan yüksek düzeyli gürültülerin çalışanlar üzerindeki etkilerini açıklamaktır.

Kulağın Yapısı ve İşitme Fizyolojisi

İnsan kulağı, dış kulak, orta kulak ve iç kulak olmak üzere üç bölümden oluşur. Dış kulak kanalı ve kulak kepçesinden oluşan dış kulak, kulak zarı ile sonlanır (Şekil 3.12). Duş kulak, seslerin kulak zarına iletilmesiyle görevlidir. Orta kulak; kulak zarı ile başlar. Çekiç, örs ve üzengi kemikleri ve orta kulağın basıncını dış kulakla eşitleyen östaki borusu bulunur. Birbirine bağlı olan kulak kemikleri kulak zarının titreşimlerini iç kulakta bulunan kokleanın oval pencere bölümüne iletimini sağlarlar. İç kulak, spiral şekilli koklea ve buna bağlı yarım daire kanallarından oluşur, yuvarlak ve oval pencereler yolu ile orta kulağa bağlanır. Yarım daire kanalları dengeyi sağlamakla görevlidirler. Koklea, salyangoz biçimindedir. Mekanik titreşimleri elektrik sinyallerine çeviren korti organını içerir. Korti organında çok sayıda duyarlı tüy hücresi bulunur. Tüy hücreleri birleşerek sinir liflerini ve

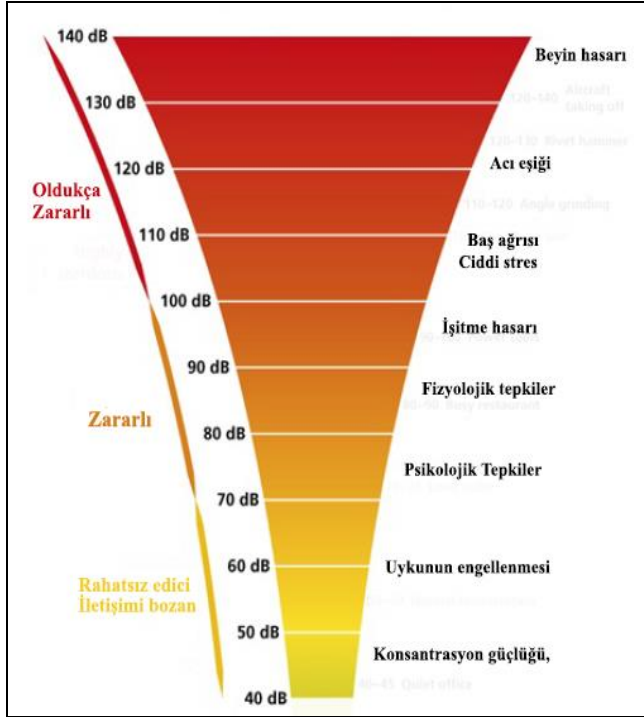
sinir lifleri birleşerek işitme sinirlerini oluşturur. Korti organı tarafından üretilen sinyalleri işitme sinirleri tarafından beyne iletilir. Yüksek düzeyli gürültüden etkilenerek işitme kayıplarına neden olan organ kortidir (Özgüven, 2008).



Şekil 3.12. Kulağın yapısı (www.erkanaktan.com)

Kulak kepçesinde toplanan ses, kulak yolu ve kulak zarına iletilir. Kulak zarına ulaşan ses, kulak kemikleri aracılığıyla oval pencereye yönlendirilir, buradan kokleaya iletilir. Korti organındaki tüylü hücreler titreşimleri elektriksel enerjiye çevirerek işitme sinirlerine iletir. Elektriksel gerilimler beyne gönderilir, beyindeki işitme merkezinde ses olarak algılanır (Kurra, 2009).

Bireylerin sese duyarlılıkları yaş, cinsiyet, dâhil olunan toplumsal yapı, eğitim düzeyi gibi çeşitli etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Ancak gerekli önlemlerin alınabilmesi adına bilimsel araştırmalar sonucu, A ağırlıklı ses basınç düzeyindeki değişimlere göre gürültünün olumsuz etkileri belirlenmiştir. Gürültü düzeylerine bağlı olarak ortaya çıkan olumsuz etkiler şekilde görülmektedir.



Şekil 3.13. Gürültü seviyesine göre verilen tepkiler (www.iosh.co.uk)

Ortamdaki gürültü düzeyinin 0-40 dB arasında olması genel konfor koşullarına uygun olarak kabul edilir. 40-65 dB sınırları içinde konsantrasyon güçlüğü, rahatsızlık ve uykuya dalmada güçlük görülür. 65 ila 90 dB gürültüye maruz kalındığında çeşitli fizyolojik ve psikolojik sorunlar ortaya çıkar. 8 saat sürekli 90 dB gürültüye maruz kalındığında işitme hasarı meydana gelir. 90-120 dB gürültüye maruz kalındığı takdirde kan basıncının artması, baş ağrısı, mide bulantısı gibi ciddi fizyolojik etkiler görülür. Düzeyi 120 desibelden büyük gürültü, iç kulakta sürekli hasara yol açar, 140 dB seviyelerinde gürültü beyin hasarına neden olur (Şekil 3.13).

Gürültünün etkileri; fiziksel etkiler, fizyolojik etkiler, psikolojik etkiler ve iş performansı üzerindeki etkileri olarak dört grupta incelenebilir.

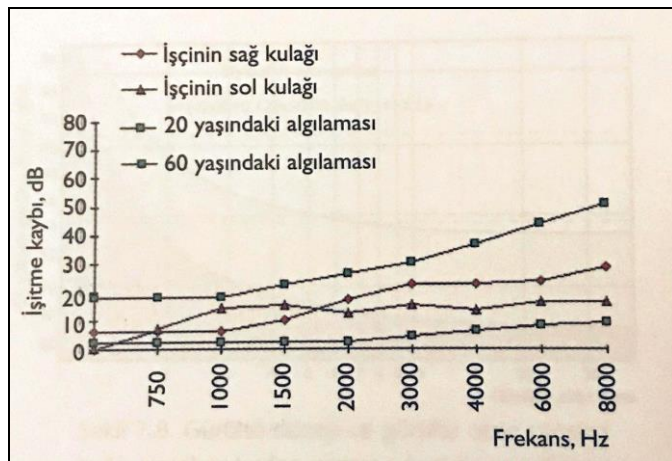
Gürültünün Fiziksel Etkileri

Gürültünün en önemli etkisi işitme duyusunu tahrip etmesidir. Belirli bir süre yüksek düzeyli gürültüye maruz kalındığı durumlarda akustik travma, kulak çınlaması, sürekli veya geçici işitme eşiği kaymaları ortaya çıkar. Gürültünün neden olduğu işitme bozuklukları, özel durumlar dışında genellikle her iki kulakta beraber ortaya çıkar.

Günümüzde gürültüye bağlı işitme kayıpları en sık rastlanan meslek hastalıklarından biridir. ABD'deki NIOSH (Ulusal Mesleki Sağlık ve Güvenlik Enstitüsü) tarafından, gürültüye bağlı işitme kaybı, gelecek yüzyılda ele alınması gereken, 21 öncelikli alandan biri olarak görülmüştür (NIOSH, 2000). Dünya çapında 500 milyon kadar kişinin gürültü kaynaklı işitme kaybı riski taşıdığı tahmin edilmektedir (Sliwinska-Kowalska ve Davis, 2012).

İşitme eşiği yükselmesi, bir sesi duyabilmek için normal kulağa oranla daha yüksek düzeylere ihtiyaç duyulmasıdır. Gürültülü ortamda çalışan kişilerde, yıllar içinde işitme eşiğinin yükseldiği görülür (Şekil 3.14). İşitme kaybı, ISO 8253 standardına göre yapılan odyometrik testlerle ölçülür.

Geçici işitme eşiği yükselmesi: Yüksek düzeyli sesin yol açtığı geçici işitme kaybı, işitmenin kısa süreli olarak bozulmasıdır. Gürültünün süresine ve şiddetine göre işitme eşiği, 10 dakika ila 10 gün arasında normale dönmektedir (Toprak ve Aktürk, 2004). Yapısal bir bozulma değil, moleküler değişiklikler ve kortide protein dengesinde bozukluklar meydana geldiği varsayılmaktadır (Dokur, Madanoğlu, Kesmezacar ve Bakırcı, 2005). Çoğunlukla işitme kaybının beraberinde çınlama ve gürültüye aşırı hassasiyet görülür.



Şekil 3.14. Gürültü sebebiyle işitme düzeyinin frekansa bağlı değişimi (Kurra, 2009)

Kalıcı işitme eşiği yükselmesi: Yüksek şiddetli gürültünün devamlı olması halinde iç kulaktaki dinlenemeyen hücrelerde uzun vadede bozulmalar meydana gelmekte ve kalıcı işitme kaybı gelişmektedir. İşitme kaybı kalıcı hale geldikten sonra tedavi edilemez.

Akustik travma: Yüksek düzeyli gürültüye bir veya birkaç kez maruz kalınması nedeniyle çoğunlukla 3000-6000 Hz'de geçici eşik sapması olmaksızın, kalıcı eşik sapması görülmesi akustik travma olarak adlandırılır. Kulak zarı delinebilir, korti organında mekanik hasar söz konusudur (Dokur ve diğerleri, 2005). Akustik travma yaratacak ses düzeyi 120-130 dB civarındadır. Gürültüye bağlı işitme kayıplarını arttıran faktörler: yaş, duyarlılık, kullanılan bazı ilaçlar ve kimyasallar, sigara kullanımı, gürültüyle beraber titreşim maruziyeti ve gürültünün niteliğidir (Dokur ve diğerleri, 2005).

Gürültünün Fizyolojik Etkileri

Ani görülen başlıca fizyolojik etkiler; kas gerilmeleri, solunumun hızlanması, stres, kalp atışının hızlanması, göz bebeğinin büyümesi ve kan damarlarının çapında değişikliklerdir. Gürültü maruziyetinin orta ve uzun vadedeki sonuçları çok çeşitlidir. Uzun süreli maruziyet sonucunda vücudun enfeksiyonlara karşı direnci azalmaktadır (Kurra, 2009). Yüksek ses, damarlarda kan akışına olan direncin artmasına neden olarak hipertansiyona sebep olur.

İnsan kulağının duyabildiği frekans aralığı 20–20000 Hz'dir. Bu frekans değerlerinin dışında kalan sesler insanlar tarafından duyulamazlar, ancak huzursuzluk, bulantı, baş ağrısı, gibi çeşitli etkilere neden olabilmektedirler. Yüksek şiddette endüstriyel gürültüye maruz kalma sonucunda kandaki artan plazma lipidlerinin, kardiovasküler hastalıklar açısından risk faktörü olabileceği belirlenmiştir. Küçük kan damarlarında alyuvarlar toplanması sonucu damarlar spazm ile kasılır. Böylece, gürültü kanın koyulaşmasına ve pıhtılaşmaya sebep olarak kalp krizi için riski oluşturabilir (Belgin ve Çalışkan, 2004).

Gürültü nedeniyle yetersiz ışıktaki görmenin olumsuz etkilendiği ve renk görüşünün azaldığı bilinmektedir. Ayrıca bireylerin mesafe değerlendirme yetenekleri üzerinde olumsuz etkileri olduğu, bu nedenle makineleri el duyarlılığı ve mesafe kontrolüyle devamlı kontrol eden çalışanların etkilendiği bilinmektedir.

Gürültünün metabolizmada neden olduğu değişikliklerin hücre hasarına neden olduğu ve karaciğer enzimlerinde artışa yol açtığı tespit edilmiştir. Gürültüye maruz kalan bireylerde karaciğer hastalıklarının tespitinde kullanılan enzim düzeylerinin, gürültüye maruz kalmayanlara oranla daha yüksek bulunduğu belirlenmiştir.

Hamilelik döneminde gürültüye maruz bırakılan deneklerin ölü doğum oranının arttığı, döllenme dönemindeki etkilerinin de ölü doğumlara neden olduğu araştırmalarla ortaya konmuştur. Yapılan çalışmalarda çeşitli nörolojik bozukluğu olan hastaların gürültülü ortamlarda Beyin Elektro Grafiği (EEG) dalgalarının normalden çok daha fazla saptığı görülmektedir (Toprak ve Aktürk, 2004).

Gürültünün Psikolojik Etkileri

Ortamda gürültü seviyesi yüksekse, psikolojik etkilenme de söz konusudur. Bu etkilerin başlıcaları; yorgunluk, rahatsızlık, aşırı tepki ve davranışlar, gerginlik, hoşgörünün azalması, uykusuzluk, iletişimin bozulması ve öğrenme güçlüğüdür. Gürültünün neden olduğu stresin mevcut duygusal düzensizliği daha da ağırlaştırdığı bilinmektedir (Kurra, 2009).

Gürültünün İş Performansı Üzerindeki Etkiler

Gürültü sınır değerleri aşıldığında yorgunluk ortaya çıktığı ve zihinsel faaliyetlerin yavaşladığı gözlenmektedir. Ani gürültülerin sebep olduğu irkilmeler ve sesli ikaz işaretlerinin duyulamaması nedeniyle iş kazaları meydana gelebilmektedir. Çalışma ortamındaki yüksek düzeyli, ani veya kesikli gürültüler iş verimini etkilemekte, işin zamanında ve hatasız yapılmasını engellemektedir. Dikkat gerektiren işlerde dikkatin dağılması ve algılama zamanının uzaması bu sebeple iş hızının ve kalitesinin etkilenmesi söz konusudur. Çalışma ortamında alçak frekanslı seslerin yüksek frekanslı sesleri maskeleymesi sonucu, çalışanlar arasında dinleme ve anlama güçlüğü ortaya çıkar. Yüksek düzeyli sürekli gürültüler, bireylerin daha yüksek sesle daha fazla enerji harcayarak konuşmasını gerektirdiği için konuşan kişiyi yorar.

4. ENDÜSTRİ BİNALARINDA GÜRÜLTÜ İLE İLGİLİ YASAL DÜZENLEMELER VE PERFORMANS KRİTERLERİ

Endüstri binaları, çevresel gürültü kaynağı olarak uzun zamandır ele alınan ve yasal düzenlemelerde ayrıntılı bir şekilde yer verilen bir problemdir. Bu bölümde, endüstri binalarından çevreye yayılan gürültüye, hacim içi gürültü sınır değerlerine ve sağlanması gereken mekânlar arası yalıtım değerlerine ilişkin yasal düzenlemeler incelenmiştir.

4.1. Endüstri Binalarının Neden Olduğu Çevresel Gürültüye Dair Yasal Düzenlemeler

Bu bölümde, Çevre Kanunu ve Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde yer verilen, endüstriyel tesislere ilişkin çevresel gürültü ölçütleri incelenmiştir.

Çevre Kanunu (1983)

2872 sayılı Çevre Kanununun 14. Maddesine göre, kişilerin sağlık ve huzurunu bozacak biçimde, ilgili yönetmeliklerde izin verilen değer üzerinde gürültü ve titreşim ortaya çıkması yasaktır. Endüstriyel tesis, atölye, işyerlerinden kaynaklanan gürültü ve titreşimlerin belirlenen sınırlara indirilmesi için işletme sahipleri tarafından, gerekli tedbirler alınır.

