

T. C.  
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİYEL GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ  
VE KONTROLÜ

TÜLOMSAŞ ELEKTRİK MAKİNALARI  
FABRİKASI TEST ATELYESİNDE  
UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman : ÖĞR. GRV. DR. A. EKREM ÖZKUL

HALİT DEMET

T. C.  
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ  
MERKEZ KÜTÜPHANESİ

ESKİŞEHİR 1986

## ABSTRACT

Certain rules are required for noise measurement in work environments. The data issued by the institutions that aimed to supervise labor health conditions are a mess of numerical values. These data is the main point for the evaluation of environmental noise when supported with the techniques extracted from given literature.

Noise has a negative effect on the psychological and physical condition of human beings, and has unrepairable effects on hearing ability when it is above certain levels. so the international standards and situation in Turkey is analyzed for evaluation of effects of noise. Taking the harmful effects of noise into consideration noise control procedures and noise reduction alternatives in various level under certain circumstances.

Noise measurement , evaluation and noise control methods in the electrical machinery workshop of the Turkish Lokomotive and Motor Industry, Inc. Company are explained.

## İÇİNDEKİLER

Özet .....	i
Abstract .....	ii
Tablolar Listesi .....	viii
Şekiller Listesi .....	x
Giriş .....	1

## BİRİNCİ BÖLÜM

### GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

I.1 GÜRÜLTÜ İLE ERGONOMİ BİLİMİNİN İLİŞKİSİ ...	5
I.2 SES VE GÜRÜLTÜ KAVRAMLARI .....	6
I.3 GÜRÜLTÜNÜN SINIFLANDIRILMASI .....	12
I.3.1 Frekans Dağılımına Göre Gürültü ....	12
I.3.2 Zamana Bağımlı Gürültüler .....	12
I.4 GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ VE ÖLÇÜM KURALLARI .....	13
I.4.1 Gürültü Ölçümünün Amacı .....	13
I.4.2 Gürültü Ölçümünde Kullanılan Cihazlar	14
I.4.2.1 Ses Düzeyi Ölçerler .....	14
I.4.2.2 Gürültü Doz Ölçer .....	15
I.4.3 Ses Düzeyi Ölçer ile Ölçüm Şekli Ve Dikkat Edilecek Hususlar .....	18
I.5 GÜRÜLTÜ DÜZEYİ HESAPLAMALARI .....	21
I.5.1 Gürültü Kaynağı Makinaların Ses Güç Düzeylerinin Teorik Olarak Hesaplanması .....	21
I.5.2 Elektrik Motorları İçin Teorik Hesaplama .....	23

I.5.3	Teorik Hesaplama İşleminde	
	Karşılaşılabilecek Aksaklıklar ....	24
I.6	GÜRÜLTÜ ÖLÇÜM VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	
	İŞLEMLERİ .....	24
I.6.1	Desibellerle Toplama Ve Çıkarma	
	Eğrileri Yardımıyla Toplam Ses	
	Seviyesinin Hesabı .....	25
I.6.2	Toplam Ses Gücü Düzeyi İle Hesaplama	27
I.6.3	Bir Gürültü Kaynağının Frekans	
	Analizi İle Ses Düzeyinin Hesaplanması	28
I.6.4	Gürültü Seviyesi Faktörü Kullanarak	
	Günlük Eşdeğer Gürültü Düzeyinin	
	Hesaplanması .....	29
I.6.5	Kompozite Gürültü Göstergesi İle	
	Haftalık Eşdeğer Gürültü Seviyesinin	
	Hesaplanması .....	31

## İKİNCİ BÖLÜM

### GÜRÜLTÜNÜN SAĞLIĞA ETKİSİ VE GÜRÜLTÜ KONTROLÜ

II.1	GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ ...	35
II.2	GÜRÜLTÜ STANDARTLARI, ULUSLARARASI	
	VE TÜRKİYE'DEKİ DURUMU .....	38
II.3	GÜRÜLTÜ KONTROL YÖNTEMLERİ .....	44
	II.3.1 Kaynakta Gürültü Kontrolü .....	45
	II.3.1.1 Planlama Ve Bakım	
	Faaliyetleri .....	45

II.3.1.2	Kaynağın Ses Yalıtıcı Ve Yutucu Malzeme İle Kaplanması	46
II.3.1.3	Titreşim Kontrolü	47
II.3.1.4	Gürültü Kaynağının Kapatılması	48
II.3.1.5	Malzeme Ve Tasarım Değişikliği	49
II.3.1.6	Susturucu Kullanımı	49
II.3.2	Gürültünün Yayılım Alanında Kontrolü	50
II.3.2.1	Gürültü Kaynağının Bulunduğu Bölgenin Ses Yalıtıcı Malzeme İle Ayrılması	50
II.3.2.2	Bariyer Kullanımı	52
II.3.2.3	Atelye Akustiğinin Değiştirilmesi	53
II.3.3	Gürültünün Algılandığı Yerde Kontrolü	56
II.3.3.1	Kişisel Koruyucularla Gürültü Kontrolü	56
II.3.3.2	Ses Yalıtım Odacığı	56
II.4	GÜRÜLTÜ KONTROLUNUN EKONOMİK ANALİZİ	57

### ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

#### GÜRÜLTÜ KONTROL YÖNTEMLERİNİN

#### EİR ATELYEDE UYGULAMASI

III.1	UYGULAMANIN YAPILDIĞI FİRMANIN TANITIMI	60
III.2	UYGULAMANIN AMACI	61
III.3	İŞLETMEDEKİ GÜRÜLTÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ	62

III.3.1	İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Çalışmaları .....	63
III.3.2	İşletmede Gürültü Üzerine Daha Önce Yapılmış Çalışmalar .....	64
III.4.	UYGULAMA YERİ OLAN ELEKTRİK MAKİNALARI TEST ATELYESİNİN TANITIMI .....	67
III.5	ÖLÇÜM, STRATEJİSİ VE DEĞERLENDİRMESİ .....	71
III.5.1	Desibellerle Toplama Eğrileri Yardımıyla Toplam Ses Seviyesinin Hesaplanması .....	73
III.5.2	Toplam Ses Gücü Düzeyinin Hesaplanması .....	74
III.5.3	Frekans Analizinden Faydalanarak Alternatörün Ses Düzeyinin Hesaplanması .....	75
III.5.4	Gürültü Seviyesi Faktörü Kullanarak Günlük Eşdeğer Gürültü Seviyesinin Hesaplanması .....	76
III.5.5	Kompozite Gürültü Göstergesi İle Haftalık Eşdeğer Ses Seviyesinin Hesaplanması .....	79
III.6	ATELYEDE UYGULANABİLİR GÜRÜLTÜ KONTROL YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI .....	80
III.6.1	Gürültü Kaynaklarında Alınabilecek Kontrol Yöntemleri .....	80
III.6.2	Gürültünün Yayılım Alanında Gürültü Kontrol Yöntemleri .....	84

III.6.3	Gürültünün Algılandığı Yerde Gürültü Kontrol Yöntemleri .....	88
III.6.4	Gürültü Kontrol Yöntemleri Çalışmalarının Genel Yorumu .....	89
III.7	ÖNERİLEN DEĞİŞİKLİKLERİN MALİYETİ .....	90
SONUÇ	.....	93
YARARLANILAN KAYNAKLAR	.....	96

## TABLÖLAR LİSTESİ

TABLO-I.1	Standart Oktav Band Aralıkları Ve Merkez Frekansları .....	9
TABLO-I.2	Gürültünün Zamanla Değişim Şekline Göre Yapılması Gerekli Ölçüm Şekli .....	19
TABLO-I.3	Bazı Gürültü Kaynaklarınının 500'den 4000 Hz'e Kadar Olan Dört Oktav Bandındaki Toplam Ses Gücünü Bulmakta Kullanılan Çevirme Katsayıları .....	22
TABLO-I.4	1/3 Oktav Bandı İçin Frekans Analizi Gürültü Düzeyi Hesaplanması Örneği ....	29
TABLO-I.5	Ses Seviyesi Farkına Karşılık Gelen Faktörler .....	30
TABLO-I.6	Haftalık Gürültü Maruziyet Cetveli ....	31
TABLO-I.7	Parsiyel Gürültüye Maruz Kalma Göstergesi	32
TABLO-II.1	Gürültü Düzeyi Ve İşitme Kaybına İlişkin Standartlar .....	40
TABLO-II.2	Yüksek Gürültü Düzeylerine Etki Altında Kalma Süreleri .....	41
TABLO-II.3	A.B.D.'inde Metal Endüstrisi İş Kolunda 1976 Senesinde Yapılan Gürültü Maliyet Analizi Sonuçları .....	59
TABLO-III.1	Uç İş Yerinde Yapılan Gürültü Ölçüm Verileri .....	64
TABLO-III.2	Alternatöre Ait dBA Değerlerinin Bulunması .....	76



TABLO-III.3	Gürültü Seviyesi Faktörü Kullanarak Gürültü Süresi Toplam Faktörünün Bulunması .....	77
TABLO-III.4	Haftalık Gürültüye Maruz Kalma Süreleri	79
TABLO-III.5	Gürültü Kontrol Çalışmaları İçin Gerekli Olan Cihaz Ve Teçhizatların Miktar Ve Maliyetleri .....	90