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2005)

Çevre ve Orman Bakanlığınca, AB direktifiyle (2002/49/EC) uyumlu olarak hazırlanmış Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 1 Temmuz 2005 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanmış, 7 Mart 2008, 4 Haziran 2010 ve 27 Nisan 2011'de revize edilmiştir. Bu yönetmelik, maruz kalınan çevresel gürültünün, bireylerin sağlık ve huzurunu bozmaması için esas ve kriterler belirlemek ve bu kriterlerin uygulanmasına yönelik gerekli faaliyetlerin yapılmasını sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

Yönetmeliğin 25. Maddesine göre; endüstriyel tesisler için çevresel gürültü düzeyleri, tesisin bulunduğu çevreye göre $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$ ve L_{gece} cinsinden sınır değerleri aşamaz (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Çevresel gürültü sınır değerleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005)

		L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)
Endüstri Tesisleri İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri	Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin yoğunluklu olduğu alanlar	60	55	50
	Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55
	Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	68	63	58
	Endüstriyel alanlar	70	65	60
İşletme, Tesis ve İş Yerleri İçin Çevresel Gürültü Kriterleri	Çevreye Yayılan Toplam Çevresel Gürültü Seviyesi Sınır Değeri L _{eq}	Arka plan Gürültü Seviyesi + 10 dBA		
	Faaliyet Sonucu Oluşabilecek Darbe Gürültüsü LC _{max}	100 dBC		

Ayrıca yönetmeliğin 22. maddesine göre;

- Gürültüye hassas nitelikteki yapıları etkileyebilecek kadar yakınında faaliyet gösteren endüstri binalarından, hava yoluyla yayılan veya ortak bölme elemanları vasıtasıyla gürültüye hassas kullanımlara iletilen, çevresel gürültü seviyesi, arka plan gürültü seviyesini 5 dBA'dan fazla aşamaz.
- Birçok endüstriyel tesisin arada bulunduğu yerler, organize sanayi bölgesi veya küçük sanayi sitesinden kaynaklanan toplam çevresel gürültü seviyesi, arka plan gürültü seviyesini 7-10 dBA (L_{eq}) aralığından fazla aşamaz.
- Üretim yapılan fabrika, imalathane, atölye gibi tesislerden çevreye yayılan darbe gürültüsü, 100 dBC'yi (LC_{max}) aşamaz.

3.2. Endüstri Binalarında Gürültü Yalıtımına Dair Yasal Düzenlemeler

Bu bölümde, endüstri binalarında cephede ve komşu mekânlar arasında sağlaması gereken, yasal düzenlemelerle belirlenmiş ses yalıtım değerlerine yer verilmiştir. iç mekan gürültü düzeyleri ve hacimlerde bulunan makine ve teknik donanımlardan kaynaklanan gürültü sınır değerlerine yönelik ülkemizde geçerli kuralları içerir.

Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik (2017)

31/5/2017 tarihli ve 30082 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanan, Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik, her türlü yapı, bina, tesis ve işletmelerde kullanıcıların iç mekanda maruz kaldığı çeşitli gürültüleri kontrol önlemlerine ilişkin temel kuralları içerir. Bina inşasında veya mevcut binaların kapsamlı bir tadilattan geçmesi söz konusu olduğunda, yönetmelikteki esaslar göz önüne alınarak gürültüye karşı önlemler alınır. Yönetmelikte ayrıntılı bir biçimde yer verilen proje özelliklerine göre, akustik uzman tarafından akustik proje veya proje müellifi tarafından akustik rapor hazırlanır. Yapı ruhsatı alınmak üzere mimari proje ve tesisat projesi ile birlikte ilgili idareye teslim edilir. Endüstri binalarının barındırdığı mekânların işlevlerine bağlı olarak, bina ölçeğinde gürültü kaynağı olmaları durumunda gürültülülük dereceleri, alıcı olmaları durumunda gürültüye karşı hassasiyetleri Çizelge 4.2’de görülmektedir. Endüstri tesisleri, kaynak olması durumunda yüksek gürültülü, alıcı olması durumunda gürültüye karşı az hassas binalar olarak nitelendirilir.

Çizelge 4.2. Endüstri Binalarında Mekan İşlevlerine Bağlı Hassasiyet/Gürültülülük Dereceleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

Bina Ölçeğinde		Mekân Ölçeğinde		
Kaynak Olması Durumu	Alıcı Olması Durumu	Mekân	Kaynak Olması Durumu	Alıcı Olması Durumu
YG (Yüksek Düzeyli Gürültü Üretimi)	Gürültüye Karşı Az Hassas	Üretim Alanları	YG	Az Hassas
		Lab-Test Alanları	OG (orta düzeyli gürültü üretimi)	Az Hassas
		Montaj Alanları	OG/YG	Az Hassas
		Hassas Mont.- Ölçüm Alanları	YG	Hassas

Çizelge 4.2. (Devam) Endüstri Binalarında Mekan İşlevlerine Bağlı Hassasiyet/
Gürültülük Dereceleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

Bina Ölçeğinde		Mekân Ölçeğinde		
Kaynak Olması Durumu	Alıcı Olması Durumu	Mekân	Kaynak Olması Durumu	Alıcı Olması Durumu
Yüksek Düzeyli Gürültü Üretimi	Gürültüye Karşı Az Hassas	Personel Ofis-Dinlenme Odaları	Orta düzeyli gürültü üretimi	Hassas
		Kontrol Odaları	Orta düzeyli gürültü üretimi	Az Hassas
		Sağlık Odaları	Düşük düzeyli gürültü üretimi	Hassas

Yönetmelikte, binanın tümü veya içindeki bağımsız birimler için; yapı elemanlarının yalıtım değerlerinin, iç gürültü düzeylerinin ve reverberasyon zamanlarının değerlendirilmesiyle ortaya konulan akustik performans sınıfları belirlenmiştir. Akustik performans sınıfları; en yüksek performans sınıfı A olmak üzere A, B, C, D, E, F şeklinde derecelendirilmiştir. Yeni inşa edilecek binalarda en az C akustik performans sınıfı, mevcut binalarda kullanım amacının değişmesi veya esaslı tadilat bulunması durumunda, etkilenen mekânlarda en az D akustik sınıfı özellikleri sağlanır. Endüstri tesislerinde, dış yapı elemanlarının sağlaması gereken ses yalıtımının hesaplanmasında, önce mekânların gürültüye hassasiyet düzeyleri belirlenir. Ardından Çizelge 4.3'e göre alıcı odanın hassasiyet derecesine göre, cephede sağlanacak en düşük ses yalıtım değeri bulunmalıdır.

Çizelge 4.3. Dış gürültü düzeylerine ve alıcı odası hassasiyet derecesine göre sağlanacak en düşük ses yalıtım değerleri, $D_{nT,A,tr}$, dB (ÇŞB, 2017)

Alıcı Odası Hassasiyet	Akustik Performans Sınıfı					
	A	B	C	D	E	F
Gürültüye Karşı Çok Hassas Bina ve Kullanım	$L_{gag}-14$	$L_{gag}-18$	$L_{gag}-22$	$L_{gag}-26$	$L_{gag}-30$	$L_{gag}-34$
Gürültüye Karşı Hassas Bina ve Kullanım	$L_{gag}-17$	$L_{gag}-21$	$L_{gag}-25$	$L_{gag}-29$	$L_{gag}-33$	$L_{gag}-37$
Gürültüye Karşı Az Hassas Bina ve Kullanım	$L_{gag}-20$	$L_{gag}-24$	$L_{gag}-28$	$L_{gag}-32$	$L_{gag}-36$	$L_{gag}-40$

A, B, C, D sınıfları için bu tablodaki değerlerin yanı sıra, cephenin ses yalıtım değerinin en düşük 30 dB olması kriteri aranır. Endüstri binalarında belirlenen hassasiyet ve gürültülülük derecelerine göre, komşu mekânları ayıran elemanlar için ses yalıtımının hesaplanmasında, mekanların gürültülülük ve gürültüye duyarlılık düzeyleri belirlenir. Mekanların gürültülülük ve duyarlılık düzeyleri belirlendikten sonra Çizelge 4.4 yardımı ile yönetmelikçe sağlanması gereken hava doğuşlu ses yalıtım değeri bulunur. Endüstri tesisleri, yönetmelikte kaynak odası olma durumunda yüksek gürültülü mekânlar olarak nitelendirilmiştir. Yönetmelikte 2018 yılında yapılan değişiklikle, kapı içeren yapı elemanlarında, kapı ile birlikte sağlanan ses yalıtım değerinin belirtilen sınır değerlerden en fazla 14 dB düşük olmasına izin verilir. İzin verilen en yüksek darbe sesi iletim değerini bulmak için, öncelikle mekânların gürültülülük düzeyleri belirlenir. Mekânların gürültülülük ve duyarlılık düzeylerine göre, izin verilen en yüksek darbe sesi iletim değeri Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Alıcı ve kaynak odasına göre sağlanması gereken en düşük hava doğuşlu ses yalıtım değerleri, $D_{nT,A,tr}$, dB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

Kaynak Odası Gürültülülük Derecesi	Alıcı Odası Hassasiyet	Akustik Performans Sınıfı					
		A	B	C	D	E	F
Yüksek Seviye Gürültü (YG) $L_{AF,max} > 75$ dB	Gürültüye Karşı <i>Çok</i> Hassas Bina ve Kullanım	68	64	58	54	50	46
	Gürültüye Karşı <i>Hassas</i> Bina ve Kullanım	65	61	55	51	47	43
	Gürültüye Karşı <i>Az</i> Hassas Bina ve Kullanım	62	58	52	48	44	40

Çizelge 4.5. Kaynak ve alıcı odası özelliklerine göre sağlanacak en yüksek darbe sesi iletim değerleri, $L'_{nT,w}$, dB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

Kaynak Odası Gürültülülük Derecesi	Akustik Performans Sınıfı					
	A	B	C	D	E	F
Yüksek Seviye Gürültü	40	44	48	52	56	60
Orta Seviye Gürültü	46	50	54	58	62	66
Düşük Seviye Gürültü	50	54	58	62	66	70

Akustik performans sınıfına bağılı olarak, endüstri binalarında izin verilen iç gürültü düzeyleri verilmiştir (Çizelge 4.6). Binanın temel işlevine hizmet eden üretim bölümleri ile ilgili sınır değerler BGRKDY’de belirtilmemiştir. Bu değerler için daha özelleşmiş yönetmeliklere başvurulmalıdır.

Çizelge 4.6. Akustik performans sınıfına bağılı izin verilen en yüksek mekan içi gürültü düzeyleri, dB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

Mekan	Zaman Dilimi	İç gürültü düzeyi, L_{Aeq}					
		A	B	C	D	E	F
Laboratuvar Alanları	24 saat	46	50	54	58	62	66
Hassas Montaj ve Ölçüm Alanları	24 saat	41	45	49	53	57	61
Kontrol Odaları	24 saat	51	55	59	63	67	71
Personel-Ofis Dinlenme Odaları	24 saat	36	40	44	48	52	56
Sağlık Odaları	24 saat	31	35	39	43	47	51
Sirkülasyon Alanları	24 saat	41	45	49	53	57	61

Endüstri binalarında, kullanıcılar ve üretim işlemlerinden kaynaklanan gürültülerin yanında, arka plan gürültüsüne dahil edilebilecek ikincil gürültüler ortaya çıkmaktadır. Bunlar, tesisattan, havalandırma veya jeneratör gibi üretime destek veren çeşitli servis ekipmanlarından kaynaklanan gürültülerdir. Endüstri binalarında, tesisattan ve servis ekipmanlarından kaynaklanan iç gürültü için izin verilen değerler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Sürekli gürültü üreten servis ekipmanlarına bağılı izin verilen en yüksek iç gürültü düzeyleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

Mekân	Zaman Dilimi	Servis ekipmanı gürültü düzeyi, $L_{Aeq,nT}$					
		A	B	C	D	E	F
Laboratuvar Alanları	24 saat	42	46	50	54	58	62
Hassas Montaj ve Ölçüm Alanları	24 saat	37	41	45	49	53	57
Kontrol Odaları	24 saat	47	51	55	59	63	67
Personel-Ofis Dinlenme Odaları	24 saat	32	36	40	44	48	52
Sağlık Odaları	24 saat	27	31	35	39	43	47
Sirkülasyon Alanları	Gündüz-Akşam	37	41	45	49	53	57

4.3. Üretim Hacimlerinde İç Mekân Gürültü Düzeyi Sınır Değerlerine İlişkin Ulusal ve Uluslararası Yasal Düzenlemeler

Ortamdaki gürültü düzeyinin bireyler üzerindeki etkilenme derecesi ve gürültünün günlük hayattaki olumsuz etkileri, doz-etki ilkeleri göz önünde bulundurularak tespit edilir. Bu nedenle gürültünün ortamda uzun süre bulunduğu durumlarda yasal düzenlemeler, doz-etki kavramından yararlanılarak oluşturulmuştur. Mevzuatlarda, gürültünün neden olabileceği sağlık sorunlarına karşı, gürültü ile ilgili belli etkilenme düzeyleri belirlenmiştir. Bu bölümde çalışma ortamında maruz kalınan gürültü konusunda farklı ülkelerde geçerli yasal düzenlemeler ve standartlar incelenmiştir. Etkilenme düzeylerinin değerlendirilmesinde kullanılan maruziyet sınır değerleri, tez kapsamında yapılan çalışmalarda, ortamda aşılmaması gereken sınır değer olarak kullanılmıştır.

4.3.1 İç Mekân Gürültü Düzeyi İle İlgili Yönetmelikler

Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmasına Dair Yönetmelik (2003)

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından, 28/7/2013 tarihinde, çalışanların gürültüye maruz kalmaları sonucunda ortaya çıkabilecek risklerden korunmaları için asgari gereklilikleri belirlemek üzere, 2003/10/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifine paralel olarak hazırlanmış olan, 28721 sayılı Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmasına Dair Yönetmelik yayınlanmıştır. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamındaki işyerlerinde uygulanmaktadır. Yönetmeliğin ikinci bölümünde; en düşük ve en yüksek maruziyet eylem değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Gürültüden kaynaklanan risklerin değerlendirilmesi, gürültünün önlenmesi, alınacak korunma tedbirleri ve çalışanların gürültü ile ilgili bilgilendirilmesi alt başlıklarında çeşitli hükümlere yer verilmiştir. İşverenler, gürültünün neden olduğu sağlık sorunları konusunda sorumlu tutulmuşlardır.

Mevzuata göre; maruziyet sınır değeri uygulanırken, çalışanların kullandığı işitme koruyucuların etkisi de dikkate alınır. Üretim hacminde en düşük maruziyet eylem değeri aşıldığında işitme koruyucular ortamda hazır bulundurulmalı, en yüksek maruziyet eylem değeri aşıldığında ise işveren tarafından koruyucuların kullanımı denetlenmelidir. Maruziyet eylem ve sınır değerlerinin aşıldığı iş yerlerinde, çalışanların işitme

koruyucuların önemi ve gürültünün riskleri konusunda bilgilendirilmesi işveren tarafından sağlanır.

Çizelge 4.8. Maruziyet eylem ve maruziyet sınır değerleri (ÇSGB, 2013)

En düşük maruziyet eylem değerleri: ($L_{EX, 8\text{saat}}$)	80 dBA	Ptepe=112 Pa	(135 dBC)
En yüksek maruziyet eylem değerleri: ($L_{EX, 8\text{saat}}$)	85 dB(A)	Ptepe=140 Pa	(137 dBC)
Maruziyet sınır değerleri: ($L_{EX, 8\text{saat}}$)	87 dBA	Ptepe=200 Pa	(140 dBC)

İşveren tarafından sağlanan işitme koruyucu donanımlar, 12/7/2013 tarihli ve 28695 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik ve 29/11/2006 tarihli ve 26361 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği hükümlerine uygun olur. Gürültü maruziyeti hiçbir durumda maruziyet sınır değerini aşamaz. Maruziyet sınır değerinin aşıldığı durumlarda, maruziyetin sınır değerinin altına indirilmesi için işveren gerekli tedbirleri alır, sınırın aşılmasının sebebini belirler, gerekli önlemleri gözden geçirir ve düzenler.

World Health Organization (WHO) Environmental Noise Guidelines for the European Region

Dünya Sağlık Örgütü’nün (WHO) “insanın, fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik durumudur” şeklinde tanımladığı insan sağlığı için önemli bir risk oluşturan endüstriyel gürültü sorunu, sanayileşme sürecinin sonuçlarından biri olarak ortaya çıkmıştır. WHO tarafından yayınlanan Community Noise Guidelines (CNG) yayınında; endüstriyel, ticari alanlar ve trafik gürültüsünün bulunduğu alanlarında, iç ve dış mekanlarda işitme kaybını önlemek adına 24 saatlik zaman dilimi için, yıllık ortalama 70 dBA kadar L_{Aeq} limiti önerilmektedir (WHO, 2018). Çizelge 4.9’da kaynağı ayırt edilmeden, maruz kalınan haftalık gürültü seviyelerine göre hesaplanmış yıllık ortalama maruziyet değerleri görülmektedir.

Örneğin çizelgeye göre; her hafta, günde 8 saat haftada 5 gün 80 dBA gürültüye maruz kalan bir çalışanın yıllık ortalama gürültü maruziyet değeri tabloya göre, 74 dBA olarak belirlenir ve önerilen sınırın üzerindedir. Ancak haftada 1 saat dinlenecek 90 dB düzeyindeki müziğin, insan sağlığı için risk oluşturmayacağı anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.9. Yıllık ortalama gürültüye maruz kalma değerine ulaşmak için kullanılan haftalık süreler (WHO, 2018)

Haftalık Gürültü Maruziyeti	Saatlik Maruz Kalma Seviyesi (L_{Aeq})						
	70	75	80	85	90	95	100
1	48	53	58	63	68	73	78
2	51	56	61	66	71	76	81
4	54	59	64	69	74	79	84
14 (günde 2 saat, haftada 7 gün)	59	64	69	74	79	84	89
28 (günde 4 saat, haftada 7 gün)	62	67	72	77	82	87	92
40 (günde 8 saat, haftada 5 gün)	64	69	74	79	84	89	94
168 (günde 24 saat, haftada 7 gün)	70	75	80	85	90	95	100

2003/10/EC Sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifi

6/2/2003 tarih ve 2003/10/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifinde, çalışanların gürültü maruziyetleri ile ilgili risklere karşı alınması gereken asgari sağlık ve güvenlik önlemleri belirlenmiştir. Üretim süreçleri tasarlanırken ve makineler seçilirken gürültü faktörünün dikkate alınması, tüm teknik donanımların bakımlarının düzenli olarak yapılması, çalışma süreleri ve molaların gürültü maruziyeti göz önüne alınarak düzenlenmesine yer verilmiştir. Hava doğuşlu sesler ve darbe sesleri için gerekli önlemlerin alınması gerekliliği belirtilmiştir. Direktife göre, bu önlemler yeterli olmadığında gerekli kişisel önlemler alınmalıdır. Yönergede, maruziyet sınır değeri ile en düşük ve en yüksek maruziyet eylem değerleri belirlenmiştir.

Çalışanların gürültü maruziyeti ile ilgili sınır değerler şöyledir;

- En düşük maruziyet eylem değeri: $L_{EX, 8h} = 80 \text{ dB(A)}$ veya $(P_{tepe}) = 112 \text{ Pa}$
[135 dB(C) re. 20 μPa]
- En yüksek maruziyet eylem değeri: $L_{EX, 8h} = 85 \text{ dB(A)}$ veya $(P_{tepe}) = 140 \text{ Pa}$
[137 dB(C) re. 20 μPa].
- Maruziyet sınır değeri: $L_{EX, 8h} = 87 \text{ dB(A)}$ veya $(P_{tepe}) = 200 \text{ Pa}$
[140dB(C) re.20 μPa].

Çalışanların gürültü maruziyeti değerlendirilirken, gürültü maruziyeti sınır değeri için işitme koruyucuların ses azaltım etkisi dikkate alınır. Gürültü maruziyeti, en düşük

maruziyet eylem değerini aşıyorsa, işverenler işitme koruyucularını üretim ortamında bulundurmak zorundadır. Eğer en yüksek maruziyet eylem değeri aşılyorsa, işitme koruyucuların çalışanlar tarafından kullanılması zorunludur, İşverenler koruyucuların kullanıldığını denetlemekle yükümlüdür. Gerekli ölçümlerle belirlenen haftalık gürültü maruziyeti, maruziyet sınır değeri olan 87 dB (A) maruziyet değerini aşmamalıdır, eğer aşıyorsa işveren bunun nedenlerinin belirlenmesinden ve gerekli önlemlerin alınmasından sorumludur. Direktifte yer verilen bilgilere göre, çalışanların maruz kaldığı gürültü seviyesine göre alınacak önlemler sırasıyla verilmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifine göre çalışanların maruz kaldığı gürültü seviyesine göre alınacak önlemler (AB, 2003)

Gürültüden Korunma Önlemi	Gürültü Düzeyi
Çalışanlar eğitilmelidir, işitme koruyucular hazır bulundurulmalıdır.	80 dBA
İşitme koruyucuların kullanımı zorunludur, uyarıcı işaretler bulunmalıdır.	85 dBA
Gürültü azaltmaya yönelik önlemleri alınmalıdır.	85 dBA
İşitme koruyucuların etkisi göz önüne alınarak, sınır değeri aşılmamalıdır.	87 dBA

ABD (Occupational Safety & Health Standards)

ABD Çalışma bakanlığına bağlı OSHA (Occupational Safety And Health Administration) tarafından yayınlanan işyeri gürültü mevzuatında, etkilenme süresine bağlı izin verilen gürültü düzeyleri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. ABD mevzuatına göre gürültü düzeyine bağlı izin verilen çalışma süreleri (OSHA, 1983)

Gürültü Düzeyi (dBA)	Gürültüde kalma süresi (saat/gün)
90	8 s
95	4 s
100	2 s
105	1 s
110	30 dakika
115	15dakika
Darbe gürültüsü 140 dBA’yı aşamaz	

Mevzuata göre; çalışanlar 8 saatlik saatlik ölçümde, 85 desibel eşdeğer gürültü düzeyine eşit veya daha fazla gürültüye maruz kaldığında, işveren tarafından kişisel işitme koruyucular bulundurulmalı, gürültü maruziyeti izlenmeli, gerekli işitme testleri yaptırılmalı ve çalışanlar gürültüye maruz kalmanın riskleri konusunda eğitilmelidir. Üretim ortamındaki havada yayılan gürültü; eşdeğer gürültü seviyesi cinsinden 115 dBA'yı, darbe gürültüsü ise 140 dBC'yi geçmemelidir.

Şili (Decree 594: Basic Health and Environmental Conditions in the Workplace)

1999 yılında Şili Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı (Ministerio de Salud) tarafından yayınlanan standartta çalışanların, 8 saatlik çalışma süresi için, gürültü maruziyet eylem değeri 82 dBA olarak belirlenmiştir. Bu değer aşıldığında odyometrik testlerin yaptırılması, işitme koruma programı uygulanması ve çalışma şartlarının araştırılması gerekmektedir. Standartta belirtilen etkilenme süresine bağlı izin verilen gürültü düzeyleri Çizelge 4.12'de görülmektedir. Standarda göre, işitme koruyucular kullanılmıyorsa, 115 dBA seviyesindeki gürültüye maruz kalmaya izin verilmez. Darbe gürültüsü için 135 dBC eylem değeri belirlenmiştir. Ortamda darbe gürültüsünün eylem değerine ulaştığı takdirde gerekli önlemlerin alınacağı, çalışanlar hiçbir koşulda 140 dBC darbe gürültüsüne maruz bırakılamayacağı belirtilmiştir (Arenas ve Suter, 2014).

Çizelge 4.12 Şili mevzuatında göre gürültü düzeyine bağlı izin verilen çalışma süreleri (Arenas ve Suter, 2014)

Gürültü Düzeyi (dBA)	Gürültüde kalma süresi (saat/gün)
85	8 s
88	4 s
91	2 s
94	1 s
97	30 dakika
100	15dakika

Meksika (NOM-011-STPS-2001: Safety and Hygiene Conditions in the Workplace Where noise is Generated)

2001'de yayınlanan NOM-011-STPS standardına göre, çalışanların 8 saatlik vardiya süresi boyunca maruz kaldıkları gürültü 85 dBA (L_{eq}) değerine ulaştığında işitme koruma

programı uygulanır, maruziyet 90 dBA ise gürültü kontrol tedbirleri alınır. Ve çalışanların gürültüye maruz kalmaları Çizelge 4.13'deki gibi sınırlandırılır. Çalışanlar, eğer işitme koruyucular kullanılmıyorsa, 105 dBA'dan fazla gürültüye kesinlikle maruz bırakılamaz.

Çizelge 4.13. Meksika mevzuatına göre gürültü düzeyine bağlı izin verilen çalışma süreleri (Mexico Secretary of Labour and Social Security, 2001)

Gürültü Düzeyi (dBA)	Gürültüde kalma süresi (saat/gün)
90	8 s
93	4 s
96	2 s
99	1 s
102	30 dakika
105	15dakika

Kanada (Noise - Occupational Exposure Limits in Canada)

Endüstri tesislerinde çalışanların gürültüye maruz kalmasıyla ilgili SOR/86-304 numaralı ulusal standart geçerlidir. On eyalet ve üç bölgelerden oluşan Kanada'da her eyaletin ve bölgenin kendi gürültü maruziyet limit değerlerini belirlemesine izin verilmiştir. Bu çalışmada ilgili ulusal standart ele alınmıştır. Standartta göre, 8 saatlik gürültü maruziyeti 84 dBA'yı geçtiğinde düzenli odyometrik testler yapılır, 87 dBA (L_{eq}) değeri aşıldığında mesai sürelerinin sınırlandırılır (Çizelge 4.14).

Standartta darbe gürültüsü için özel bir değer belirtilmemiştir, eyaletlerin birçoğu tarafından en yüksek darbe gürültüsü değerini 140 dBC olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Kanada mevzuatına göre gürültü düzeyine bağlı izin verilen gürültüde kalma süreleri

Gürültü Düzeyi (dBA)	Gürültüde kalma süresi (saat/gün)
87	8 s
90	4 s
93	2 s
96	1 s
99	30 dakika
102	15dakika

Singapur (Workplace Safety and Health Act)

Singapur Çalışma Bakanlığınca 2011 yılında, çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmasına dair hükümleri içeren Workplace Safety and Health Act yayınlanmıştır. Gürültü kontrolü, gürültünün izlenmesi, işitme koruyucu kullanımı, çalışanların eğitilmesi ve gürültü maruziyetinin sınırlandırılmasına dair hükümlerin yer aldığı bölümlerden oluşur. 8 saatlik çalışma günü için, eşdeğer gürültü seviyesi 85 dBA sınırı aşılsa, işitme koruyucuların kullanımı, çalışanların eğitilmesi ve gürültüden kontrolü sağlanır. Ayrıca darbe kaynaklı gürültüler 140 dBC'yi aşamaz. Bir kişi, Çizelge 4.15'te belirtilen sürelerde, belirtilen ses basınç seviyesinin üzerinde gürültüye maruz kalırsa maruziyet sınırı aşılır (www.ilo.org).

Çizelge 4.15. Singapur mevzuatına göre gürültü düzeyine bağlı izin verilen gürültüde kalma süreleri (The Minister for Manpower, 2011)

Gürültü Düzeyi (dBA)	Gürültüde kalma süresi (saat/gün)
82	16 s
85	8 s
88	4 s
91	2 s
94	1 s
97	30 dakika
100	15 dakika
105	5 dakika
111	1 dakika
120	9 saniye
128-129	1 saniye

Avustralya (Work Health and Safety Regulation)

2011 yılında Avustralya'da İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası yürürlüğe girmiştir. Yasada, 8 saatlik vardiya süresi için, gürültü maruziyet sınır değeri 85 dBA ($L_{Aeq,8h}$) ve darbe gürültüsü için 140 dBC (L_{Cpeak}) belirlenmiştir. Yasaya göre, işveren işitme kaybına ilişkin tüm sağlık ve güvenlik risklerini yönetir. Çalışanların gürültü maruziyet sınır değerini geçmemesi, sınır değeri aşıldığında, çalışanların işitme koruyucuları kullanmaları sağlanır. Sağlamadığı durumlarda para cezaları uygulanır. Odyometrik testler, personel işe

başladıktan sonra ilk 3 ay içinde yapılır, her 2 yılda bir düzenli yapılan testlerle işitme sağlığı kontrol edilir.

İngiltere (The Control of Noise at Work Regulations)

2005'te yayınlanan İşyerlerindeki Gürültünün Kontrolü Yönetmeliği (The Control of Noise at Work Regulations) çalışanların gürültüden kaynaklanan risklerden korunmasına ilişkin benzer temel hükümler içeren, 2003/10/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifi'ne dayanmaktadır.

Yönetmelikte;

- En düşük maruziyet eylem değerleri; günlük veya haftalık kişisel gürültü maruziyeti 80 dB(A) ve 135 dB(C),
- En yüksek maruziyet eylem değerleri; günlük veya haftalık kişisel gürültü maruziyeti 85 dBA; ve 137 dB(C),
- Maruziyet sınır değerleri günlük veya haftalık kişisel gürültü maruziyeti 87 dB(A) ve 140 dB(C) verilmiştir.

Maruziyet eylem değerleri, gürültüye yönelik belirli önlemlerin alınması gereken gürültü seviyeleridir. Yönetmelikte, risk değerlendirmesi, gürültü kontrolü, işitme koruyucu kullanımı konularında ayrıntılı bilgilere yer verilmiştir.

Mevzuata göre, eylem ve sınır değerler aşıldığında işveren;

- en az gürültüyü yayan uygun iş ekipmanlarının seçimi,
- gürültüye maruz kalmayı azaltan çalışma yöntemleri belirlenmesi,
- iş istasyonlarının ve dinlenme alanlarının tasarımı sırasında gürültü etkeni göz önünde bulundurulması,
- çalışanların, koruyucu iş ekipmanlarının doğru şekilde kullanmaları konusunda bilgilendirilmelerinin sağlanması,
- teknik kontrol önlemleriyle gürültünün azaltılması,
- iş ekipmanı, iş yeri ve iş yeri sistemlerinin bakımlarını düzenli olarak yaptırmaları,
- gürültüye maruz kalma süresinin ve yoğunluğunun sınırlandırılması,
- yeterli dinlenme süreleri içeren, uygun iş programlarının oluşturulması hususlarında üzerine düşen görevi yapmakla sorumludur.

Hırvatistan (NN 46/2008 Worker Health Law)

2008 yılında Ekonomi, İş ve Girişimcilik Bakanlığı tarafından yayınlanan NN 46/2008 sayılı işçi sağlığı yasasında, 2003/10/EC sayılı AB Direktifinde verilen, tüm Avrupa ülkelerinin kabul ettiği, maruziyet eylem değerleri ve maruziyet sınır değerleri kabul edilmiştir. Yasaya göre, hiçbir koşul altında, çalışanların gürültüye maruz kalmaları, maruziyet sınır değerlerini aşmayacaktır. Alınan önlemlere rağmen, limit değerini aşan maruziyet tespit edilirse, işveren: maruziyeti azaltmak için hemen önlemleri alınır. Aşırı maruziyet nedenlerini tanımlar ve sorunun ortaya çıkmasını önlemek için koruyucu ve önleyici tedbirler sağlar.

Çizelge 4.16. Hırvatistan mevzuatına göre yapılan işe göre izin verilen gürültü seviyeleri (Ministry of Economy, Labor and Entrepreneurship, 2008)

İş Tanımı	İzin verilen en yüksek gürültü seviyeleri, L _{A,eq} dB(A)	
	Arkaplan gürültüsü	Üretimden kaynaklanan gürültü
Odaklanma gerektiren yönetsel işler	45	40
Araştırma, tasarım, iletişim gerektiren zihin odaklı çalışma	50	40
Zorlu ofis işleri, toplantı odaları, doğrudan konuşarak veya telefon ile iletişim	55	45
Ofis işleri, zihinsel işler ve iletişim merkezleri	60	50
Dikkat ve konsantrasyon gerektiren fiziksel işler, zorlu montaj işleri	65	55
Sürekli odaklanma gerektiren fiziksel işler, işitme denetimi gerektiren iş, ses sinyallerine dayalı çalışma	70	60
Konsantrasyon ve dikkat gerektiren daha az zorlu fiziksel işler, temel sistem yönetimi	75	65
Çoğunlukla rutin fiziksel çalışma, ortamında çevreyi dinleyerek ve izleyerek çalışma	80	65

Sanayi kuruluşlarının çok çeşitli alanlarda üretim yaptıkları, üretimin cinsine göre çalışanların farklı konfor ihtiyaçları söz konusu olduğu için Hırvatistan mevzuatında izin verilen en yüksek gürültü seviyeleri, faaliyet gösterilen işin niteliğine göre belirlenmiştir. Mevzuata göre, çalışma ortamında, Çizelge 4.16'da belirtilen gürültü seviyesini aşılmışsa, gürültünün işi engellediği kabul edilir, gürültü kontrol önlemleri alınır.