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil-I.1	Oktav Bandı Aralığı Limit Değerleri	8
Şekil-I.2	Ses Düzeyi Ölçer, Frekans Analizörü, Birlikte Kullanımı Ve Ses Düzey Kayıt Cihazı	16
Şekil-I.3	Gürültü Doz Ölçer Cihazları	17
Şekil-I.4	ANSI Standartına Göre Ölçüm Şekli	20
Şekil-I.5	IEC Standartına Göre Ölçüm Şekli	20
Şekil-I.6	Desibellerle Toplama Eğrisi	26
Şekil-I.7	Desibellerle Çıkarma Eğrisi	27
Şekil-I.8	Eşdeğer Devamlı Ses Seviyesi İle Kompozit Gürültü Göstergesi Arasındaki İlişki Çetveli	34
Şekil-II.1	Bir Gürültü Kaynağına Hücre Uygulaması	49
Şekil-II.2	Akustik Perde Uygulaması	51
Şekil-II.3	Bariyerlerle Akustik Gölge Elde Edilmesi	52
Şekil-II.4	Tavanda Asılı Ses Yutucu Levhaların Durumu	53
Şekil-II.5	Delikli Yapıya Sahip Tavan Şekli	54
Şekil-II.6	Delikli Tuğla Uygulamalı Duvar	54
Şekil-II.7	Ses Yansımalarını Engelleyici Duvar Yüzü Şekilleri	55
Şekil-II.8	Ses Yansımalarını Önleyici Plastik Duvar Panosu	55
Şekil-II.9	Gürültüden Koruyucu Yalıtım Ocağı	57
Şekil-III.1	Test Atelyesi Yerleşim Planı	68
Şekil-III.2	Eşdeğer Devamlı Ses Seviyesi İle Kompozite Gürültü Göstergesi Arasındaki İlişki Çetveli	80

Şekil-III.3	Uygulanabilir Gürültü Kontrol Yöntemlerinin Yerleşim Planında Gösterimi .....	81
Şekil-III.4	Alternatörün Yeni Test Yeri Hücresi ...	82
Şekil-III.5	Akustik Perde Uygulaması .....	85
Şekil-III.6	Test Bölümlerinin Bariyerlerle Ayrılması	86
Şekil-III.7	Plastik Gürültü Barajları .....	87
Şekil-III.8	Askılı Ses Yutucu Pänoların Çatı Kirişlerindeki Durumları .....	88

## GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi, çalışanları, giderek artan biçimde gürültünün sakıncalarıyla karşı karşıya bırakmıştır.Çağımızda,artık sadece işyerlerinin bir sorunu olmaktan çıkmış tüm insanların sorunu haline gelmiş gürültü ile mücadele etmek gerekir.

Endüstriyel bakımdan gelişmiş ülkeler,gürültü sorunu olabilecek;makina tasarım,yerleşim ve mevcut sistemlerin iyileştirilmeleri konusunda gürültü kontrol çalışmalarında büyük ilerlemeler yapmışlardır.

Gürültü kontrol çalışmalarının başarıya ulaşabilmesi için;gürültü kurallara uygun bir biçimde ölçülmeli ve değerlendirilmelidir.Söz konusu değerlendirme işlemlerine ilişkin hepsini birleştiren yayın olmayışı böylesine önemli bir konuda,büyük bir eksikliktir.

Çalışma,yukarıda belirtilen hususlara yönelik üç bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde;gürültü hakkında yazılacak konuların anlaşılabilmesi için ses ve gürültüye ait kavram-

lara yer verilmiştir. Gürültü ölçümü; sadece cihazla elde edilen veriler değildir. Bu işlemin, ölçülen yerin özelliklerinin değerlendirilmesi yapılarak hangi kısımlarda cihaz kullanılması gerektiğinin bilinmesi gerekmektedir. Ölçüm işlemi kadar, ölçüm cihazının seçiminde gürültü türüne göre önem taşımaktadır. Ses düzeyi ölçer ile yapılan ölçümlerde; desibel değeri yanında frekans değerlerinin alınması, gerek gürültünün insan sağlığına etkisi ve gerekse gürültü kontrol yöntemlerinin başarıya ulaşmasında önemli bir veridir. Gürültü ölçümü yapıldıktan sonra verilerin, değerlendirilmesi ile toplam gürültü düzeyi, günlük eşdeğer gürültü düzeyi ve haftalık eşdeğer gürültü düzeyinin hesaplanması işlemlerine yer verilmiştir.

İkinci bölümde; gürültünün insan sağlığına olan çeşitli etkileri nedeniyle kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle uygulanacak gürültü kontrol yöntemleri, araştırılması gerekli sıra içinde sunulmuştur. Atelye akustiğinde yapılacak değişikliklerin atelyede oluşan gürültünün etkin frekans değerleri gözönüne alınarak yapılması gerekmektedir. Bu konu ile ilgili şekillendirme işlemlerinde kolay pratik ve kalıcı çözümler açıklanmıştır. İşyeri veriminin, gürültü nedeniyle azalması karşısında alınabilecek önlemlerin getireceği maliyete etki eden unsurlar çıkarılmıştır.

Üçüncü bölümde; elektrik motorları test atelyesinde 19 adet muhtelif güçteki elektrik motorunun çıkardığı ses düzeyleri ölçüm öncesi uygulanan kurallar gözönüne

alınarak ölçüm işlemleri yapılmıştır. Elde edilen gürültü ölçüm verileri, değerlendirme işlemlerine tabi tutulmuş, gürültü düzeyinin 100 dBA civarında eşdeğer ses seviyesinde olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum karşısında atelyede gürültü kontrol yöntemlerinin uygulanması işlemlerinin sağlayacağı faydalar yanında bu yöntemlerin başarıya ulaşabilmesi için atelye içinde yapılması gerekli değişiklikler anlatılmıştır. Alınacak tedbirlerin getireceği maliyet açıklanmıştır.

## B İ R İ N C İ B Ö L Ü M

### GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

İş yerlerinde, gürültü ölçüm çalışmalarının başarısı için, öncelikle atelye içi durumun değerlendirilmesi gerekir. Atelyenin, yansıma özellikleri, arka plan gürültüsü ve alan yapısı değerlendirilmelidir. Ölçüm cihazlarının seçiminde ve kullanımında; gürültü türü belirlenir, seçilen cihazdaki diğer özellikler kullanılarak ölçüm verilerinin hatalı çıkması önlenir. Gürültü ölçüm cihazları, gürültüye ait birçok özelliklere ulaşabilecek tarzda geliştirilmektedir. Bu işlemlere ait kavramlar hakkında bilgilerin artırılması gereklidir.

Bu bölümde önce ses ve gürültüye ait kavramların açıklamaları yapılmış, gürültü sınıflandırılmasına yer verilerek, gürültü ölçüm cihazlarına ait özelliklere geniş olarak yer verilmiştir. Ölçüm verilerinin değerlendirme işlemlerinden bahsedilmiştir.

## I.1. GÜRÜLTÜ İLE ERGONOMİ BİLİMİNİN İLİŞKİSİ

İş yerlerinde çalışan elemanlar, o yerin özelliğinden kaynaklanan, zararlı etkenlerle karşı karşıyadır. Gürültü, bu zararlı etkenler arasında önemli yer tutmaktadır. Endüstrinin gelişmesi ile yeni boyutlara ulaşmaktadır.

Endüstri Mühendisliği; insan faktörüne önem vererek verimliliği artırmayı amaçlar. Bu işlemleri gerçekleştirirken insan makina ve çevre uyumunun teknolojik yasalarını tanzim eden Ergonomi biliminden faydalanır. Çalışanların, ruh ve fizik sağlığını bozan gürültü; kuşkusuz çalışma verimini de büyük ölçüde azaltmaktadır. Bu nedenlerle Ergonomi bilimi, kapsamına giren gürültü konusunda; yapılacak araştırmalara ve çözümlere ilişkin yöntemleri geliştirir.

Bu amaçla işyerinde, gürültünün varlığının hissedilmesi durumunda; iş yerinde gürültü nedeniyle işçi sıhhatindeki rahatsızlığın başlaması halinde, gürültünün şiddet ve frekans değeri ile bu değerlerin değişkenlik gösterip, göstermediği incelenir. (1), Olumsuz netice alınması durumunda gürültü kaynağının çalışanlara uzaklıklarının uygunluğu ile kaynağın sesinin izole edici malzemelerle kaplanması durumu araştırılır. Ortamda, gürültü miktarını artıran yapının özelliği ve ses emici engellerin durumları incelenir. Bu çalışmalara ait ekonomik, ideal önlemler alınması hususunda bilgiler verir.

---

(1) A. Fahri ÖZOK, İş Yeri Düzenlenmesinde Ergonomik Denetim  
İ.T.Ü. İşletme Fakültesi; End. Müh. Böl., yayınlanmamış Ders Notu, İstanbul, 1984, s.16



## I.2. SES VE GÜRÜLTÜ KAVRAMLARI

Gürültü ölçümü, kontrolü ve uygulama çalışmalarında gürültüye ait kavramlar söz konusu olmaktadır. Bunların bazıları aşağıda verilmiştir.

- a) Ses: Maddenin titreşimi ve bu titreşimin hava, su gibi bir ortam içinde itilerek kulağa gelmesidir.
- b) Gürültü: Hoşa gitmeyen ve rahatsız edici sestir.
- c) Ses Şiddeti: Sesi oluşturan titreşimlerin atmosferde yarattığı basınç sesin şiddetini belirler. Ses şiddeti değerlendirme birimi desibeldir. (2). Desibel, değişik ses şiddetlerini karşılaştırmak için kullanılan logaritmik esasa dayanan bir birimdir. 0,0002 mikrobar ( $\text{dyn/cm}^2$ ) basınç yapan ses, duyma eşiği olarak kabul edilmektedir. Kulak 1000 Hz frekanslı, ancak 0,0002  $\text{dyn/cm}^2$  basıncın üzerinde duymaya başlar. Kulağın duyabileceği en kuvvetli sesin basıncı 2000  $\text{dyn/cm}^2$  (130 dB) dir. Bu basınçtaki ses kulakta ağrı yapar ve ağrı duyma eşiği olarak kabul edilir.

Ses şiddeti aşağıdaki bağıntıyla belirtilmektedir.

$$L = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0} \quad (\text{Desibel})$$

L= Sesin şiddeti

P= Ölçülen ses basıncı

P<sub>0</sub>=Referans ses basıncı (P ile aynı birimde)

$$= 2 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^2 \quad (\text{metrekare başına Newton})$$

$$= 2 \cdot 10^{-4} \text{ dyn/cm}^2$$

$$= 2 \cdot 10^{-4} \text{ } \mu\text{b} \quad (\text{mikrobar})$$

d) Sesin Frekansı: Birim zamandaki basınç devir sayısıdır. Frekans sesin pesliğini ve tizliğini belirler. Yüksek frekanslı sesler ise pes sesleri oluştururlar. Birimi Hertz(Hz) dir.

e) Arı Ses: Tek bir frekanstan oluşan sese denir.

f) Peryodik Ses: Değişik frekanslardaki iki yada daha fazla sayıdaki arı ses n birleşmesi sonucunda elde edilebilen sese denir.

g) Karmaşık Ses: Peryodik olmayan ses basıncı değişiminin meydana getirdiği sesdir.

h) Frekans Analizi: Peryodik yada karmaşık seslerin kendilerini oluşturan arı seslere ayrılması işlemidir.(3). Herharmonik ses basıncı değişiminin grafikte gösterilmesi ne frekans dağılımı denir. Bu grafik ses yada gürültü enerjisinin frekanslara göre dağılımını gösterir. İşlemleri kendiliğinden yapan cihazlara Frekans Analizörü adı verilir. Temel olarak, ses basıncı değişimlerini; elektronik olarak belli bir frekans aralığında filtre ederek bu aradaki bileşenlerin büyüklüğünü yani enerjisini ölçmektir. Bu cihazlar sabit band ve sabit yüzdeleri band genişlikli çözümleyicilerdir.

i) Ortalama Ses Basıncı: Zamanla değişimi  $\phi(T)$  olan sesin T süresindeki RMS(Root, Mean, Square) ortalama kare değerinin kare köküdür.

$$P_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt}$$

Peryodik dalgalar için T yerine periyot alınır

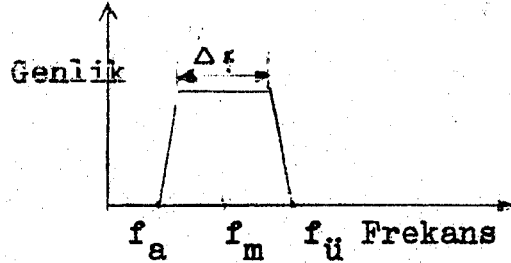
---

(3) Mehmet ÇALIŞKAN, Endüstriyel Gürültü Denetimi, Seminer Notları. SEGEM, Ankara, Aralık 1985, s.17

j) Toplam Ses Basıncı: Değişik frekanslardaki dalgaların bir noktada oluşturacakları ses basıncı değerine denir.

$$P_{\text{Toplam}} = \sum_{i=1}^n (P_i)_{\text{RMS}}$$

k) Oktav Bandı: İnsan kulağı yaklaşık 16-20000Hz arasındaki frekansları duyabilir. İnsan kulağı da çözümüleme işlemini sanki sabit yüzdeleri band genişlikli çözümler. Frekans aralığı çok geniştir ve sabit genişlikte bandların kullanılması, birçok durumda çok analiz süresi gerektirir. Onun için ses analizlerinde frekans aralığı oktav bandı adı verilen kısımlara bölünür. Oktav bandları, 1/n oktav bandları diye standartlaşmaya gidilmiştir. (4).



Şekil-I.1. Oktav Bandı Aralığı Limit Değerleri

Şekil-I.1'de görüldüğü gibi, bandın üst sınır değeri, alt sınır değerinin iki katıdır ve her bandın üst sınır değeri bir sonraki bandın alt sınır değeridir. Her bandın merkez frekansı ise alt ve üst sınır değerlerinin geometrik ortalamasıdır.

$$f_{\text{ü}} = 2f_{\text{a}}$$

$$f_{\text{m}} = 2f_{\text{a}} = f_{\text{ü}} / 2$$

$$\text{Band genişliği: } \Delta f = f_{\text{üst}} - f_{\text{alt}}$$

$f_{\text{ü}}$ : Üst sınır frekansı

$f_{\text{a}}$ : Alt sınır frekansı

$f_{\text{m}}$ : Merkez frekansı

Tablo- I.1. Standart oktav band aralıkları ve merkez frekanslarının değerleri gösterilmiştir.

Tablo- I.1. Standart Oktav Band Aralıkları ve Merkez Frekansları

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

1) Düzey: Desibel ile ölçülen büyüklüklerdir.

m) Ses Gücü Düzeyi: Bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücüne ses gücü (veya akustik güç), bu gücün düzeyine ise ses gücü düzeyi adı verilir. (5).

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

W: ölçülen ses gücü (Watt)

$W_0$ : referans gücü =  $10^{-12}$  (Watt)

(5) Haluk ORHUN, Tekstil Sanayiinde Gürültü Sorunu Ve Çözümü, Hacettepe Üniv. Sağlık Bilimleri Fak. Ankara, 1982, s.16

n) Ses Basıncı Düzeyi: Sesin belli bir noktada meydana getirdiği ses basıncı seviyesine denir.

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad (\text{dB})$$

P : Ölçülen ses basıncı değeri (Newton/m<sup>2</sup>)

P<sub>0</sub> : Referans basıncı = 20 x 10<sup>-6</sup> (Newton/m<sup>2</sup>)

o) Ses Şiddeti Düzeyi: Ses şiddeti I'nın, referans şiddeti I<sub>0</sub> oranının logaritmik ifadesine denir. (6),

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (\text{dB})$$

I: Ölçülen Ses Şiddeti (Watt/m<sup>2</sup>)

I<sub>0</sub>: Referans ses şiddeti = 10<sup>-12</sup> (Watt/m<sup>2</sup>)

p) Eşdeğer Sürekli Ses Düzeyi: Ses düzeyinin zamanla gelişigüzel değişmesi ve ses düzeyindeki alçalıp, yükselmelerin incelenmesinde kullanılır,

$$L_{\text{eşdeğer}} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2(t)}{P_0} dt$$

T: Ölçüm süresi

P(T): Ölçülen sesin A ağırlıklı ses basıncı

P<sub>0</sub>: Referans ses basıncıdır

r) Ses Etkilenim Düzeyi: Kısa sürede önemli düzey değişimini gösteren bir sesin enerjisine sahip, 1 saniye süren sabit düzeyli sesin ses düzeyidir.

s) Oktav: Birinin frekansı diğerinin iki katı olan titreşimin aralığıdır.

(6) Mutbul KAYILI, Yapılarda Bölme Elemanlarının Ses Yalıtımı, A.Ü. Mim.Fak.Yayın No:14, Eskişehir, 1984, s. 16

t) Dar Band Aralığı :Oktav band analizinin sağladığı bilgi yeterli olmaması durumunda daha dar frekans bandları kullanılır.Pratikte kullanılan dar band aralıkları,1/3 oktav yada 1/10 oktav analizi yapmaktadır.Bu analizler için bir oktavlık aralık sırasıyla üçe ve ona bölünmektedir.

$$f_{üst} = 2^n f_a$$

$$f_m = f_a \cdot f_{ü}$$

eşitliklerinden n oktav 1/3 oktav ve 1/10 oktav analizleri için sırasıyla 1,1/3 ve 1/10 değerleri alınır.

u) Fon : Gürültünün öznel şiddetini ölçebilmek için fon olarak adlandırılan boyutsuz bir ölçü birimi kullanılmaktadır.Fon ölçüsü,aynı şiddetle aynı basıncı yaratan,fakat frekansları farklı seslerin eş şiddette algılanmaması olgusuna dayanmaktadır.Fon değerleri teknik bir aletle ölçülemez.Bu değerler eğitilmiş gözlemcilerin takdir ettikleri öznel değerleridir.Öznel şiddeti 40 fon olan ses yüksekliğine "SON " denilir.(7).

Yukarıda kısaca tanımlanan kavramlardan sonra gürültünün sınıflandırılması yapılacaktır.

---

(7) Gülten İNCİR,Endüstriyel İşyerlerinde Çevre Koşullarının Etkileri ,M.P.M Yayın No:227,Ankara,1979 s.74-75

### I.3.GÜRÜLTÜNÜN SINIFLANDIRILMASI

Gürültü;frekans dağılımına ve ses düzeyinin zamanla değişimine göre iki alt gruba ayrılmaktadır.