4.3.2 İç Mekân Gürültü Düzeyi İle İlgili Standartlar

Bu bölümde endüstriyel gürültünün ölçülmesi ve değerlendirilmesi konusunda geçerli standartlara yer verilmiştir

TS EN ISO 9612 - Çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün belirlenmesine ilişkin mühendislik yöntemi: Bu standart, çalışma ortamındaki gürültünün ölçümünde, gürültü maruziyet seviyelerinin hesaplanmasında kullanılan mühendislik yöntemini içerir. Maruz kalınan gürültünün belirlenmesi; iş analizi, ölçüm stratejisinin seçimi, ölçümler, hesaplamalar ve sonuçların sunulması aşamalarından oluşur. Standart, önerdiği iş tabanlı ölçüm, görev tabanlı ölçüm ve tam gün ölçümleri içeren ölçüm stratejilerinden araştırmanın amacına uygun ölçüm stratejisinin seçilmesinde yol gösterir. Bu standarda uygun olarak yapılmış ölçüm çalışmalarının sonuçları, gürültü kontrol tedbirleri için önceliklerin belirlenmesine yardımcı olur.

TS 2607 ISO 1999 - İş yerinde maruz kalınan gürültünün tayini ve bu gürültünün sebep olduğu işitme kaybının tahmini: Bu standart, değişik seviyelerde ve sürelerde maruz kalınan gürültü nedeniyle ortaya çıkan kalıcı işitme kaybının tahmini olarak hesaplanması için kullanılan bir metodu kapsar.

TS ISO 8297- Çoklu gürültü kaynağına sahip sanayi tesislerinde çevredeki ses basınç seviyelerinin değerlendirilmesi için ses güç seviyelerinin tayini: Bu standart; çevresel gürültüye katkısı olan, birden çok gürültü kaynağına sahip sanayi tesislerinde, tesisin toplam ses güç seviyesini tayin etmek için uygun bir mühendislik metodunu belirlemektedir. Bu metot, tesisi çevreleyen kapalı bir yol üzerindeki ses basınç seviyelerinin ölçülmesine dayanmaktadır.

Bu standart kullanarak; alanının geometrik merkezinden, tesisin en büyük boyutunun en az 1,5 katı kadar uzaklıktaki belirli noktalarda, ses basınç seviyesinin hesaplanabilir. Tesis alanı içindeki bütün gürültü kaynaklarının hepsi, tesisin geometrik merkezinde bir tek kaynak olarak değerlendirilir. Böylece tesisin gürültü yayma karakteristiği izlenebilir.

TS 9315 ISO 1996-1 - Çevre gürültüsünün tarifi, ölçülmesi ve değerlendirilmesi - Bölüm 1: Bu standardın genel amacı, farklı kaynaklardan yayılan çevre gürültüsünün tarifi,

ölçülmesi ve değerlendirmesidir. Ayrıca çevresel gürültülerin çeşitli tiplerine uzun süre maruz kalan bir toplumun, potansiyel rahatsızlığının tahmin edilmesinde bir kılavuz görevi görür.

TS ISO 1996-2 - Çevre gürültüsünün tarifi, ölçülmesi ve değerlendirilmesi - Bölüm 2: Bu standart, gürültünün değerlendirilmesi için bir temel oluşturmak amacıyla ses basınç seviyelerinin, doğrudan nasıl ölçülebileceği, ölçme sonuçlarının dış değer kestirimi yoluyla nasıl hesaplanabileceği veya sadece hesaplama ile nasıl tayin edilebileceğine yönelik metodları kapsar. İç veya dış mekân ölçümlerinin hangi koşullar sağlanarak gerçekleştirilebileceğini tarifler.

TS EN ISO 3744 - Gürültü kaynaklarının ses gücü seviyelerinin ve ses enerji seviyelerinin ses basıncı kullanılarak belirlenmesi - Yansıtıcı bir düzlem üzerindeki temel olarak serbest bir alanda uygulanan mühendislik yöntemleri: Bir ses kaynağının ses gücü seviyesinin, iç mekân veya dış ortamda, frekansa bağlı hesaplanması için kullanılan metodu içerir. Standartta makinenin yansıtıcı yüzeylere göre farklı durumlarda (iki yüzeyin kesişiminde bulunması, köşede konumlandırılmış olması) kaynağı çevreleyen bir yüzey üzerinde yapılan ses basıncı ölçümleri yardımıyla hesaplanır. Ölçüm, standartta prizma veya yarım küre biçiminde belirlenmiş ölçüm yüzeyinde bulunan noktalarda yapılır, belli bir hata oranıyla kaynağın ses gücü düzeyi hesaplanır.

Çizelge 4.17 İç mekan gürültü düzeyini değerlendirmede kullanılan standartların sistematize edilmesi

Standart	Kişisel Maruziyet Ölçümü	Ortam Ölçümü	Makinelerin Ses Gücü Düzeyi Ölçümü
TS EN ISO 9612	X		
TS 2607 ISO 1999	X		
TS ISO 8297		X	
TS 9315 ISO 1996-1		X	
TS ISO 1996-2		X	
TS EN ISO 3744			X

4.3.3 Yasal Düzenlemelerce Belirlenmiş Hacim İçi Gürültü Sınır Değerlerinin Karşılaştırılarak Değerlendirilmesi

Endüstri tesislerinde, üretim mekânlarında sağlanması gereken işitsel konfor koşullarına ulaşmak üzere ulusal ve uluslararası mevzuatlar incelenmiştir. İncelenen dokuz ülke mevzuatı, Avrupa, Asya, Avustralya, Kuzey Amerika ve Güney Amerika kıtalarından seçilmiştir. Amerika kıtası ülkeleri ve Singapur mevzuatında gürültüyü değerlendirmede, gürültü düzeyine bağlı izin verilen gürültüde kalma süreleri ve ortamda var olabilecek en yüksek gürültü seviyeleri (L_{max}) belirlendiği görülmüştür. Avrupa ülkeleri ise, 2003/10/EC Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifine yer alan gürültü eylem ve sınır değerlerini kabul etmişlerdir. Geçerli mevzuatlar incelendiğinde; aşıldığında teknik kontrol önlemleri alınmasını gereken ses seviyeleri ve aşıldığında düzenli odyometrik testler yapılması tavsiye edilen gürültü sınır değerleri, ülkelere göre farklılık göstermektedir (Çizelge 4.18). Yalnızca Hırvatistan mevzuatında, yapılan üretime göre farklı konfor şartları belirlendiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. Ülke mevzuatlarında belirlenen hacim içi gürültüyü değerlendirmede kullanılan sınır değerler

Ülke, Yıl	Aşılmaması Gereken Değer $L_{Aeq,8h}$	Ortamda Var Olabilecek En Yüksek Gürültü Değerleri	Aşıldığında Teknik Kontrol Önlemleri Alınması Gereken Değerler	Aşıldığında Odyometrik Test Yapılması Gereken Değer
ABD, 1983	90 dB(A)	115 dB(A) 140 dB(C)	90 dB(A)	85
Avustralya, 2011	85 dB(A)	140 dB(C)	-	85
Hırvatistan, 2016	85 dB(A)	87 dB(A) 140 dB(C)	75-80 dB(A)	-
İngiltere, 2005	85 dB(A)	87 dB(A) 140 dB(C)	85 dB(A)	80 – 85 dB(A)*
Kanada, 2012	87 dB(A)	120 dB(A)	87 dB(A)	84
Meksika, 2001	90 dB(A)	105 dB(A)	90 dB(A)	85
Singapur, 2011	85 dB(A)	140 dB(C)	-	85
Şili, 1999	85 dB(A)	115 dB(A) 140 dB(C)	82 dB(A) 135 B(C)	82
Türkiye, 2013	85 dB(A)	87 dB(A) 140 dB(C)	-	80 – 85 dB(A)*

*85 dB(A) eylem değerlerini aşan gürültüye maruz kalan çalışanlar için, düzenli işitme testleri yaptırılır. Ancak risk değerlendirmesi sonucu riskli olduğu görülen yerlerde, 80 dB(A) değerlerini aşan gürültüye maruz kalan çalışanlar için de işitme testleri yaptırılabilir.

4.4. Endüstri Binalarında Akustik Konfor Koşullarına Yönelik Performans Kriterleri

Endüstri yapılarında gürültü sorununa dair parametreler, literatür ve yasal düzenlemeler incelenerek geçmiş bölümlerde ele alınmıştır. Bu kısımda ise ilgili parametrelere yönelik performans kriterleri oluşturulmuştur (Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20).

Çizelge 4.19. Akustik parametrelere yönelik performans kriterleri

	Akustik Parametreler	Performans Kriterleri
Çevresel Gürültü Kriterleri	Çevreye Yayılan Gürültüye Dair Sınır Değerler, dB(A)	Sanayi bölgelerinde bulunan endüstri binaları için, çevresel gürültü düzeyleri $L_{gündüz} = 70$ dB(A) $L_{akşam} = 65$ dB(A) $L_{gece} = 60$ dB(A) değerlerini aşamaz (ÇGDYY,2010).
Yapı Akustiği Kriterleri	Yapı Kabuğunun Sağlaması Gereken Ses Yalıtım Değeri, $D_{nT,A,tr}$, dB	Yapı kabuğunda en düşük 30 dB yalıtım değeri sağlanması gerekmektedir, gürültüye karşı hassas yapı bölümleri söz konusu ise $L_{gag}-29$ dB*, Az hassas yapı bölümleri için ise $L_{gag}-32$ dB (D sınıfı) yalıtım değeri kriteri sağlanır. (BGKKHY, 2017)
	Komşu Yapı Birimlerini Ayıran Elemanları İçin Sağlanması Gereken Hava Doğuşlu Ses Yalıtım Değerleri, $D_{nT,A,tr}$, dB	Üretim hacmi yüksek gürültülü kaynak odası olarak değerlendirildiğinde, Gürültüye az hassas komşu birimlerle kaynak oda arasında 48 dB* , Gürültüye az hassas komşu birimlerle kaynak oda arasında 51 dB* yalıtım değeri kriteri sağlanır (BGKKHY, 2017).
	Komşu Yapı Birimlerini Ayıran Döşemeler İçin Sağlanması Gereken Darbe Sesi İletim Sınır Değerleri, $L'_{nT,w}^{-1}$, dB	Üretim hacmi yüksek gürültülü kaynak odası olarak değerlendirildiğinde, Komşu birimlerle kaynak oda arasında en fazla 52 dB* darbe sesi iletim değerine izin verilir (BGKKHY, 2017).
Hacim Akustiği Kriterleri	İç Gürültü Düzeyleri, dB	İç gürültü düzeyleri; Çalışanların genel sağlık ve huzurunu korumak adına önerilen 75 dB gürültü düzeyi değerini (WHO, 2018), İşitme sağlıklarını korumak adına, ulusal yasal düzenlemelerde belirtilen 85 dB değerini aşmamalıdır (ÇGİRKY, 2013).

* Mevcut bir binalarda kapsamlı bir tadilat yapılması durumunda sağlanması gereken değerler (D akustik performans sınıfı kriterleri) dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.19. (devam) Akustik parametrelere yönelik performans kriterleri

	Akustik Parametreler	Performans Kriterleri
Hacim Akustiği Kriterleri	Arka Plan Gürültüsü Düzeyleri, dB	Bina içi tesisatın ve servis ekipmanlarının sebep olduğu gürültü düzeyi; - laboratuvar alanlarında 54 dB, - hassas montaj veya ölçüm alanlarında 49 dB, - kontrol odalarında 59 dB, - ofisler ve dinlenme odalarında 44 dB, - sağlık odalarında 39 dB, - sirkülasyon alanlarında 49 dB değerini geçemez (BGKKHY, 2017).

Literatür araştırmaları ışığında, akustik konfor koşullarını sağlamaya yönelik oluşturulan mimari tasarım önerileri Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Mimari tasarım parametrelerine yönelik performans kriterleri

Mimari Tasarım Parametreleri	Performans Kriterleri
Genel Planlama Kararları	Kentte sanayi faaliyetleri için ayrılmış özel bölgeler proje alanı olarak belirlenmelidir. Yapı birimleri organize edilirken, sosyal ve idari alanlar, üretim hacminden bağımsız birimler olarak planlanmalıdır. Yüksek düzeyli darbe sesinin ortaya çıkacağı öngörülüyorsa, ilgili bina bölümünde strüktürde süreksizlik oluşturulması gereklidir (İlgürel, 2003).
İşyeri Düzeni Oluşturulması	Ses gücü düzeyi yüksek cihazlar, yansıtıcı duvarlardan ve köşelerden uzakta, sirkülasyon alanlarını etkilemeyecek düzende konumlandırılmalıdır. Cihazlar arasında yeterli uzaklık bırakılmalıdır. Titreşim genliği strüktürü uyartabilecek nitelikteki cihazlar zemine oturan döşemede planlanmalıdır (İlgürel, 2009).
Hacim İçinde Yutucu Malzeme Kullanımı	Hava doğuşlu seslerin azaltımında etkilidir. Gürültüye doğrudan maruz kalınmayan, kritik uzaklık sınırı dışındaki bölgelerde sesin azaltımında, yani yansımış ses durumu söz konusuysa kullanımı uygundur (Barron, 2003). Yutucular, duvarlarda veya tavanda uygulanır. Tavanda yatay veya düşey biçimde asılır.
Akustik Engeller	Yansımış ses düzeyinin düşük olduğu durumlarda etkilidir. Sesin yalıtılması ve kırınımı sayesinde, alıcıya iletimini güçleştirir (Barron, 2003). Özellikle tavan yüksekliğinin yeterli olmadığı mekanlarda, yutucu asma tavan uygulaması ile beraber kullanılmalıdır. Yüksek düzeyde gürültü üreten, tekil gürültü kaynaklarının bulunduğu ortamlarda akustik engellerden verim alınır (İlgürel, 2009).

Çizelge 4.20.(devam) Mimari tasarım parametrelerine yönelik performans kriterleri

Performans Kriterleri- Mimari Tasarım Parametreleri	Performans Kriterleri
Akustik Muhafazalar	Üretim akışı izin veriyorsa kaynak, muhafazalar yardımıyla hücre içine alınır. Sert bir dış katman, ses bariyeri ve en içte yutucu malzeme katmanından oluşur (Cowan, 2000). Çeperler, titreşim iletimine karşı döşemeden yalıtılmalıdır. Orta ve yüksek frekansta sesin yalıtılmasında başarılıdır (Peters, Smith ve Hollins, 2011).
Titreşimin Yalıtımı	Darbe gürültüsünün söz konusu olduğu durumlarda yüzer döşeme uygulamaları, titreşim sönümleyici yaylar ve kaideler kullanılarak titreşim yalıtımı sağlanır (Peters, Smith ve Hollins, 2011).
İşyeri Gürültü Haritaları	Üretim hacimlerindeki gürültünün değerlendirilmesi ve hacmin mimari yapısıyla ilişkilendirilebilmesi için oluşturulur. Hem İşitsel ortamın bina planlanırken öngörülmesinde, hem de mevcut binalarda konfor koşullarının değerlendirilmesinde kullanılır (Dadaş ve Demirel, 2018).

4. ÖRNEKLEM: ANKARA'DA BİR PRESHANEYE AİT GÜRÜLTÜ HARİTASININ OLUŞTURULMASI

Bu bölümde; metal işleri sektöründe faaliyet gösteren bir endüstri binasında, bina ve üretim hakkında genel bilgilere yer verilmesinin ardından, işitsel konfor şartlarını değerlendirmek adına ölçüme dayalı bir çalışma yapılmıştır. Ölçüme dayalı çalışmada, öncelikle gürültü sorunu tespit edilen bir endüstri tesisinde L_{Aeq} (Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi) ölçülmüş ve mekânın gürültü haritası oluşturulmuştur.