#### I.3.1. Frekans Dağılımına Göre Gürültü

Bu sınıflama içindeki gürültüler,geniş band gürültüsü ve dar band olmak üzere ikiye ayrılır.

i) Geniş Band Gürültüsü : Gürültüyü oluşturan arı seslerin frekansları geniş bir aralığı kapsar.Yani frekans dağılımı yayılmış hiçbir frekans bandında toplanmamıştır. her frekanstaki katkının aynı olduğu geniş band gürültüye beyaz gürültü adı verilir.

ii) Dar Band Gürültüsü : Geniş band gürültünün tersine ,bu tür gürültünün frekans dağılımı,belli bir frekans bandında toplanmış bir grafik gösterir.Diğer bir deyişle,gürültüyü oluşturan arı seslerden frekansı belli bir aralıkta olanlar baskındır.(8)

#### I.3.2.Zamana Bağımlı Gürültüler

Gürültüler ses düzeyinin zamanla değişimi açısından kararlı ve kararsız gürültü olmak üzere ikiye ayrılır.

i)Kararlı Gürültü:Gürültü düzeyinde zamanla önemli bir değişme gözlenmez.Sabit bir hızla çalışan bir motorun yaratacağı gürültü bu çeşit gürültüdür.

ii)Kararsız Gürültü:Gözlem süresince gürültü düzeyinde önemli değişiklikler olan gürültülere kararsız gürültü denir. Niteliklerine göre üçe ayrılır. (9),

(8) Nevzat ÖZGÜVEN,A.g.k.,s.17

(9) Haluk ORHUN,A.g.k.,s.25

a) Dalgalı Gürültü:Gözlem süresince gürültü düzeyinde sürekli ve önemli ölçüde değişiklikler olan gürültüdür.Fabrika içinde,montaj hattı gürültüsü bu gürültüye örnektir.

b) Kesikli Gürültü:Gözlem süresince gürültü düzeyi, aniden ortam gürültü düzeyine düşen ve ortam gürültü düzeyi üzerindeki değeri bir saniye ve daha fazla sürede sabit olarak devam eden gürültüdür.Durup yeniden çalışan vantilatörlerin çıkardığı gürültü bu gürültüye örnek verilebilir.

c) Vurma Gürültüsü:Herbiri bir saniyeden az süren bir veya birden fazla vuruşun çıkardığı gürültüdür.Anlık gürültü de denilmektedir.Perçin makinasının ve çekicinin çıkardığı gürültüler bu tip gürültüye örnektir.

Gürültü türleriyle birlikte çeşitli boyutları ile tanıtıldı.Gürültünün şiddetinin,ölçüm kurallarına uygun şekilde ölçülmesi ve ölçüm amaçlarının incelenmesi.

#### I.4. GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ VE ÖLÇÜM KURALLARI

##### I.4.I. Gürültü Ölçümünün Amacı

Gürültü ölçümlerinde esas olan bir yerdeki gürültüyü doğuran gürültü kaynağının istenilen mesafelerdeki gürültü ölçümleri,frekans analizi ile beraber yapıldığında gürültü kontrolçalışmaları istenilen amaca ulaşacaktır.Ayriyeten,gürültü düzeylerinin istenilen sınırlar içinde bulunup,bulunmadığı anlaşılacaktır.

Gürültünün çalışanlara etkisi, gürültü kaynağı ile alıcı arasındaki yayılma alanına bağlı olmaktadır.



Bu ara arttıkça gürültüyü oluşturan ses dalgaları hızla zayıfladığından gürültü düzeyi düşmektedir. Bu sebepten çalışanlarda gürültü etkisi konulu araştırmalar, çalışanların bulunduğu yerlerde çeşitli seviyelerde alınanölçe değerlerine dayanılarak yapılır. Ölçümlerden doğru neticeler alınabilmesi için, ölçümlerin belirli kurallara uygun olarak gerçekleştirilmesine dikkat edilmelidir.

#### I.4.2. Gürültü Ölçümünde Kullanılan Cihazlar

Ortamdaki gürültünün özelliğine göre farklı gürültü cihazları kullanılmaktadır. Bu amaçla kararlı ve sabit gürültü düzeyinin ölçümünde Ses Düzeyi Ölçerler, kararsız darbeli gürültülerin ölçümünde ise Gürültü Doz Ölçerler kullanılmaktadır(10).

##### I.4.2.1. Ses Düzeyi Ölçerler

Ses düzeyi ölçer ile istenilen noktadaki ses düzeyi doğrudan ölçülür. Bu cihazların ibreli ve elektronik olmak üzere basit ve geliştirilmiş tipleri mevcuttur. Basit tipleri genel amaçlı pratik ve çok kullanışlıdır. Endüstri tipi bu cihazların hassasiyeti 1 dB ya da 0.5 dB'dir. Bu tip ölçerlerin bir kısmında A, B, C ve D ağırlıklı skalalara sahip elektronik devreler bulunur. Ağırlanmış skalaların amaçları şöyledir (11):

a.) A Skalası(dBA): Özellikle düşük frekansları tutan ve 1000 Hz.'den 250 Hz.'eye doğru yoğunlaşan ve her

---

(10) NEVZAT OZGUVEN, A.g.k., s.47

(11) İBRAHİM. HIZALAN, Gürültü Ve Ölçümü, Bursa Tıp Fakültesi K.B.E. Hastalıkları Kürsüsü, Ders Notları, Bursa, 1980, s.18-19

oktavda 5dB farkla aynı değerde ses veren özelliği bulunmaktadır. 55 fonun altı için kullanılır.

b.) B Skalası(dBB): 300 frekansın altındaki sesleri kesen ve filtre eden mekanizması bulunur. 55 ile 85 fon arasında kullanılır.

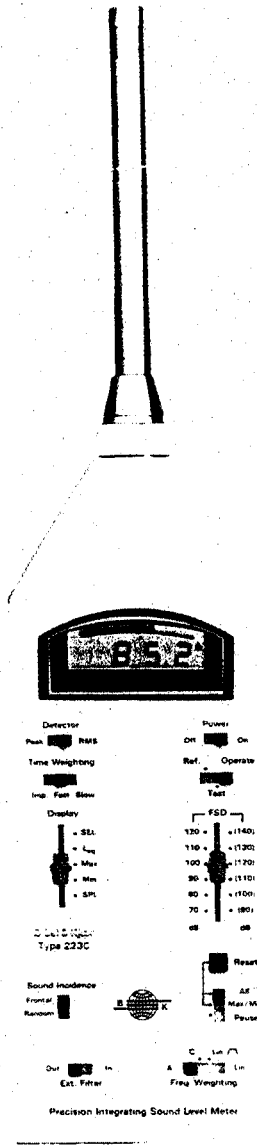
c.) C Skalası(dBC): Bütün frekanslara hassas olan 20 Hz. ile 10000 Hz.'de özellikle 100-2000 Hz. arasında eşit şiddetde hassas olan geniş ve düz gürültü skalasıdır. 55 fonun üzerinde kullanılır.

d.) D Skalası(dBD): Özel elektronik sistemi olan ve uçak gürültüsünün çok üstünde şiddetli, rahatsız edici ses seviyelerinde ölçüm yapılan skaladır.

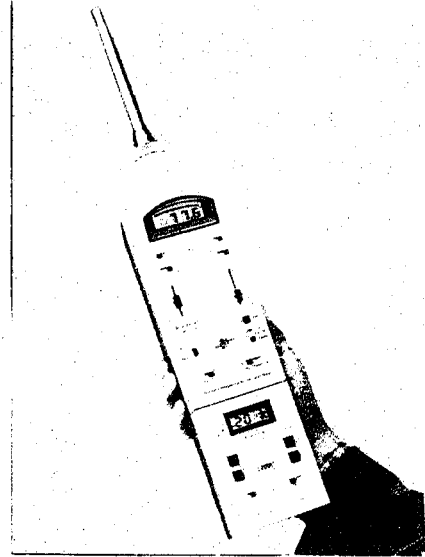
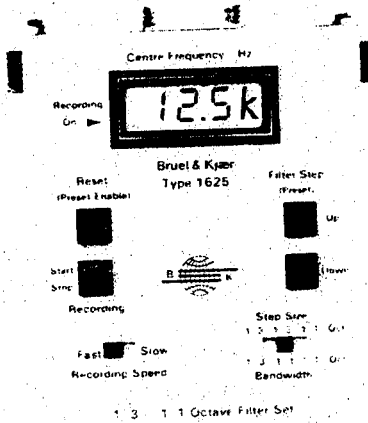
Gürültünün kişiye olan etkisini incelerken A skalası kullanılır. Gelişmiş elektronik bir ses düzeyi ölçer Şekil-I.2'de görülmektedir. Bu cihazların ölçüm hatası 0.1 dB olması nedeniyle gündelik ölçümlerde kullanılması tavsiye olunmamaktadır. Bazı modellerde darbe gürültüsü, eşdeğer gürültü düzeyi ve ses etkilenim düzeyine ait verileri almak mümkün olmaktadır. Cihazların alt kısımlarına takılıp çıkarılabilen frekans analizör aparatları sayesinde gürültüye ait frekans değerlerini ölçmek mümkün olmaktadır.

#### I.4.2.2. Gürültü Doz Ölçer

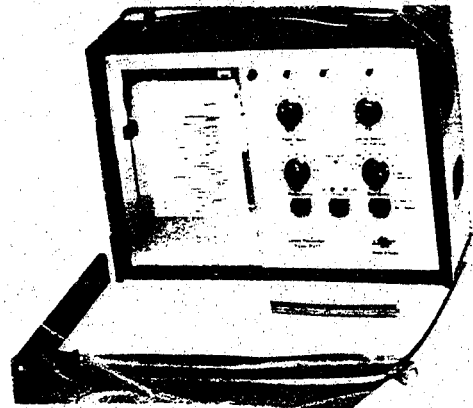
Gürültülü ortamda çalışan bir kişi değişik sürelerde değişik gürültü düzeylerinin etkisi altında ise kişinin gürültüden etkilenme durumu gürültü dozu ile belirlenir. Bu durum gürültü dozu ile belirlenir. Ancak gü-



Ses Düzeyi Ölçer

Ses Düzeyi Ölçer Ve Frekans  
Analizörü beraber kullanımı

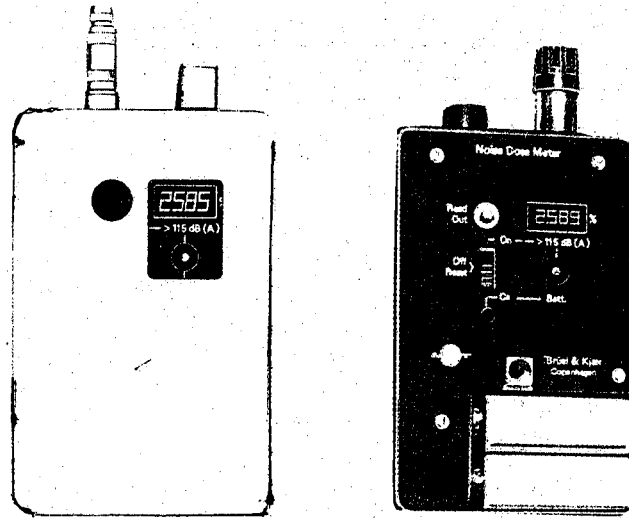
Frekans Analizörü



SES Düzeyi Kayıt cihazı

Şekil-I.2.Ses Düzeyi Ölçer, Frekans Analizörü, Birlikte  
Kullanımı Ve Ses Düzey Kayıt Cihazı

rültü peryodik olmayan , darbe şeklinde kararsız bir gürültünün etkisindeki bir kişi için gürültü dozu hesaplamaları bulunamaz. Bu durumlarda Şekil-I.3'de görülen gürültü doz ölçerler gürültü dozunu verdiği gibi belirli zaman aralığında kişinin etkisinde kaldığı en yüksek gürültü düzeyini de verir. ISO ve OSHA standartlarına göre gürültü dozu hesaplama şekilleri farklı olduğundan her iki standart için farklı doz ölçerler kullanılmaktadır. Bu farklılık ISO standartına göre ses seviyesindeki üç dB'lik artışta doz miktarı iki misli artmakta iken OSHA standartına göre ses seviyesinin 5 dB'lik artışında gürültüde kalma zamanı yarıya düşmektedir.(12)



Şekil-I.3.Gürültü Doz Ölçer Cihazları

(12) BRÜEL, KJAER , Industrial Noise Control And Hearing Testing, Belgium, 1985, p.4.

### I.4.3. Ses Düzeyi Ölçer İle Ölçüm Şekli Ve Dikkat Edilecek Hususlar

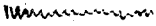
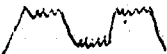

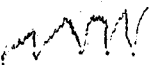
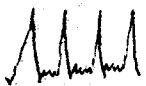
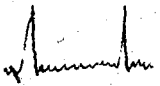

Endüstri tipi basit bir ses düzeyi ölçer ile gürültü düzeyi ölçümlerinde , cihazı gürültü kaynağına doğru tutmak kendimizden elverdiğince uzakta tutmak, cihazın mikrofonu yakınında normalde ses yansıtıcı yada yutucu yüzeylerin bulunmamasına gereken hassasiyetin gösterilmesi gereklidir. Bunlara ek olarak cihaz pillerinin yeterli güçte olmasının kontrolü yapılmalıdır. Kalibre cihazları ile yapılan işlemlerde 1000 Hz.'de 93.8 dBA , 250 Hz.'de 124 dBA'ya kalibresi yapılır.Daha sonra sırasıyla şu işlemler uygulanır:

a.) Ölçüm kapalı bir yerde yapılıyor ise ortamın sıcaklığı ve nem oranı, dışarıda ölçüm yapılıyor ise rüzgar hızı ve yönü saptanmalıdır.

b.) Bir gürültü kaynağının gürültü düzeyi ölçülecek ise öncelikle ölçüm noktasındaki arka plan gürültüsünün ölçülmesi gereklidir. Çünkü asıl ölçüm değerlere arka plan gürültüsünden etkilenmektedir. Eğer arka plan gürültüsüyle asıl ölçüm değeri arasında 10 dBA ya da fazla fark var ise yapılan ölçü 0.5 dB hassasiyetle geçerlidir. Aradaki fark 10 dB'den daha az ise söz konusu kaynağın gürültüsünü sağlayabilmek için asıl ölçüm değerinden arka plan gürültüsü çıkarılmalıdır.

c.) Kullanılan cihazın özellikleri ölçülecek gürültü türüne göre ayarlar seçilmelidir. Tablo-I.2'de gürültünün zamanla değişme şekline göre ne tür ölçüm yapıl-

Tablo-I.2 Gürültünün Zamanla Değişim Şekline Göre Yapılması Gerekli Ölçüm Şekli<sup>(\*)</sup>

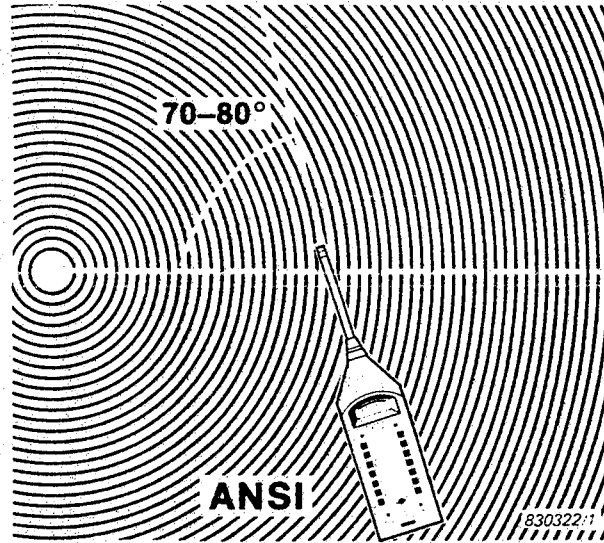
Zamanla Değişimi	Gürültü Türü	Gürültüye Örnek	Ölçüm Tipi	Cihaz Tipi
	Kararlı Gürültü (Sabit Sürekli Gürültü)	Havalandırma Sistemleri, Elektrik Motorları	Gürültü Düzeyi	Ses Seviyesi Ölçer
	Sabit Kesikli Gürültü (Arka Plan Gürültüsü)	Hava Kompresörü	Gürültü Düzeyi ve süresi ya da L eşdeğer	Ses Seviyesi Ölçer
	Dalgalı Gürültü (Peryodik)	Yüzey Taşlama	Gürültü Düzeyi veya L eşdeğer ya da Gürültü Dozu	Gürültü Dozu Ölçer ya da Eşdeğer Ses Düzeyi Ölçer
	Dalgalı Gürültü (Peryodik Değil)	Elle Çalışma Parça Montajı	Eşdeğer Gürültü Ya da Gürültü Dozu	Gürültü Dozu Ölçer ya da Eşdeğer Ses Düzeyi Ölçer
	Tekrarlanan Darbe	Otomatik Pres	L Eşdeğer ya da Gürültü Dozu	Darbeleri Ses Düzeyi Ölçer
	Tek Darbe	Parça Düşmesi Çekiç Düşmesi	L Eşdeğer ve En Yüksek Gürültü Düzeyi	Darbeleri Ses Düzeyi Ölçer
	Kısa Sürede Yükselip Kaybolan Gürültü	Uçağın Havalanması	Ses Etkilenim Seviyesi	Ses Etkilenim Seviyesini Ölçen Cihaz

(\*) J.D.IRWIN , E.R.GRAFF , Industrial Noise And Vibration, Prentice Inc. Englewood Cliffs, 1979, s.34

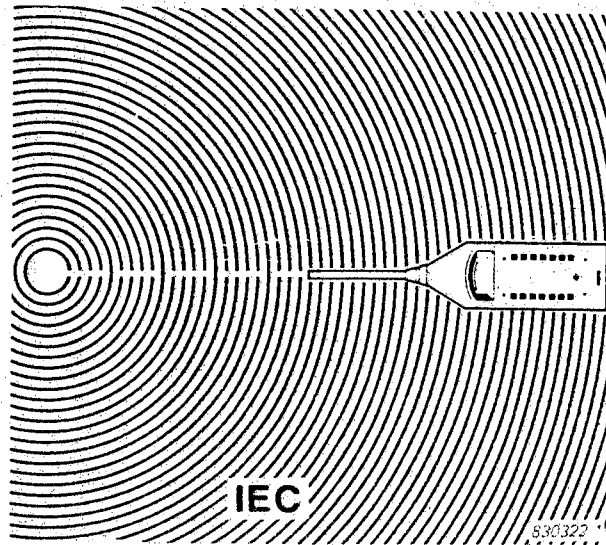
ması gerektiğini göstermektedir.

d.) Gürültü ses düzeyinde ölçüm sırasında 4 dB'den az fark oluşmuyor ise "yavaş" konumda, daha yüksek dB değerleri ve darbe tipli gürültü ölçümü için sırasıyla "hızlı", "darbe" konumunda ölçüm yapılır.

e.) Gürültü düzeyi ölçer ile standartlara göre tutuş ve yönlendirilmesi lazımdır. Şekil-I.4'de ANSI standartına göre ölçüm tarzı, Şekil-I.5'de IEC standartına göre ölçüm şekli yer almaktadır.