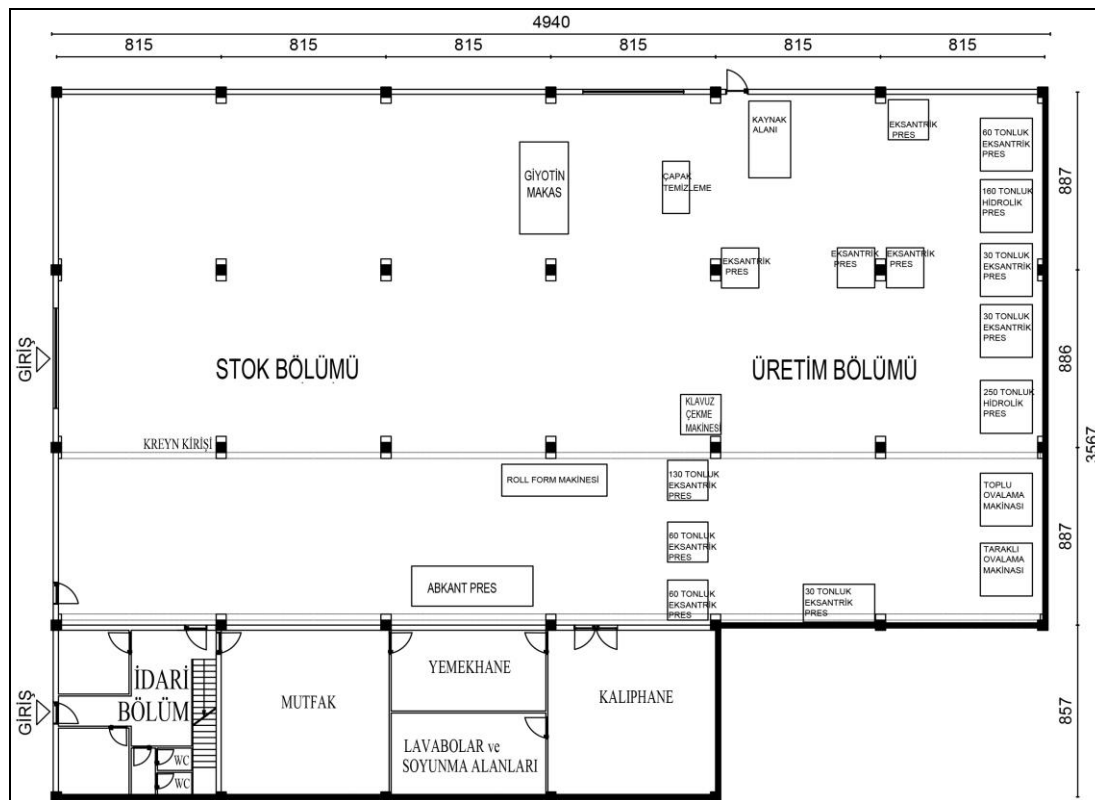
4.1. Örneklem Hakkında Genel Bilgiler

Örneklem olarak seçilen bina Ankara'nın 30 km dışında, çoğunlukla küçük ve orta ölçekli tesislerden oluşan bir sanayi bölgesinde yer almaktadır. Tesis, 2014 yılında kurulmasından itibaren metal endüstrisinde faaliyet göstermektedir. Kentte, üretimde sayıca en fazla işletme; demir ve metal işleri sektöründe olup, gıda endüstrisi bunu takip etmektedir (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2014).



Resim 5.1. Örneklem olarak seçilen preshane binası

Tezde örneklem olarak yer verilen tesiste, doğal taş cephe kaplamaları için çelik bağlantı sistemleri üretilmektedir. Rutin üretimin yanı sıra talep doğrultusunda özel imalat da yapılmaktadır. Bina, 1560 m² taban alan üzerine betonarme prefabrike iskelet sistem kullanılarak inşa edilmiştir. (Resim 5.1). Yapım süresinin kısa olması ve ekonomik sebeplerden dolayı betonarme veya çelik prefabrike iskelet sistemler endüstri binalarında sıklıkla kullanılır. Bina; üretim ve stok bölümü, idari bölüm, personel soyunma odaları, mutfak ve yemekhane bölümlerinden oluşmaktadır. Üretim bölümünün üst katı, aktif olarak kullanılmamaktadır. Fabrikanın büyüme hedefleri doğrultusunda ilerleyen yıllarda kullanılması planlanmaktadır. Üretim hacmi bitişiginde idari bölüm, mutfak, yemekhane ve kalıphane kısımları bulunur (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Preshane binasının zemin kat planı

Binanın üretim hacmi, stok bölümüyle entegre olarak çalışmaktadır. Stok bölümüyle birlikte toplam alan, 27m X 50m boyutlarında; 5,40 m yüksekliğindedir. Üretimde toplam 25 kişi çalışmakta, tek vardiya üretim yapılmaktadır. Hacimde iki adet acil çıkış kapısı ve iki adet poliüretan dolgulu metal panelli seksiyonel kapı mevcuttur. Mekânın aydınlatması, zeminden 2 m yükseklikte bulunan şerit pencereler ve yapay aydınlatma elemanlarıyla sağlanmıştır. Endüstri binasında kullanılan bitiş malzemeleri:

- Tavan: boyasız prefabrike beton döşeme elemanı,
- Duvarlar: tuğla dolgu malzemesini üzeri boya,
- Döşeme: grobetondur.



Resim 5.2. Üretim bölümünden görüntüler

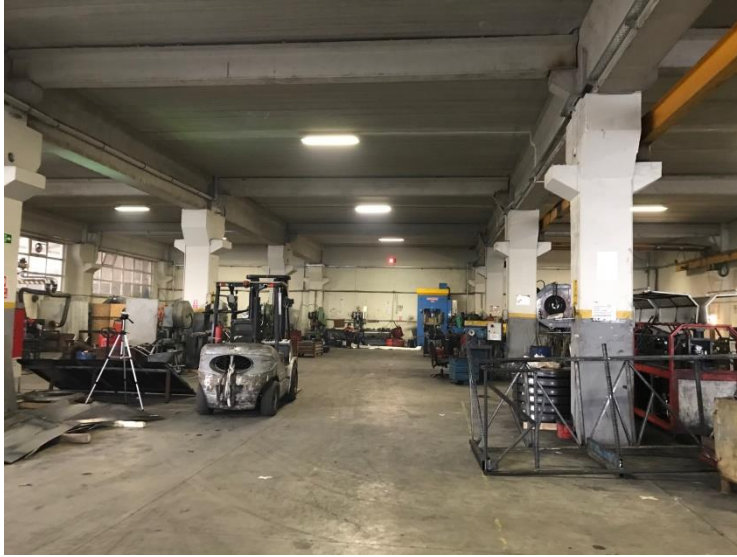
Üretim mekânı genel olarak, giyotin makas bölümü, kaynak alanı, ekzantrik presler bölümü ve roll form makinası ile abkant presten oluşan bükme alanından oluşmaktadır. Tesiste; giyotin makas, rollform makinesi, abkant pres, klavuz çekme makinesi, 11 ekzantrik pres, toplu ovalama makinesi, taraklı ovalama makinesi, iki hidrolik pres ve kaynak makinesi bulunmaktadır. Makinelerin kullanım amaçları ve literatürden elde edilmiş yaklaşık ses gücü düzeyleri bilgisi Çizelge 5.1.'de görülmektedir.

Çizelge 5.1. Makine listesi ve makinelerin kullanım amaçları

Makine	Kullanım amacı	Ses Gücü Düzeyi
Roll form makinesi	Rulo sacın istenilen kesite ulaşınca kadar bükülmesinde kullanılır.	90 dB
Abkant pres	Sac metal malzemeyi hidrolik basınçla bükerek şekillendirir.	63-75 dB
Kılavuz çekme makinesi	Profillerde diş açar	65 dB
Giyotin makas	Sac metal malzemenin belirli boyutlarda kesilmesi için kullanılır.	86 dB
Ovalama makineleri	Malzemenin kalıptan geçirilirken kalıp izlerinin basınçla malzemeye geçirilmesi için kullanılırlar.	70 dB
Ekzantrik pres	Mekanik düzeneğe sahiptir. Kalıpların inip çıkma hareketi sayesinde malzemeye istenilen şekli verir. Hidrolik presten farklı olarak aşırı yüke girebilir.	80-89 dB
Hidrolik pres	Hidrolik silindirin hareket ettirilmesiyle malzemeyi şekillendirir.	76-78 dB



Resim 5.3. Abkant pres ve giyotin makas



Resim 5.4. Sirkülasyon aksından preshaneye bakış ve ekzantrik pres



Resim 5.5. Ekzantrik pres ve stok bölümüne bakış

Pres, metal malzemeleri belirli bir basınç altında kalıplar ile sıkıştırarak, kalıcı şekil verme, kenar kesme, düzeltme, bükme, kıvrıma işlemlerini yapmak için kullanılan makinedir (Gülmez, 2011). Presleme işlemleri, ağır ve tehlikeli iş sınıfına girmektedir. Preshanelerin olumsuz fiziksel koşulları arasında, yağlı, kirli ortam, nem, titreşim ve rahatsız edici düzeyde gürültü gibi faktörler bulunmaktadır (Mesleki Yeterlilik Kurumu, 2011).

Tesisin jeneratörü, üretim kısmının üst katındadır. Yapının bir aksı boyunca hareket eden kreyn ve üretimi tamamlanan profillerin taşınmasını sağlayan forklift, kullanılan diğer üretime yardımcı elemanlardır. Gürültü kaynağı niteliğindeki makinelerin yanında, üretilen parçaların metal olması ve çalışanların gürültünün olumsuz etkileri konusunda bilgili olmamaları sonucu, hacimde önemli bir gürültü açığa çıkmaktadır. Özellikle üretimi tamamlanan parçaların stok bölümünden önce paketlenmesi sırasında öngörülemeyen gürültüler meydana geldiği gözlemlenmiştir.

4.2 Preshane Binasının Gürültü Analizinin Yerinde Ölçüm ve Haritalama Yoluyla Yapılması

Endüstri binası iç ortam gürültü haritalarına yer verilen çalışmalar incelendiğinde, haritalama için farklı yöntemler izlendiği belirlenmiştir. En yaygın kullanılan yöntem, grid (ızgara) metodudur. Bu yöntemde alan, iki yönde belirli aralıklarla bölümlendirilir. Düşüm noktalarında ses düzeyi ölçülerek, harita üzerinde eş gürültü eğrileri oluşturulur ve renklendirilir. Haritanın oluşturulması çizim ve renklendirmeyele yapılacağı gibi bu iş için özelleşmiş yazılımlar da kullanılabilir. Çalışma alanlarında yalnızca makine ve mekanik sistemden kaynaklanan gürültü bulunmaz. İnsan gücü ile gerçekleşen fiziksel işlemler, tesisattan kaynaklanan gürültüler ve çalışanları etkinliklerinden kaynaklanan gürültüler alandaki diğer önemli gürültü kaynaklarıdır. Tüm bu kaynakların etkisi göz önüne alınarak oluşturulduğundan, grid gürültü haritaları ortamın işitsel durumunu gerçekçi bir biçimde ortaya koymaya yardımcı olur.

Bir diğer yöntemde, bina modellenir ve yüzeylere yutuculuk değerleri atanır. Üretimde kullanılan her bir makinenin yerleri belirlendikten sonra, ses gücü düzeyleri bilgisi akustik benzetim programına girilir. Makinelerin ses gücü düzeyleri, hassas ölçüm olanağı sağlayan özel akustik ortamlarda, her bir makine için ayrı ayrı yapılan ölçümler yardımıyla belirlenir. Taşınamayan veya çok büyük kaynaklar söz konusu olduğunda TS EN ISO 3744

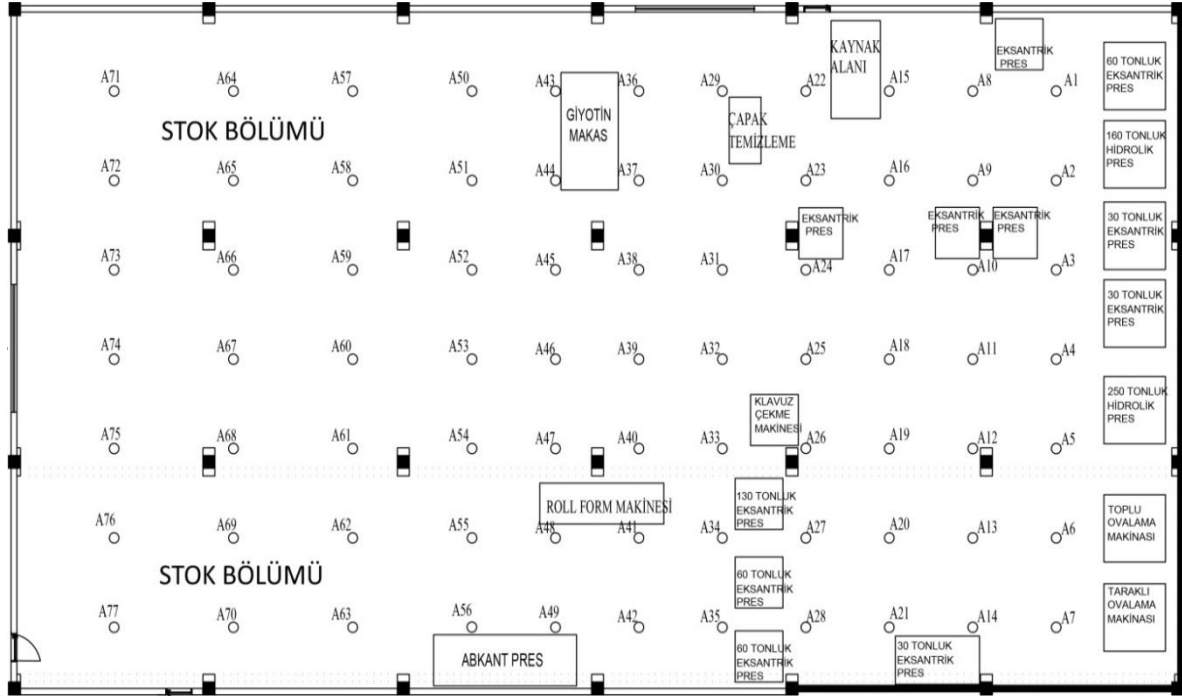
standardına göre belirli bir yaklaşıklıkla yerinde ölçülebilir ve hesaplanabilir. Gerekli şartların sağlanması zor, ancak son derece güvenilir bir yöntemdir. Üretim faaliyeti dışında ortaya çıkan gürültüler öngörülemez ancak planlama aşamasında binanın tasarımı için önemli girdiler sağlar.

Tez kapsamındaki örneklem çalışmasında, ortamdaki gürültü kaynaklarının çok çeşitli olması ve makinelerin ses gücü düzeylerinin ölçülmesi için gerekli şartların yerine getirilememesi sebebiyle grid yöntemi kullanılmıştır.

Örneklem olarak belirlenen endüstri binasındaki ölçümler, 17 Aralık 2018 tarihinde, 09:00 – 18:00 saatleri arasında, TS ISO 1996-2 standardına uygun olarak yapılmıştır. Ölçüm için, fabrikanın rutin iş yükünü oluşturan cephe bağlantı elemanlarının üretildiği bir gün belirlenmiştir. 250 tonluk hidrolik pres ve 130 tonluk ekzantrik presin özel imalat gerektiren parçalar için kullanıldığı, ölçüm yapılan gün aktif olmayacağı öğrenilmiştir. Ölçüm yapıldığı sırada diğer tüm cihazlar çalışır durumdadır. Ölçümlerde RION NL - 05 el tipi ses düzeyi ölçer cihaz kullanılmıştır. Duvarlardan cihaz hattının izin verdiği uzaklarda, döşemeden 1,5 metre yükseklikte 3,5 m aralıklarla belirlenmiş 77 noktada, beşer dakika boyunca slow modda L_{Aeq} ölçülmüştür (Resim 4.6). Ölçüm noktaları arasındaki uzaklık stok bölümünde 5 metreye çıkarılmıştır. Plan düzleminde ölçüm noktaları Şekil 4.2 'de verilmiştir



Resim 5.6. Alanda ölçümlerin gerçekleştirilmesi



Şekil 5.2. Alıcı noktaları

Belirlenen noktalarda yapılan gürültü düzeyi ölçüm sonuçları Çizelge 5.2’de verilmiştir. Ölçüm sonuçları, eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi (L_{Aeq}) ve ölçülen en yüksek ses basınç düzeyi (L_{max}) değerleriyle birlikte EK-1’de görülebilir. Presler, düzeyi zamana göre değişen, dalgalı gürültü ortaya çıkarır. Bu nedenle preshanedeki gürültü ortamını değerlendirmede eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi (L_{Aeq}) gürültü göstergesi kullanılmıştır. Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi; gürültü seviyeleri zaman içinde değişen kaynaklar için, ölçüm sonucu elde edilen dalgalı gürültüye karşılık gelen durgun gürültüdür. Zaman içinde değişen bir gürültü kaynağının eşdeğer gürültü seviyesi, dikkate alınan süre içinde gürültü seviyelerinin anlık değerlerinin logaritmik toplamının zamansal ortalaması alınarak bulunur (Kurra, 2009).

Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi Eş.5.1’deki gibi hesaplanır (ÇŞB, 2018).

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left\{ (1/T) \int_0^T 10^{L_p(t)/10} dt \right\} \text{ dB} \quad (5.1)$$

T: ISO 1996 /2 ye göre ölçüm yapılan örnek zaman süresi

$L_p(t)$: A-ağırlıklı enstantane ses düzeyi,

dBA t: Örnek zaman süresi, saniye.

$L_p(t)$ ise, bir noktada ölçülen ses basıncının, referans ses basıncı değerine oranının 10 tabanına göre logaritmasının 20 ile çarpılmasıyla bulunur.

$$L_{p(t)} = 20 \log \left(\frac{p(t)}{p_0} \right) \text{ dB} \quad (5.2)$$

$p(t)$: t örnek zamanda ölçülen ses basıncı, N/m² (veya Pa)

p_0 : Referans ses basıncı (işitilebilen minimum değer)= 2 x10⁻⁵ N/m²

Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi (L_{Aeq}); gürültünün bireyler üzerindeki etkileri ile son derece iyi uyuşması, kesin ve pratik olması, hem planlamada hem uygulamada kullanılabilir olması nedeniyle gürültüyü değerlendirme konusunda tercih edilir (Demirkale, 2007). Günümüzde gelişmiş ses düzeyi ölçerler, belirlenen zaman aralığındaki eşdeğer ses düzeyini hesaplayabilir. L_{Aeq} , karayolu trafik gürültüsü, birçok endüstri gürültüsü ve binalardaki servis ekipmanlarından kaynaklanan gürültü gibi devamlı gürültünün ölçülmesinde kullanılır.

Çizelge 5.2. Ölçüm sonuçları

Alıcı	Ölçülen Eşdeğer Sürekli Gürültü Düzeyi, dBA	Alıcı	Ölçülen Eşdeğer Sürekli Gürültü Düzeyi, dBA
A1	89,2	A20	86,1
A2	87,7	A21	84,8
A3	89,5	A22	87,2
A4	86,9	A23	86,5
A5	84,8	A24	86,1
A6	88,0	A25	84,8
A7	88,5	A26	83,4
A8	86,8	A27	83,3
A9	84,9	A28	87,7
A10	88,1	A29	86,2
A11	85,7	A30	87,6
A12	84,8	A31	87,4
A13	82,7	A32	86,3
A14	85,5	A33	82,9
A15	83,8	A34	84,0
A16	84,7	A35	85,5
A17	86,2	A36	86,4
A18	85,5	A37	88,2
A19	83,9	A38	87,2

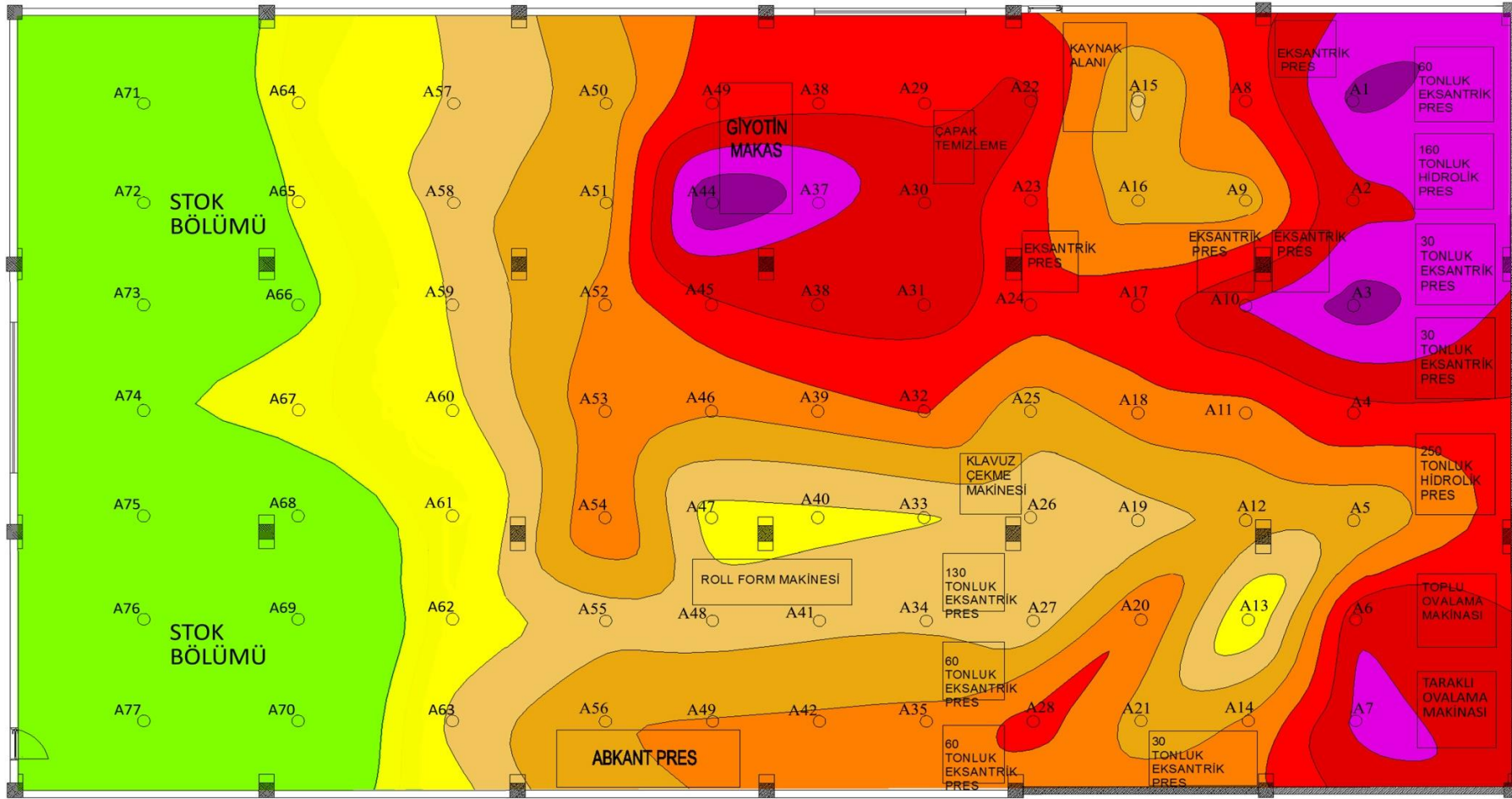
Çizelge 5.2. Ölçüm sonuçları (devamı)

Alıcı	Ölçülen Eşdeğer Sürekli Gürültü Düzeyi, dBA	Alıcı	Ölçülen Eşdeğer Sürekli Gürültü Düzeyi, dBA
A39	85,0	A59	83,1
A40	82,7	A60	82,8
A41	83,9	A61	81,9
A42	85,3	A62	82,7
A43	86,7	A63	83,4
A44	90,0	A64	82,0
A45	87,1	A65	82,2
A46	85,2	A66	80,1
A47	82,6	A67	82,0
A48	83,8	A68	79,5
A49	85,0	A69	77,6
A50	84,0	A70	76,1
A51	84,9	A71	75,5
A52	85,5	A72	77,3
A53	85,2	A73	78,2
A54	85,7	A74	80,0
A55	83,8	A75	77,4
A56	85,0	A76	76,1
A57	83,6	A77	74,6
A58	83,7		

Ölçüm sonuçları, NoiseAtWork V2019 yazılımı kullanılarak gürültü haritalanmıştır (Harita 5.1). NoiseAtWork yazılımında; ölçüm noktaları arasında, ölçüm sonucu bilinmeyen bir noktadaki olası değer kestirimi (enterpolasyon) yapılır, böylece renklendirilmiş gürültü kontur haritaları oluşturulur.

Yazılım; 1980 yılında Hollanda'da kurulan DGMR Software şirketi tarafından, 2009 yılında piyasaya sürülmüştür. Haritalar ve CAD çizimleri temel alınarak, bina içi haritalar ve çevresel gürültü haritaları oluşturulabilmektedir. Ortamda gerçekleştirilen ölçümler sayesinde, çalışma süresince çalışanların maruz kaldıkları gürültü seviyesi tahmin edilebilmektedir. Ayrıca, gürültü haritaları oluşturmanın yanında, sıcaklık, nem, aydınlatma, hava kalitesi ve toz gibi birçok farklı gösterge haritalanabilmektedir. Yazılımın ara yüzü EK-2'de verilmiştir.

Harita 5.1. Preshaneyi ait gürültü haritası



PRESHANE BİNASI YAPI İÇİ GÜRÜLTÜ HARİTASI

Gürültü Düzeyi, L_{Aeq}

70 dB <	< 80 dB
80 dB <	< 81 dB
81 dB <	< 82 dB
82 dB <	< 83 dB
83 dB <	< 84 dB
84 dB <	< 85 dB
85 dB <	< 86 dB
86 dB <	< 87 dB
87 dB <	< 88 dB
88 dB <	< 89 dB
89 dB <	< 90 dB
90 dB <	< 100 dB

○ Ölçüm Noktası

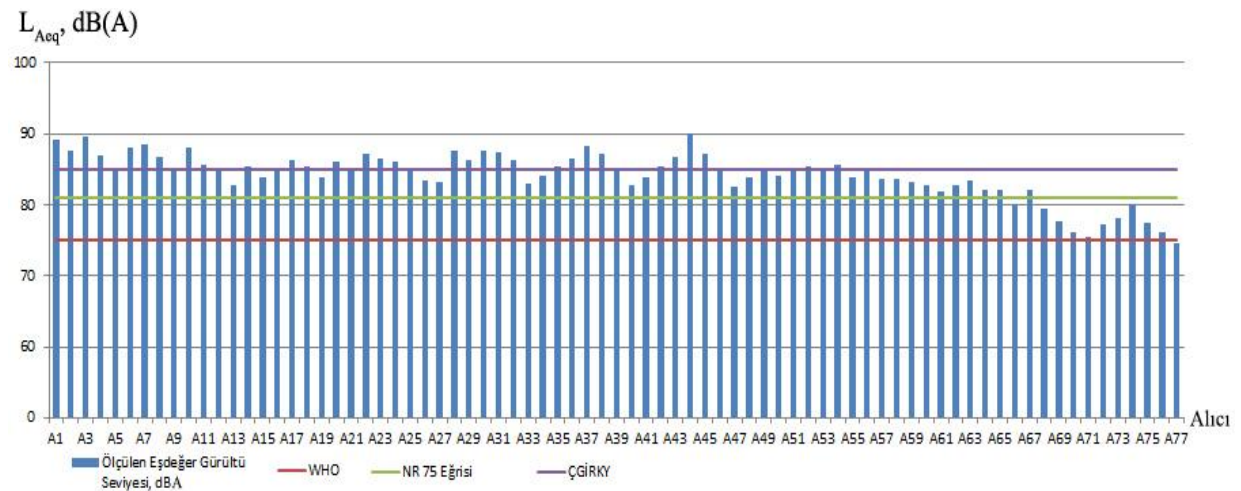
5.3. Preshane Binasındaki İşitsel Ortamın Değerlendirilmesi

Endüstri binalarında işitsel ortamı değerlendirilirken, öncelikle Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmasına Dair Yönetmelik'e bakılmalıdır. Yönetmelikte, gürültüye en yüksek maruz kalma eylem değeri 85 dB(A) olarak verilmiştir. Bu değer önceki bölümlerde dünyada geçerli benzer mevzuatlarla kıyaslanmış, son derece güncel olduğu, diğer ülkelerce belirlenmiş değerlerle örtüştüğü görülmüştür. 85 dB(A) tez kapsamında ortamda aşılması gereken sınır değer olarak dikkate alınmıştır. Aşıldığında çalışanlar mutlaka işitme koruyucu donanım kullanmalıdır, işveren gerekli önlemleri alması konusunda sorumludur. Mekân içi gürültü sınır değerlerine ulaşmak, için BS:8233'te tanımlanan NR (Gürültü değerlendirme) eğrilerinden yararlanılabilir. 85 dB(A)'ya karşılık gelen NR 75 eğrisinin oktav bant açılımları ve A ağırlıklı ses basınç düzeyi Çizelge 5.3'te görülmektedir. (Tamer Bayazıt ve diğerleri, 2018)

Çizelge 5.3. Hacim içi gürültüyü değerlendirmede kullanılan NR 75 eğrisi (Tamer Bayazıt ve diğerleri, 2018)

Ses Basınç Düzeyi (dB)										dB(A)
NR Eğrisi	Frekans (Hz)									
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
NR 75	106,5	94,7	87,2	81,7	77,9	75	72,6	70,8	69,2	81

WHO tarafından bireylerin sağlık ve iyi hallerini korumaya yönelik haftanın 5 günü, 8 saat çalışan bir kişi için belirlediği en yüksek gürültü değeri 75 dB(A)'dır.



Şekil 5.4. Ölçüm sonuçlarının sınır değerler ile karşılaştırılması

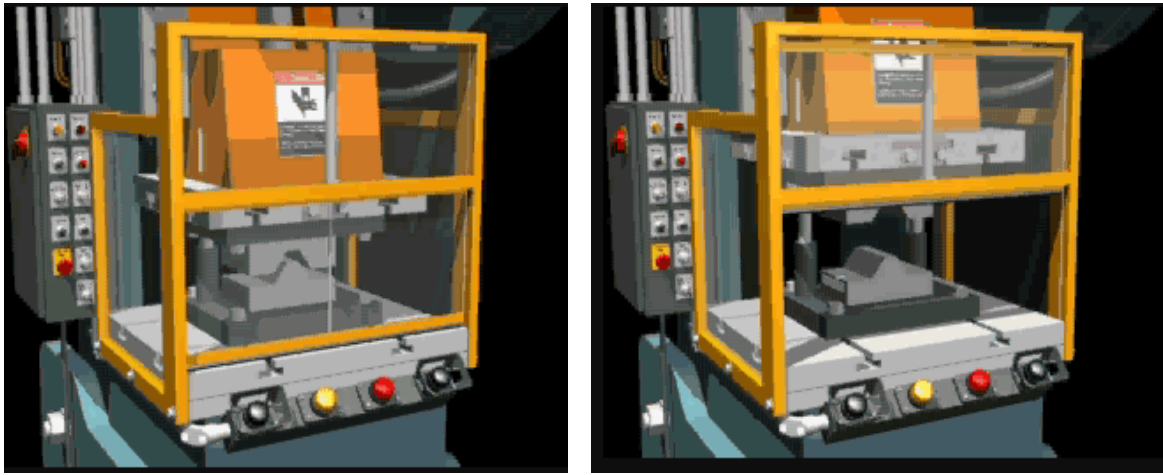
Buna göre, ölçüm yapılan 77 noktadan yalnızca stok bölümündeki A77 ölçüm noktası haricinde tüm üretim hacminde WHO tarafından belirlenen değerin aşılmış olduğu görülmektedir. Çalışanların konforunu ve sağlıklı işitsel iletişim kurabilmelerini sağlamak amacıyla NR 75 eğrisinde belirlenmiş 81 dB(A) sınır değeri, yalnızca stok bölümünde bulunan A66, A67, A68, A69, A70, A71, A72, A73, A74, A75, A76 ve A77 ölçüm noktalarında sağlanabilmiştir (Şekil 5.4). Üretim alanı genelinde ölçüm yapılan 34 noktada, haritada da görülebildiği üzere 85 dB(A) eylem değeri aşılmıştır. Giyotin makas, çapak temizleme, ekzantrik pres ve ovalama makinelerinin bulunduğu alanlar başta olmak üzere, stok bölümü dışında üretim alanında gürültü sınır değerlerinin aşıldığı belirlenmiştir.

Çalışanların yalnızca paketleme ve taşıma işlerini yaptıkları stok bölümünde, mesafenin ve ürünlerin istiflenmesinde kullanılan rafların engel görevi görmesi sayesinde, gürültü, ÇGİRKY’de belirtilen 85 dB(A) değeri ve NR eğrilerinde verilen 81 dB(A) değerini aşmamaktadır. Taşımada kullanılan forklift gürültüsünün üretim yapılan kısma geçmemesi, diğer çalışanların üretim gürültüsünden etkilenmemesi için üretim ve stok bölümlerinin ayrılmasının olumlu etki yaratacağı düşünülmektedir.