Şekil-I.4. ANSI Standartına Göre Ölçüm Şekli



Şekil-I.5. IEC Standartına Göre Ölçüm Şekli

## I.5.GÜRÜLTÜ DÜZEYİ HESAPLAMALARI

Genelde bir ortamdaki ses düzeyi, ses düzeyi ölçer ve gürültü doz ölçerlerle yapılan ölçümlerden alınan verilerin değerlendirilmesi yoluyla hesaplanır.

Ancak makinaların yerleşim konumlarını planlarken ve gürültüsüz olanlarının seçiminde, sadece makina gücü ile dakikadaki dönüş hızının bilinmesi, teorik olarak ses düzeyinin hesaplanmasını sağlar. Çeşitli makinalar yapımçı firmalar tarafından, aynı güçte olmasına rağmen farklı yapım özellikleri dolayısıyla, cihazla ölçüm yapıldığında azda olsa farklı neticeler almak mümkündür.

Makina ses seviyelerinin tayininde; cihazla ölçüm ve teorik olarak hesaplama olmak üzere iki yol bulunmaktadır

### I.5.I.Gürültü Kaynağı Makinaların Ses Güç Düzeylerinin Teorik Olarak Hesaplanması

Bir makinanın ses gücünün bulunması için kullanılacak yöntem, genel olarak, makinanın cinsine bağlıdır. Her makinada toplam gücün değişik bir oranı ses gücüne çevrilir. Bir makinanın ses gücünü yaklaşık olarak bulmak için

$$W = F \cdot W_m \quad \dots \dots \dots (I.1)$$

eşitliği kullanılabilir. Burada

$W_m$ : Makinanın gücü

$W$ : Makinanın yaklaşık gücü

$F$ : Makinanın türüne bağlı çevirme katsayısıdır,



makinanın gücü, beygir gücü ; watt'a çevrilir

$$W_m = \text{Beygir gücü} \times 746 \quad (\text{Watt}) \dots \dots \dots (I-2)$$

çıkan değer tablo I-3'de yer alan çevirme katsayısı

F'nin alt ve üst sınırları ile  $W_{enb}$  ve  $W_{enk}$  değeri hesaplanır.

Ses gücü düzeyi tanımından, ses gücü düzeyinin en küçük  $(L_w)_{enk}$  ve  $(L_w)_{enb}$  değerleri kolayca bulunur.

$$(L_w)_{enk} = 10 \log \frac{W_{enk}}{10^{-12}} \quad (\text{dB}) \dots \dots \dots (I-3)$$

$$(L_w)_{enb} = 10 \log \frac{W_{enb}}{10^{-12}} \quad (\text{dB}) \dots \dots \dots (I-4)$$

(I-3), (I-4) değerleri en az ve en çok yapabileceği gürültüyü vermektedir.

Tablo I-3. Bazı Gürültü Kaynaklarının 500 den 4000 Hz ye kadar olan dört oktav bandındaki toplam ses gücünü bulmakta kullanılan çevirme katsayıları (F)

Gürültü Kaynağı (n:d/dak)	Çevirme katsayıları		
	Düşük	Orta	Yüksek
Elektrik Mot. (1200)	$1 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-7}$	$3 \times 10^{-7}$
Dişli Kutuları	$1,5 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7}$	$1,5 \times 10^{-6}$
Dizel Motorları	$2 \times 10^{-7}$	$5 \times 10^{-7}$	$2,5 \times 10^{-6}$
Pompalar (1600) den hızlı	$3,5 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$
Pompalar (1200) den az	$1,1 \times 10^{-6}$	$4,4 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-5}$
Gaz Türbinleri	$2 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-5}$

Teorik hesaplama işlemiyle ses gücü düzeyinin bulunmasını örnekliyeelim.

Örnek I-1: Gücü 300 HP, dönme hızı 1200 dev/dak bir elektrik motorunun, 500 den 4000 Hz'e kadar olan dört oktav bandındaki ses gücü düzeyini bulalım

Tablo-I.4 de verilen çevirme katsayılarından, elektrik motorları için en büyük değeri alarak hesaplayalım. Motor gücü,

$$W_m = 300 \text{ hp} = 300 \times 746 \text{ watt} = 223800 \text{ watt}$$

için ses gücü eşitlik (I-2) den

$$W = 223800 \times 3 \cdot 10^{-7} = 0,067 \text{ watt}$$

bulunur. Bu ses gücüne karşı gelen ses gücü düzeyi ise

$$L_w = 10 \log \frac{0,067}{10^{-12}} = 108,3 \text{ dB dir}$$

### I.5.2. Elektrik Motorları İçin Teorik Hesaplama

Elektrik motorlarında gürültü yaratan nedenler çok çeşitli olduğundan bir elektrik motorunun ses gücü gücü düzeyi genel bir eşitlikle vermek oldukça güçtür. Bununla birlikte elde fazla veri yoksa 500- 4000 Hz oktav bandındaki toplam ses gücü düzeyi

$$L_w = 20 \log HP + 15 \log N + 13 \text{ (dB)} \dots \dots \dots \text{(I-5)}$$

eşitliğinden bulunabilir.

(I-5) eşitliği 1-300hp arasında değişen motorlar için kullanılır.

Örnek (I-1)'i Eşitlik (I-5) yardımıyla çözelim

Örnek (I-2) : değerleri eşitlik (I-5) de yerine konulursa,  $L_w = 20 \log 300 + 15 \log 1200 + 13 \text{ (dB)}$

$$L_w = 108,7 \text{ dB bulunur.}$$

Görülüyorki örnek( I-1) ve örnek(I-2) neticeleri birbirlerine yaklaşık değerlerdir. (I3)

### I.5.3. Teorik Hesaplama İşleminde Karşılaşılabilecek Aksaklıklar

Teorik hesaplamalarda verilen tablo değerlerindeki, dakikadaki dönme sayılarına ait kısıtların bulunması dolayısıyla bütün hepsine uygulanması mümkün olamamaktadır.

Ayrıca Elektrik motorları ses gücü seviyesi hesaplanmasındaki kullanılan eşitlik(I-5) sadece I-300 hp arasındaki motorları kapsamına alması sebebiyle 300 hp den büyük motorların ses gücü seviyesi hesaplanamamaktadır.

### I.6. GÜRÜLTÜ ÖLÇÜM VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ İŞLEMLERİ

Ölçüm sonucunda elde edilen verilen değerlendirildikleri zaman bir anlam kazanır. Gürültüden dolayı meydana gelen işitme kaybı, zamanla oluşan birikim nedeniyle oluşmaktadır. Bu nedenle az bir zaman aralığında ölçülen bir gürültü düzeyi, tüm çalışma saatlerin-

de alınan ölçüm verileri değerlendirilmeli günlük eşdeğer ses düzeyi hesaplanmalıdır Hafta içerisinde maruz kalınan eşdeğer ses seviyesinin hesaplanması bilhassa birikimli şekilde oluşan işitme kaybına ait araştırmaların yapılmasına imkan sağlayacaktır. Aynı zamanda bazı standartların haftalık ses seviyesine göre tanımlanmış olması nedeniyle karşılaştırma imkanı sağlanabilecektir. Bu nedenle; çalışmanın uygulama kısmında kullanılan gürültü ölçüm verilerinin değerlendirme işlemleri aşağıdadır.

- 1.) Desibellerle toplama ve çıkarma eğrileri yardımıyla toplam ses seviyesini hesaplama
- 2.) Toplam ses gücü düzeyi ile hesaplama
- 3.) Frekans analizinden faydalanarak tek bir ses kaynağının ses seviyesini hesaplama
- 4.) Gürültü seviyesi faktörü kullanılarak günlük eşdeğer gürültü seviyesini hesaplama
- 5.) Kompozite gürültü göstergesi ile haftalık eşdeğer gürültü seviyesini hesaplama

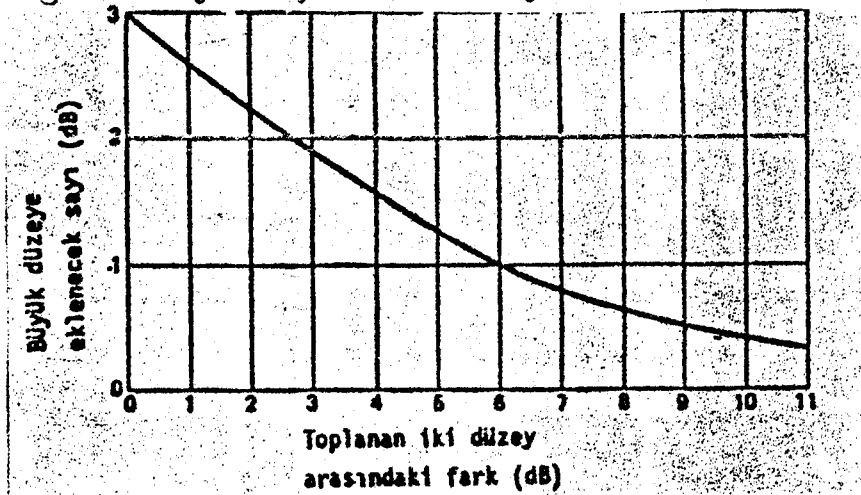
Yukarıda verilen gürültü ölçüm verilerinin değerlendirilmesi işlemleri alt başlık altında teorik olarak izah edilecektir .

#### I.6.1. Desibellerle Toplama ve Çıkarma Eğrileri Yardımıyla Toplam Ses Seviyesinin Hesabı

Birden fazla ses düzeyi ölçümüne ait toplam ses seviyesinin hesaplanmasında şekil(I-6)'da desibellerle toplama, şekil(I-7)desibellerle çıkarma eğrileri kullanılır.

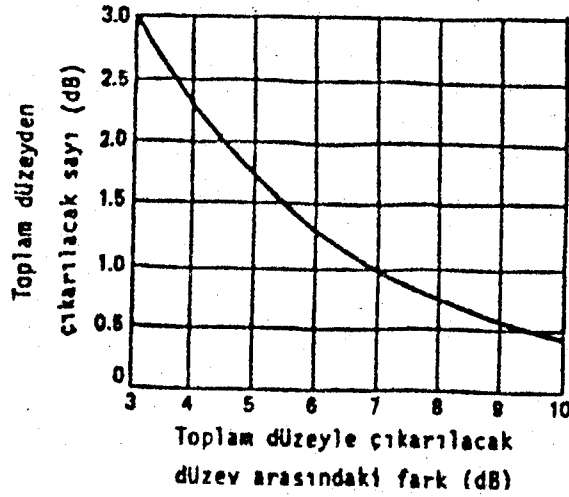
Ses basıncı seviyelerinin, ses gücü seviyelerinin ya da ses şiddeti seviyelerinin toplanmasında, toplanacak değerlerin sayısı ikiden fazla ise bu sayılar, ikişer, ikişer ele alınır. İki ses seviyesi arasında farkın en fazla 10 desibel olması istenir.

Desibellerle toplama eğrisinin kullanımında ses basınç seviyeleri küçükten büyüye doğru sıralanır. Küçük değerler bir sonraki bir büyükten çıkarılır ve arasındaki fark değerinin eğriyi kestiği yerdeki ordinat değeri büyük değere ilave edilir. Yeni elde edilen değer bir sonraki değerle aynı işlemler sırayla sürdürülür.



Şekil-I.6 Desibellerle Toplama Eğrisi

Desibellerle çıkarma eğrisinde, sıralama yapılan ses basınç seviyesi değerleri en büyük değerden bir evvelki küçük değer arasındaki fark değerlerinin eğriyi kesim noktasındaki ordinat değeri küçük değere ilave edilerek işlemlere sırasıyla devam edilir. Bu işlemle ses basınç seviyesine tesir eden gürültü kaynağının biri ve ya birkaç tanesinin azalması halinde yeni durum hesaplanır.



Şekil-I.7 Desibellerle Çıkarma Eğrisi

Şekil-I.6 ve Şekil-I.7 incelendiğinde şu sonuçlar çıkarılır.

i.) Eşit büyüklükteki iki seviye toplandığında toplam seviye eşit seviyelerden 3 dB daha yüksek olur

ii.) Aralarında 10 yada fazla fark olan iki ses seviyesinin, yüksek düzeyden farkı 0,5 dB den azdır. Dolayısıyla yarattıkları ses basıncı seviyeleri arasında 10dB ya da fazla fark bulunan ses kaynağından ses seviyesi düşük olanın susturulması toplam ses basıncı seviyesini değiştirmez. (I4),

#### I.6.2. Toplam Ses Gücü Düzeyi ile Hesaplama

Ses basıncı düzeyleri  $L_{pi}$  ( $i:1,2,3..n$ ) olan  $n$  ayrı toplam ses basınç düzeyi,  $L_{pi}$  değerleri aritmetiksel toplama ile bulunamaz (I5) Ancak toplam ses basıncı düzeyi ile

$$L_{pt} = 10 \log \sum_{i:1}^n 10^{L_{pi}/10} \dots \dots \dots (I-6)$$

(I-6) nolu eşitlik ses gücü yada ses şiddeti düzeyleri içinde geçerlidir. Birden fazla ses kaynağı-

(I4) Nevzat ÖZGÜVEN , A.g.k., s.7

(I5) Haluk ORHUN , A.g.k., s.17

nın toplam ses gücü, her ses kaynağının güçlerinin toplamı olacak ve dolayısıyla toplam ses gücü düzeyi(I-6) eşitliğine benzer şekilde,

$$L_{wt} = 10 \log \sum_{i:1}^n 10^{L_{wi}/10} \quad \text{bulunur(I-7)}$$

Desibellerle çıkarma işlemi, ölçülen ses düzeyinden  $L_{pt}$  çevre gürültüsünün yarattığı ses basıncı düzeyini bulmak gerektiği yada benzeri durumlarda kullanılır. Desibellerle toplamadakine benzer bir yol izlenerek

$$L_{pB} = 10 \log (10^{L_{pt}/10} - 10^{L_{pA}/10}) \quad \dots\dots(I-8)$$

Benzer bu eşitlik ses gücü düzeyleri ve ses şiddeti düzeyleri içinde yazılırsa

$$L_{WB} = 10 \log (10^{L_{wt}/10} - 10^{L_{wA}/10}) \quad \dots\dots(I-9)$$

#### I.6.1 .Bir Gürültü Kaynağının Frekans Analizi ile Ses Düzeyinin Hesaplanması

Ses Düzeyi Ölçer ile alınan frekans değerleri aşağıdaki sırayla değerlendirilir.

i) Kabul edilen oktav değerine karşılık gelen merkez frekanslardaki gürültü değerleri ayrı ayrı tespit edilir.

ii) Bu merkez frekans değerlerine karşılık gelen düzeltme faktörleri ile desibel değerleri toplanır. Çıkan değerler her bir frekans için elde edilen dBA değerleridir.

iii) Gürültünün ses düzeyi, her band için değerlerin toplamı olacaktır.

$$L_T = 10 \log \left( \sum_{i:1}^n 10^{L_i/10} \right) \quad \dots\dots\dots(I-10)$$

sıralamada yapılan işlemler Tablo-I.4'de gösterilmiştir.

Merkez Frekansı	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Ölçülen(dB) (1) değerleri										
Düzeltilme (2) faktörleri	-40	-26,5	-16,1	-8,6	-3,6	0	1,2	1,0	-1,1	-6,6
dBA (1+2) Toplam Değeri										

Table-I. 4 I/3 Oktav bandı için frekans analizi gürültü düzeyi hesaplanması örneği(I6)

#### I.6.4. Gürültü Seviyesi Faktörü Kullanarak Günlük Eşdeğer Gürültü Düzeyinin Hesaplanması

Gürültü seviyesi faktörü kullanılarak, günlük eşdeğer gürültü seviyesinin hesaplanmasında aşağıdaki sıra takip edilir.

i) Ölçülen farkla gürültü kaynaklarının gürültü seviyeleri küçükten büyüğe doğru sıralanır.

ii) Sıralaması yapılan gürültü seviyeleri tespit edilen en küçük miktardan çıkarılarak seviye farkı değerleri bulunur.

iii) Tespit edilen seviye farklarına karşılık gelen Tablo-I. 5 değerleri yazılır

iv) Farklı gürültüler için maruz kalma süreleri yazılır.



v) Elde edilen tablo değeri ile etki altında kalınan süre çerpılır.

vi) Faktör toplamı, etki altındaki süreye bölünmesiyle bulunan değer için Tablo-I.7'den L değeri bulunur.

vii) Günlük ortalama ses seviyesi en az seviyeye hesaplama neticesi elde edilen L değerine eklenir.

<u>Ölçüm</u> <u>Sıra No</u>	<u>Gürültü</u> <u>Seviyesi</u>	<u>Seviye</u> <u>Farkı</u>	<u>Seviye</u> <u>Faktörü</u>	<u>Etki Altında</u> <u>Kalınan Süre</u>	<u>Faktör</u> <u>Toplamı</u>
1	....	....	....	....	.....
2	....	....	....	....	.....
3	....	....	....	....	.....
				$\sum t$	$\sum g.t$

$$g_{\text{crt}} = \frac{\sum g.t}{\sum t}$$

..... (I.11)

Tablo-I.5. Ses Seviyesi Farkına Karşılık Gelen Faktörler

<u>L</u>	<u>g</u>	<u>L</u>	<u>g</u>	<u>L</u>	<u>g</u>	<u>L</u>	<u>g</u>
0	1	11	13	23	200	34	2500
1	1.3	12	16	24	250	36	4000
2	1.6	13	20	25	320	38	6300
3	2.0	14	25	26	400	40	10000
4	2.5	15	40	27	500	43	20000
5	3.2	17	50	28	630	45	32000
6	4.0	18	63	29	790	46	40000
7	5.0	19	79	30	1000	47	63000
8	6.3	20	100	31	1300	50	100000
9	7.9	21	130	32	1600	55	320000
10	10.0	22	160	33	2000		

Tablo-I.5'den  $g$  faktörü için  $\Delta L$  dBA cinsinden bulunur.  $L_{ort}$ . değeri ,

$$L_{ort} = L_{min} + \Delta L \dots\dots\dots(I.12)$$

eşitliğiyle bulunur. (17).

#### I.6.5. Kompozite Gürültü Göstergesi İle Haftalık Eşdeğer Gürültü Seviyesinin Hesaplanması

İş yerindeki gürültünün değişmesi çalışanların muhtelif kısımlarda yer değiştirmesi gürültüye maruz kalma göstergesini değiştirir. Bu değerlendirmeyi yaparken bir saniyeden kısa süreli gürültülere uygulanmaz. Genellikle eşit genlikte tekrarlayan darbe gürültülerde ses seviyesinden 10 dB yüksek değere çıkarılarak ses maruz kalma göstergesi kullanılabilir. Ses seviyesi 80 dBA'dan düşük gürültüler hesaba katılmaz. Toplam süre 10 dk.-dan az ise 10 dk.lık min. değer kullanılır. Değişik gürültülü yerlerde değişik sürelerde çalışan bir işçinin durumu Tablo-I.6'de görüldüğü gibi oluşturulur.