Özellikle alanın köşelerinde bulunan ekzantrik pres ve ovalama makinelerinin bulunduğu bölgelerde yansımaların da etkisiyle, yüksek seviyelerde gürültü ortaya çıkmaktadır. Kontrolsüz yansımaların önüne geçilmesi için duvarlar ve tavanda yutucu malzeme kullanılabilir. Ancak unutulmamalıdır ki, kaynağa oldukça yakın noktalardaki gürültü düzeyinin, odanın yutuculuğunu değiştirerek düşürülmesi çok efektif bir uygulama değildir. Ses yutucu malzeme kullanımı, makineye göre kritik uzaklık sınırı dışındaki alanlarda gürültünün azaltılmasında etkilidir.

Gürültü denetiminde ana hedef gürültünün kaynakta azaltılmasıdır. İncelenen binada, buna yönelik muhafaza kullanılmamış, darbe sesini yalıtımak üzere preslerin döşeme ile birleştiği noktalarda yalıtım önlemi alınmamıştır. Darbe kaynaklı sesin yalıtılmadığı durumlarda, makinenin yer aldığı döşemeye bitişik duvar gibi yüzeyler, titreşerek bir gürültü kaynağı özelliği göstermeye başlar. Metal yaylar ve elastomerler, darbe sesi yalıtımı sağlamak amacıyla kullanılabilir. Sönümleme kabiliyeti metal yaylara göre çok daha fazla olan elastomerler, kauçuk esaslı malzemelerdir. En sık kullanılan türü neoprendir. İç ortamda kullanılacağı için, kauçuk esaslı malzemelerin çevre koşullarından etkilenme zaafiyeti olsa da, preshane için son derece uygundur.

Presler, çalışma prensipleri itibariyle tam muhafaza içine alınamayan makinelerdir. Türkiye’de yasal düzenlemelerde yer verilmemiş olsa da, çalışanların güvenliklerini sağlamak üzere özel kısmi pres muhafazaları planlanmaktadır. ABD Çalışma bakanlığına bağlı OSHA (Occupational Safety And Health Administration), işlem sırasında pres operatörünü korumaya yönelik kısmi pres muhafazası standartları belirlemiştir (Resim 5.7). Bu muhafazalar tasarlanırken, çalışanların gürültüye maruz kalmalarının azaltılması için tedbirler alınabilir. Malzeme seçimi sırasında gürültünün yutulması ve yalıtılması göz önünde bulundurulabilir.



Resim 5.7. OSHA tarafından önerilen kısmi pres muhafazaları (www.osha.gov)

Alanda yapılan ölçümler sırasında çalışanların işitme koruyucu donanım kullanmadığı gözlemlenmiştir. Unutulmamalıdır ki koruyucu kullanımı ortamdaki gürültüyü azaltmaya yönelik bir önlem değildir, teknik veya idari önlemlerin alınmadığı durumlarda başvurulmaktadır. Çalışanların işitme koruyucu donanım kullanmaları sağlanarak, karşılaştıkları gürültünün WHO tarafından belirlenen değerin altına düşürülmesi sağlanmalıdır.

Kaynak işleminden sonra, üretilen parçalardaki çapakları çekiç yardımıyla temizleyen işçiler, teknik kontrol önlemlerinin alınması mümkün görünmediğinden, mutlaka koruyucu donanımla çalışmalıdırlar. Preshanenin idarecilerinden, işitme koruyucu donanımların çalışanlara sürekli olarak kullandırılmadığı öğrenilmiştir. Fiziksel ve psikolojik rahatsızlık duydukları gerekçesiyle, işitme kaybına uğrama pahasına koruyucu donanımı kullanmama konusunda ısrar etmektedirler. Buradan anlaşılıyor ki, son derece ağır koşullarda çalışan pres işçileri, gürültünün riskleri konusunda eğitilmemişlerdir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma ortamındaki gürültünün, fizyolojik, psikolojik ve performans üzerinde çeşitli etkilerinin olduğu bilinmektedir. Bu etkilerin başında işitme kayıpları gelmektedir ve bu sorun ne yazık ki bireylerin yaşları ilerledikçe ortaya çıkmaktadır. Çalışanların sağlığı ve güvenliğinin gitgide daha fazla önem kazandığı günümüzde, endüstri tesislerinde gürültü sorunu güncelliğini korumaktadır. Günümüze dek yapılmış çalışmalar incelendiğinde, endüstride gürültü sorununa ilişkin çalışmaların büyük çoğunluğunun çevre mühendisleri ve halk sağlığı uzmanları tarafından gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu bağlamda, örneklem olarak seçilen endüstri yapısındaki gürültü sorunu yapısal unsurlarla ilişkilendirilerek, endüstri binalarının tasarımı süreci için girdi sağlayabilecek verilerin ortaya konması hedeflenmiştir.

Tez kapsamında Türkiye, Avrupa Birliği, İngiltere, Hırvatistan, Meksika, ABD, Kanada, Şili, Singapur ve Avustralya'da endüstri binaları hacim içi gürültü kriterine ilişkin, geçerli yasal düzenlemeler incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda, Amerika kıtası ülkelerinde, ortamdaki gürültü seviyesine göre çalışma sürelerinin sınırlandırıldığı görülmüştür. Avrupa ülkelerinde geçerli yönetmeliklere göre ise, 85 dB(A) en yüksek eylem değeri aşıldığında başta koruyucu donanım olmak üzere kontrol tedbirlerinin alınması gerektiği bilinmektedir. Koruyucu donanımın azaltım etkisi göz önüne alınarak, 87 dB(A) sınır değerinin aşılmayacağına yer verilmiştir. Hırvatistan İşçi Sağlığı Yasasında, yapılan üretimin niteliğine göre farklı işitsel ortam kriterlerinin belirlenmiş olması son derece olumlu bulunmuştur. İncelemeler ışığında, Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmasına Dair Yönetmelik'in (ÇGİRKY) son derece güncel, diğer ülke mevzuatlarıyla tutarlı olduğu görülmüştür. Yapılan mevzuat araştırmaları gözden geçirildiğinde, anlaşılmıştır ki, bireyler arasındaki sözlü iletişimi sekteye uğratsa da, yasal düzenlemeler işverenleri işitme koruyucu donanım kullanımına yöneltmektedir.

Öte yandan, gürültünün etkileri incelendiğinde, çalışma süresi boyunca 85 dB(A) gürültü ile karşı karşıya kalınması, işitme sağlığı için büyük riskler oluşturmamaktadır. Ancak, baş ağrısı, iş performansının düşmesi gibi sonuçları beraberinde getirecektir. WHO bireylerin sağlık, esenlik ve huzur hallerinin devamına yönelik, haftanın 5 günü 8 saatlik çalışma süresinde, karşılaşılabilecekleri en yüksek gürültü için 75 dB(A) sınır değerini belirlemiştir. Gürültü kontrolü çalışmalarında; ortamda sağlanacak en yüksek gürültü seviyesi söz

konusu olduğunda, WHO tarafından belirlenen sınır değeri hedeflenmelidir. 2017 yılında yayınlanan Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik'te üretim mekânlarında sağlanması gereken iç gürültü düzeyi bilgisine yer verilmemiştir. Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği Açıklama ve Uygulama Kılavuzu'nda iç gürültü düzeylerini değerlendirmede NR konfor eğrileri kullanılabileceği belirtilmiştir.

Tez kapsamında gürültü sorunu tespit edilen, metal işleri sektöründe faaliyet göstermekte olan bir endüstri binasında, gürültü ölçümü ve haritalama çalışmaları yapılmıştır. İncelenen endüstri binasında, presleme işleminden kaynaklanan kararsız nitelikte gürültü tespit edilmiştir. Bu nedenle gürültüyü değerlendirmede L_{Aeq} gürültü ölçütü seçilerek, ölçümler yapılmış, alanın hacim içi gürültü haritası oluşturulmuştur. Yüksek düzeyli gürültü sebebiyle riskli alanlar belirlenmiştir. Endüstri binasında, üretimin yapıldığı ana salonun birçok noktasında ÇGİRKY'te belirlenen sınır değerin aşıldığı görülmüştür. Binada planlama eksiklikleri sebebiyle, gürültüye karşı alınan tedbirler işitme koruyucu donanım kullanımından ibaret kalmaktadır. Endüstri çalışanlarının gürültünün riskleri konusundaki eğitim eksiklikleri de göz önüne alındığında, koruyucu donanım kullanımından önce, planlama aşamasında teknik kontrol önlemleriyle gürültü kontrol altına alınmalıdır.

Eldeki verilere göre, üretim hacmi bölümlendirilmeli, preslerin meydana getirdiği darbe gürültüsünü önlemek üzere, makinelerin döşeme ile birleştiği noktalarda sönümleme yeteneği yüksek malzemeler kullanılmalıdır. Çalışanların presleme işlemi sırasında gürültü kaynağı ile çok yakın mesafede karşı karşıya gelmeleri sebebiyle, presler için özel kısmi akustik muhafaza planlanması gereklidir. Bunun, gelecekte yapılacak çalışmalar için bir çıkış noktası olabileceği düşünülmektedir.

Çalışma ortamında işitsel konforun sağlanabilmesi için, endüstri binalarının tasarımı aşamasında gürültü, önemli bir tasarım parametresi olarak değerlendirilmelidir. Yüksek düzeyli gürültüyü ortaya çıkacağı öngörülyorsa;

- Proje alanı seçilirken, sanayi bölgeleri tercih edilmeli,
- İdari ve sosyal alan işlevli yapı bölümleri, üretim hacminden ayrı planlanmalı,
- Gerekli görüldüğü takdirde gürültü denetimi için tampon mekânlar oluşturulmalı,
- Yapı kabuğu, komşu birimler arasındaki duvarlar ve döşemeler tasarlanırken BGKKHY'de istenen değerler göz önünde bulundurulmalı,

- Kullanılan makinelerin ses gücü düzeyleri üretici firma ile iletişime geçerek öğrenilmeli veya TS EN ISO 3744 standardı yardımıyla ses basıncı kullanılarak tayini sağlanmalı,
- Gelişmiş akustik benzetim yazılımları kullanılarak mekândaki gürültü ortamı simüle edilmeli,
- Yutuculuğun arttırılması, engel kullanımı, akustik muhafazalardan yararlanılması gibi duruma özgü çözümler geliştirilmeli ve geliştirilen çözümler akustik benzetim yoluyla sınanmalı,
- Binanın inşa edilmesi ve tesisin faaliyete geçmesinden sonra, alanda akustik ölçümler yapılmalıdır. Hedeflenen ideal işitsel konfor şartlarına ulaşılamamış ise, işitme koruyucu donanım kullanılması yoluna gidilmelidir. Ayrıca makine ve teknik donanımdan kaynaklanan gürültüler dışında oluşan gürültülerin mümkün olduğunca önüne geçilmesi ve gürültüye karşı alınan önlemlerin etkin bir biçimde işleyebilmesi için, çalışanlar gürültü konusunda mutlaka eğitilmelidir.

KAYNAKLAR

- Arenas, J.P., Suter A.H., (2014). Comparison of occupational noise legislation in the Ameicas: An overview and analysis. *Noise & Health*, 14(72), 306-319.
- Avrupa Birliği Parlamentosu. (2003). 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise). AB Parlamentosu Yönergesi, (2003/10/EC).
- Barron, R. (2003). *Industrial noise control and acoustics*. (First edition). New York: Marcel Dekker, 188-194.
- Belgin, E. ve Çalışkan, M. (Editörler). (2004). *Çalışma yaşamında gürültü ve işitmenin korunması*, Ankara: Türk Tabipler Birliği Yayınları, 75-82.
- Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2014). Türkiye 81 il sanayi durum raporu. Ankara.
- Bozkurt, T. S. (2010). *Endüstriyel gürültü haritalarının hazırlanması istanbul'da bulunan DES sanayi sitesi ve yakın çevresi örneği*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 55-57.
- Casas, W.J.P., Cordeiro, E.P., Mello, T.C., Zannin, P.H.T., (2014). Noise mapping as a tool for controlling industrial noise pollution. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 73, 262-266.
- Cowan, J., (2000). *Architectural acoustics design guide*. (First edition). New York: Acentech, 38-46.
- Çevre ve Orman Bakanlığı. (2010). Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliği. Resmi gazete, (27601).
- Çevre ve Orman Bakanlığı. (1983). Çevre kanunu. Resmi gazete, (2872).
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2013). Çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmasına dair yönetmelik. Resmi gazete, (6331).
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2014). Mekânsal planlar yapım yönetmeliği. Resmi gazete, (29030).
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2017). Binaların gürültüye karşı korunması hakkında yönetmelik. Resmi gazete, (30082).
- Dadaş, E., Demirel F., (2018). *Noise Protection In Industrial Buildings: Architectural Design Strategies*. 8. Congress of the Alps Adria Acoustics Association (AAAA), Zagreb.
- Demirel, F., Özçetin, Z.,(2018). Celal bayar bulvarı gürültü haritalaması ve karayolu gürültüsünün eğitim ve sağlık yapıları özelinde gürültü etkilenme analizi. *Uluslararası Hakemli Tasarım Mimarlık Dergisi*, (13), 47-91.

Demirkale, S. Y., (2007). *Çevre ve yapı akustiği mimarlar ve mühendisler için el kitabı*. (Birinci Baskı). Türkiye: Birsan Yayınevi, 207-210.

Dokur, Ş., Madanoğlu, Z. N., Kesmezacar, Ö., Bakırcı, N., (2005). Endüstriyel gürültü sorunu ve korunma. *Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, 1(21), 17-24.

Erdoğan, S., (2000). *Titreşim-gürültü kontrolü ve gereç seçimi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 22-25.

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.

İnternet: Rhodes, D. How to make noise maps with powerpoint. . 2018-07-18. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.slideshare.net%2Fderhodes%2Fnoise-mapping&date=2018-07-18>, Son erişim tarihi: 18.07.2018.

İnternet: Soundplan.eu. Soundplan Acoustics Picture Book. <https://www.soundplan.eu/>. 2018-07-29. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.soundplan.eu%2Fenglish%2Fsoundplan-acoustics%2Fpicture-book%2F&date=2018-07-29>, Son Erişim Tarihi: 29.07.2018

İnternet: Demiral Y. İş Hijyeni Temel Kavramlar ve Uygulamalar Dünya ve Türkiye'de İş Hijyeni. URL: <http://iohsc2017.org>. 2018-07-29. <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fiohsc2017.org%2Fupload%2F10014.pdf&date=2018-07-29>, Son Erişim Tarihi: 29.07.2018.

İnternet: OSHA. Occupational Safety and Health Standards. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.osha.gov%2Fflaws-regs%2Fregulations%2Fstandardnumber%2F1910%2F1910.95&date=2018-12-05>, Son Erişim Tarihi: 05.12.2018.

İnternet: Canadian Centre for Occupational Health and Safety. Noise - Occupational Exposure Limits in Canada. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.ccohs.ca%2Foshanswers%2Fphys_agents%2Fexposure_can.html&date=2018-12-05, Son Erişim Tarihi: 05.12.2018.

İnternet: Minister for Manpower. Workplace Safety and Health (Noise) Regulations 2011. URL:http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww2.ilo.org%2Fdyn%2Fnatlex%2Fnatlex4.detail%3Fp_lang%3Den%26p_isn%3D90099%26p_country%3DSGP%26p_count%3D556&date=2018-12-05, Son Erişim Tarihi: 05.12.2018.

İnternet: NoiseAtWork. 02.07.2019. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fdgmsoftware.com%2Fproducts%2Fnoiseatwork%2F&date=2019-02-07> . Son erişim tarihi: 07.02.2019.

İnternet: Council of Australian Governments. Work Health and Safety Regulation 2011. URL:<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.ilo.org%2Fdyn>

%2Fnatlex%2Fnatlex4.detail%3Fp_lang%3Den%26p_isn%3D93157&date=2018-12-05, Son Erişim Tarihi: 05.12.2018.

İnternet: Ministry of Economy, Entrepreneurship and Crafts. ct of 21 April 2016 to amend and supplement the Act on protection against noise (Text No. 1065). URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fnarodne-novine.nn.hr%2Fclanci%2Fsluzbeni%2F2016_05_41_1065.html&date=2018-12-05, Son Erişim Tarihi: 05.12.2018.

İnternet: The Control of Noise at Work Regulations 2005 . URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.legislation.gov.uk%2Fuk%2F2005%2F1643%2Fregulation%2F4%2Fmade&date=2018-12-05>, Son Erişim Tarihi: 05.12.2018.

İnternet: canadian metalworking. Fabricating URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.canadianmetalworking.com%2Farticle%2Ffabricating%2Fliving-in-3-d&date=2018-12-15> Son Erişim Tarihi: 15.12.2018

İnternet: İzocam Mimari Yalıtım Detayları. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.izocam.com.tr%2Fuserfiles%2Ffiles%2Fteknik-bilgiler%2Fmimaridetaylar-tr.pdf&date=2018-12-22>, Son Erişim Tarihi: 23.12.2018.

İnternet: Alara Lukagro. Industrial vibration isolation. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.alara-lukagro.com%2Fwp-content%2Fuploads%2FIndustrial-vibration-isolation.pdf&date=2018-12-22>, Son Erişim Tarihi: 22.12.2018

İnternet: Occupational Safety and Health Administration. Gates for power press safeguarding. OSHA. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.osha.gov%2FSLTC%2Fetools%2Fmachineguarding%2Fpresses%2Ftypea_bgates.html%23a&date=2019-01-01, Son Erişim Tarihi: 01.01.2019.

İnternet: Erkan Aktan. Orta Kulak. . 2019-01-19. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.erkanaktan.com%2Fkbb-hastaliklari%2Fkulak-hastaliklari%2Forta-kulakta-sivi%2F&date=2019-01-19>, Son Erişim Tarihi: 19.01.2019.

İnternet: IOSH. Occupational noise. . 2019-01-19. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.iosh.co.uk%2Fbooks-and-resources%2Four-oh-toolkit%2Fnoise.aspx&date=2019-01-19>, Son Erişim Tarihi: 19.01.2019.

İlgürel N., (2003), *Sanayi yapılarının mimarisinde gürültünün tasarım ölçütü olarak değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 13-24.

- İlgürel, M. N. (2009). *Sanayi yapılarında gürültünün bir ölçüt olarak değerlendirilmesi için bir yöntem geliştirilmesi*. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 34-39.
- 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.
- Kordani, F., Rafeei, M., Rasekh, A., Raouf, F.F., (2014). Noise pollution modeling using geographic information systems (GIS) in industrial complex of karoon oil & gas production company ahwaz-iran. *AENSI Journals Advances in Environmental Biology*, 8(11), 431-441.
- Kurra, S. (2009). *Çevre gürültüsü ve yönetimi I*. (Birinci Baskı). Türkiye: Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları, 56-60.
- Majidi, F., Rezai, N., (2016). Study of noise map and its features in an indoor work environment through GIS-based software. *Journal of Human, Environment and Health Promotion*, 1(3), 138-142.
- Mesleki Yeterlilik Kurumu. (2011). Ulusal meslek standardı Presçi Seviye 4. Resmi gazete, (28104).
- Mexico Secretary of Labour and Social Security. (2001). Safety and hygiene conditions in the workplace where noise is generated. Official Mexican Standard, (NOM-011-STPS-2001).
- Murphy E., King E.A. (2011). Scenario analysis and noise action planning: modelling the impact of mitigation measures on population exposure. *Applied Acoustics*, 72 (8), 487-494.
- Narang, P.P., (1995) Noise Control Strategies for Occupational Safety and Better Working Environments, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 1:4, 311-329.
- NIOSH, (2000). Work related hearing loss. NIOSH Publications, 2001-103.
- Özgüven, H. N.,(2008). *Gürültü kontrolü - endüstriyel ve çevresel gürültü*. (İkinci Baskı). Türkiye: Türk Akustik Derneği Teknik Yayınları, 57-58.
- Özçetin, Z. (2016). *Celal bayar bulvarı üzerinde trafik kaynaklı gürültünün analizi ve çevresel etkilerinin araştırılması üzerine bir yöntem önerisi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 32-34.
- Peters, R.J., Smith, B.J., Hollins, M., (2011) *Acoustics and noise control* (Third Edition). London: Pearson Educated Limited, 243-252.
- Platon, S.N., (2016). *Noise mapping in working environment, method for increasing the workers awareness to occupational noise*. 7. Congress of the Alps Adria Acoustics Association (AAAA), Ljubljana.

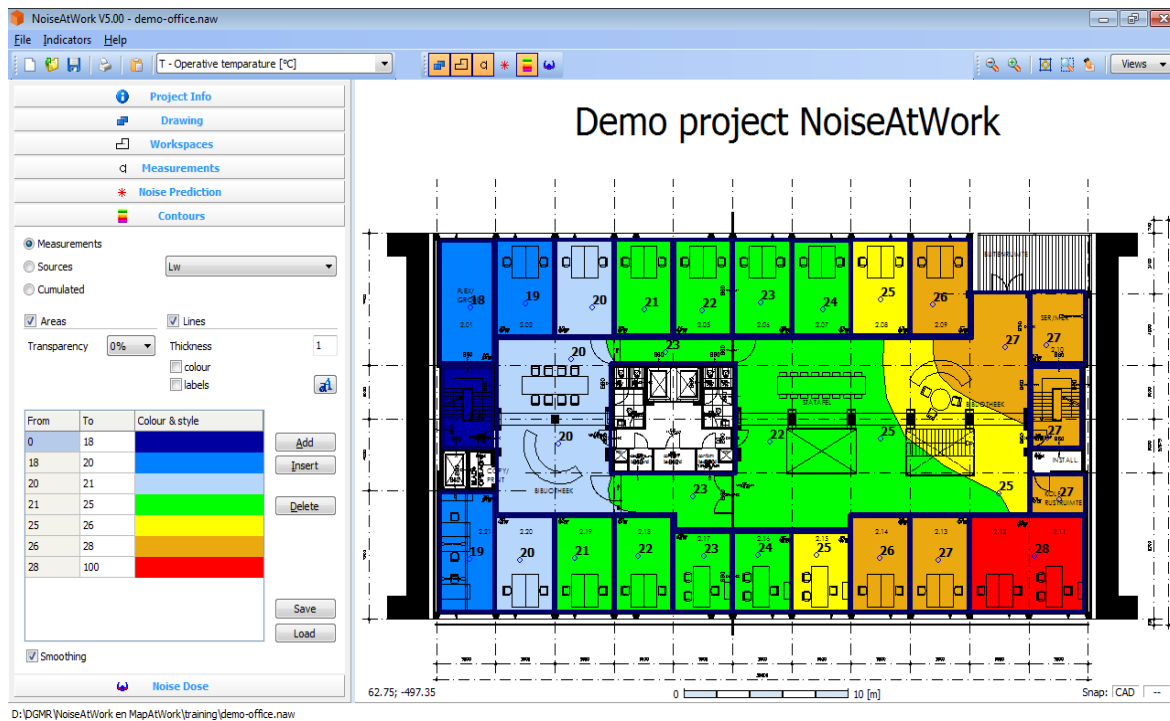
- Sliwinska-Kowalska M., Davis A. (2012). Noise-induced hearing loss. *Noise Health*, 14(61), 274-80.
- Şerefhanoglu Sözen, M., İlgürel, M. N. (2005). Değişik sanayi kuruluşlarında gürültünün nesnel, öznel yönetmelikler bağlamında incelenmesi. *Megaron*, 1(1), 9-17.
- Şerefhanoglu Sözen, M.,(yürütücü), İlgürel, N., Erdoğan, S., (2008), “Sanayi Yapılarının Tasarım Sürecinde Gürültünün Bir Ölçüt Olarak Değerlendirilmesi İçin Bir Yöntem Geliştirilmesi”, TÜBİTAK Araştırma Projesi, Proje No:105M233, İstanbul.
- Tamer Bayazıt, N., Kurra, S., Şan Özbilen, B., Şentop, A.. (2018). Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği Açıklama ve Uygulama Kılavuzu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Toprak, R., Aktürk, N., (2004). Gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 61(1), 49-58.
- TS 2607 ISO 1999. İş yerinde maruz kalınan gürültünün tayini ve bu gürültünün sebep olduğu işitme kaybının tahmini. (2005). TSE, Ankara.
- TS 9315 ISO 1996-1 - Çevre gürültüsünün tarifi, ölçülmesi ve değerlendirilmesi - Bölüm 1: Temel büyüklükler ve değerlendirme işlemleri. (2005). TSE, Ankara.
- TS ISO 8297. Çoklu gürültü kaynağına sahip sanayi tesislerinde çevredeki ses basınç seviyelerinin değerlendirilmesi için ses güç seviyelerinin tayini mühendislik metodu. (2006). TSE, Ankara.
- TS ISO 1996-2 - Çevre gürültüsünün tarifi, ölçülmesi ve değerlendirilmesi - Bölüm 2: Çevre gürültü seviyelerinin tayini. (2009). TSE, Ankara.
- TS EN ISO 9612. Çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün belirlenmesine ilişkin mühendislik yöntemi. (2009). TSE, Ankara.
- TS EN ISO 3744. Gürültü kaynaklarının ses gücü seviyelerinin ve ses enerji seviyelerinin ses basıncı kullanılarak belirlenmesi - Yansıtıcı bir düzlem üzerindeki temel olarak serbest bir alanda uygulanan mühendislik yöntemleri. (2011). TSE, Ankara.
- World Health Organization Regional Office for Europe. (2018). Environmental Noise Guidelines for the European Region. Denmark: WHO.

EKLER

EK-1. Ölçülen en yüksek gürültü seviyesi ile birlikte ölçüm sonuçları

Alıcı	Ölçülen Eşdeğer Sürekli Gürültü Düzeyi dBA, L_{Aeq}	En Yüksek Gürültü Seviyesi dBA L_{max}	Alıcı	Ölçülen Eşdeğer Sürekli Gürültü Düzeyi, dBA L_{Aeq}	En Yüksek Gürültü Seviyesi dBA L_{max}	Alıcı	Ölçülen Eşdeğer Sürekli Gürültü Düzeyi dBA, L_{Aeq}	En Yüksek Gürültü Seviyesi dBA L_{max}
A1	89,2	97,7	A27	83,3	86,2	A53	85,2	89,4
A2	87,7	93,6	A28	87,7	94,8	A54	85,7	90,2
A3	89,5	93,6	A29	86,2	96,6	A55	83,8	92,4
A4	86,9	93,0	A30	87,6	98,2	A56	85,0	91,5
A5	84,8	92	A31	87,4	99,0	A57	83,6	90,8
A6	88,0	92,8	A32	86,3	93,1	A58	83,7	91,3
A7	88,5	97,0	A33	82,9	87,3	A59	83,1	89,9
A8	86,8	95,4	A34	84,0	87,9	A60	82,8	92,4
A9	84,9	94,7	A35	85,5	88,4	A61	81,9	90,7
A10	88,1	97,5	A36	86,4	101,7	A62	82,7	88,2
A11	85,7	93,4	A37	88,2	92,2	A63	83,4	87,5
A12	84,8	91,1	A38	87,2	98,4	A64	82,0	89,6
A13	82,7	92,3	A39	85,0	92,2	A65	82,2	89,6
A14	85,5	91,2	A40	82,7	93,3	A66	80,1	80,7
A15	83,8	96,1	A41	83,9	87,4	A67	82,0	88,4
A16	84,7	93,8	A42	85,3	93,4	A68	79,5	83,9
A17	86,2	96,1	A43	86,7	90,6	A69	77,6	82,0
A18	85,5	89,7	A44	90,0	95,7	A70	76,1	83,4
A19	83,9	86,5	A45	87,1	92,8	A71	75,5	82,7
A20	86,1	89,1	A46	85,2	97,8	A72	77,3	85,2
A21	84,8	94,3	A47	82,6	88,7	A73	78,2	83,1
A22	87,2	91,2	A48	83,8	93,8	A74	80,0	95,2
A23	86,5	92,7	A49	85,0	91,1	A75	77,4	84,0
A24	86,1	91,2	A50	84,0	92,3	A76	76,1	85,2
A25	84,8	88,9	A51	84,9	91,3	A77	74,6	88,4
A26	83,4	88,2	A52	85,5	92,5			

EK-2. NoiseAtWork yazılımı ara yüzü (www.dgmrsoftware.com)



EK-3. Preshane iç ortam görüntüleri



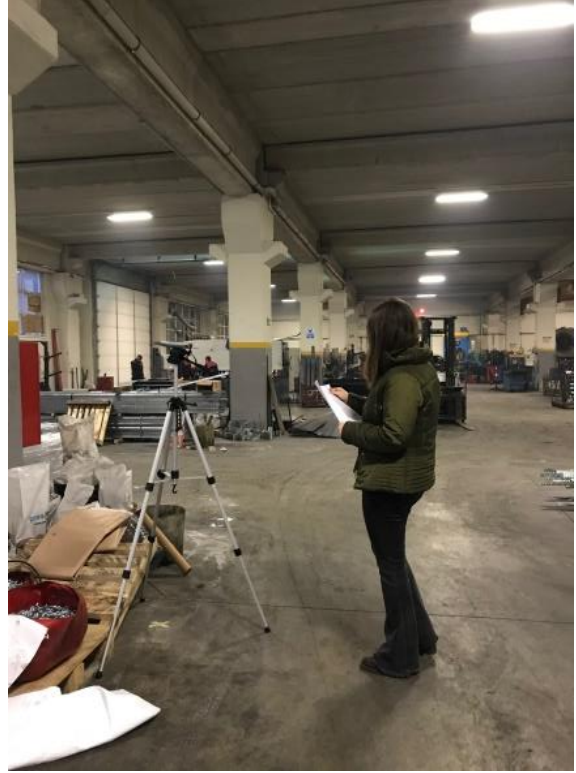
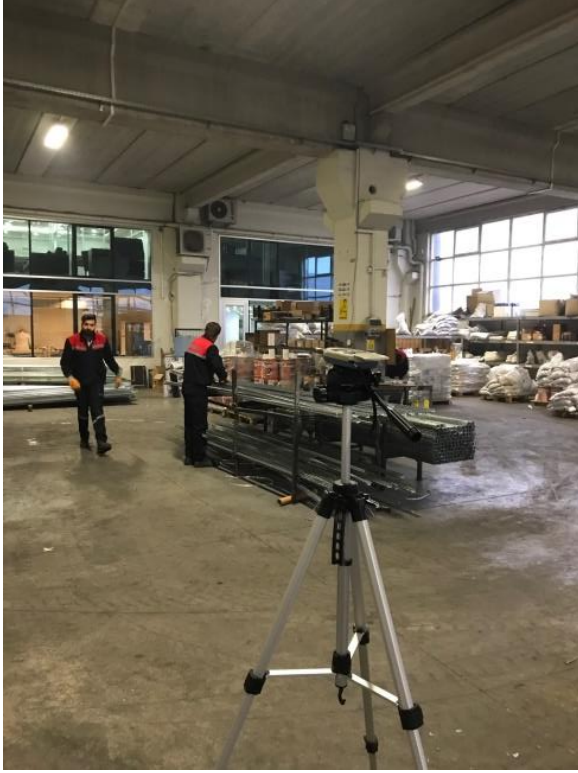
EK-3. (devamı) Pres ve ovalama makinesi görüntüleri



EK-3. (devamı) Makinelerin döşeme ile birleşimlerini gösteren fotoğraflar



EK-3. (devamı) Ölçüm sırasında çekilmiş görüntüler



EK-3. (devamı) Stok bölümünden görüntüler



EK-3. (devamı) Kalıphane bölümünden görüntüler



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DADAŞ, Ezgi
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 02.06.1992, Erzurum
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 (543) 518 12 12
 e-mail : ezgidadas@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	Devam ediyor
Lisans	Abant İzzet Baysal Üniversitesi / Mimarlık	2015
Lise	Figen Sakallıoğlu Anadolu Lisesi	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-Halen	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2017	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Dadaş, E., Demirel F., (2018). *Noise Protection In Industrial Buildings: Architectural Design Strategies*. 8. Congress of the Alps Adria Acoustics Association (AAAA), Zagreb.

Hobiler

-



GAZİ GELECEKTİR..