Tablo-I.6. Haftalık Gürültü Maruziyet Cetveli

Saat/Gün (dBA)	P.tesi	Salı	Çar.	Per.	Cuma	Toplam Saat	Parsiyel Gürültü Gösterge
110	...	...	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...	...	...
.							
.							

(17) Abdullah. Karaçelebi , Gürültü Raporu , Ereğli Kömür İşletmeleri Yayın No:37, Zonguldak , 1980, s.51

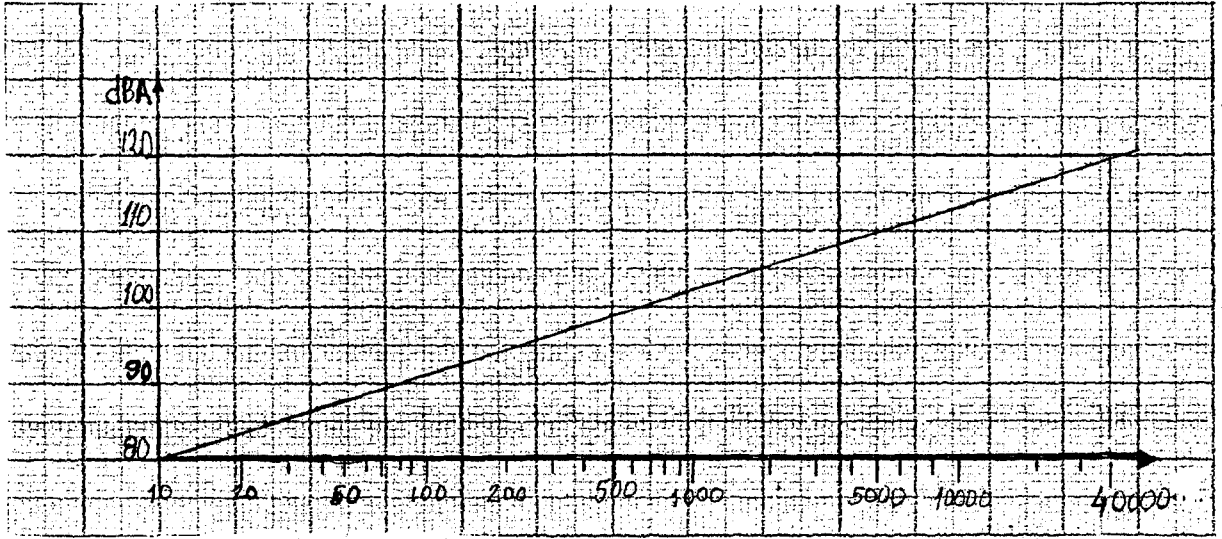
Toplam saate karşılık gelen gürültü seviyesi değeri Tablo-I.7'da gösterilen parsiyel gürültü seviyesi yazılır. Haftalık parsiyel gürültü toplamı Şekil-I.8'de eşdeğer devamlı ses seviyesi ile kompozit gürültü göstergesi arasındaki ilişki cetvelinde işaretlenir ve eğriyi kestiği noktanın ordinat' değeri eşdeğer haftalık gürültü seviyesidir (18).

Tablo-I.7. Parsiyel Gürültüye Maruz Kalma Göstergesi ( ISO Standartı )

Dakika Hafta	Ses seviyesi A dB A olarak						
	90	95	100	105	110	115	120
10			5	15	40	130	400
12			5	15	50	155	500
14			5	20	60	180	580
16			5	20	70	210	680
18			10	25	75	230	750
20		5	10	25	80	260	840
25		5	10	35	105	330	1040
30		5	15	40	125	390	1250
40		5	15	50	170	510	1660
50		5	20	70	210	680	2070
60	5	10	25	80	250	780	2500
70	5	10	30	90	290	900	2910
80	5	10	35	105	340	1050	3320
90	5	10	40	120	380	1180	3750
100	5	15	45	130	425	1310	4150
120	5	15	50	160	500	1580	5000

Tablo-I.9'un devamı

Saat hafta	Ses seviyesi A dB A olarak								
	80	85	90	95	100	105	110	115	120
1			5	10	25	80	250	780	2500
1.5			5	10	40	120	380	1180	3750
2			5	15	50	160	500	1580	5000
2.5			5	20	60	200	610	1980	6250
3		5	10	25	75	235	750	2380	7500
3.5		5	10	30	90	275	880	2770	8750
4		5	10	30	100	315	1000	3150	10000
5		5	15	40	125	390	1250	3950	12500
6		5	15	45	150	450	1500	4750	15000
7		5	20	55	175	545	1750	5520	17500
8		5	20	60	200	620	2000	6320	20000
9	5	5	25	70	230	700	2250	7120	22500
10	5	10	25	80	250	780	2500	7900	25000
12	5	10	30	95	300	945	3150	9450	30000
14	5	10	35	110	350	1100	3500	1100	
16	5	15	40	125	400	1260	4000	12600	
18	5	15	45	135	450	1420	4500	14200	
20	5	15	50	160	500	1580	5000	15800	
25	5	20	60	200	610	1980	6000	19800	
30	10	25	75	235	750	2360	7500	23600	
35	10	30	90	275	880	2750	8750	27500	
40	10	30	100	315	1000	3150	10000	31500	



Şekil-I.8. Eşdeğer Devamlı Ses Seviyesi İle  
Kompozit Gürültü Göstergesi Arasındaki  
İlişki Cetveli

## İ K İ N C İ B Ö L Ü M

### GÜRÜLTÜNÜN SAĞLIĞA ETKİSİ VE GÜRÜLTÜ KONTROLU

Gürültü, günlük yaşantının her safhasında maruz kalınan bir unsur olmakla beraber, fabrika ve atelyeler gibi endüstriyel iş yerlerinde insan sağlığını tehdit edecek düzeyde bulunması gürültü ile mücadeleyi bu gibi yerlerde ön plana çıkarmıştır. Bu nedenle işveren için önemli problemler yaratabilecek bir konudur.

Soruna bir kâr-zarar konusu olarak da bakılabilir. Aşırı gürültü işçinin yaptığı iş üzerinde dikkatinin dağılmasına imalat hatalarının artmasına ve kapasitenin kullanılmamasına yol açar. Bu nedenle gürültünün kontrol edilmesi zorunluluk haline gelmiştir.

#### II.1. GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültünün insanlar üzerindeki etkilerini iki grupta inceleyebiliriz. Bunlar işitme duyusuna yaptığı etkiler ve genel etkilerdir.

i) İşitme Duyusuna Etkisi: Şiddetli ve yüksek frekanslı gürültüye maruz kalan kişilerde geçici ve sürekli sağırılık görülmektedir. Gürültü şiddeti 80 dB'in üstündeki gürültüye belirli bir süre maruz kalan kişinin, gürültülü yeri terkettikten sonra bir süre duyması azalır. Buna gürültü yorgunluğu denir. Gürültü yorgunluğunun gerçek nedeni bilinmemekle beraber kortin organında oluşan fonksiyonel bir gerilemenin, sesin algılanmasında güçlüğüne neden olduğu ileri sürülmektedir. Sürekli sağırılık 100 dB veya daha fazla şiddetli gürültüye maruz kalan kişilerde görülür. Sürekli sağırılıkta, iç kulakta korti organında organik bozukluklar meydana gelir. Sürekli sağırlığın iyileşme olasılığı yoktur.

Gürültülü ortamda çalışmaya devam edilecek olursa sağırılık derecesi artabilir. Kulak çınlaması işitme duyusunun azalması belirtisidir ve gecikmeden ele alınması gereken bir tehlikeye yaklaştığını bildirir.(1),

İç kulak yapısı itibarıyla korti organınca yüksek frekansların değerlendirilmesi ön tarafta ceryan ettiğinden harabiyet daha çok olur. Özellikle 3000 Hz.'den sonra gürültüler kulak için çok zararlıdır(2),

ii) Genel Etkiler: Gürültü işitme duyusuna zararlı etkileri yanında insan vücudunun diğer organlarının fonk-

---

(1) G.İNCİR, A.g.k., s.84

(2) H.ORHUN, A.g.k., s. 29

siyonlarına zararlı etkileri vardır. Bunlar aşağıdadır :

a) Psikolojik Etkiler : Gürültünün şiddetine, frekansına devamlı olup olmadığına göre psikomotor yetenekler etkilenir. Fiziksel ve zihinsel iş görme yeteneğini bozar. Reaksiyon zamanı azalır. İnce işlerde hatalar çoğalır ve uykusuzluğa neden olur.

b) Fizyopatolojik Etkiler : Sindirim sisteminin çalışması yavaşlar. Mide zarında kansızlık yaparak mide ve oniki parmak bağırsağı ünselerinin oluşumu kolaylaştırır. 70 dB'den itibaren tansiyon yükselmesi olabilir. Şiddeti 90 dB olan gürültü kalp atışlarını arttırır. Derinin elektriksel dayanıklılığı azalır. Sinir sistemi bozulur. Baş dönmesi refleksleri canlanır. Göz bebekleri genişler.

c) İç Salgı Bezlerine Etkisi : Stres etkisi ile böbrek üstü bezleri salgısı çoğalmaktadır. İç salgı sisteminin düzeni az veya çok bozulabilir. Kan şeker seviyesi değişebilir. Gürültü başka hormonları da etkileyerek günlük minimum kalori ihtiyacını arttırmakta ve sodyum tutulmasına sebep olarak vücuttaki su miktarını fazlalaştırmaktadır.

d) Sempatik Sinir Sistemine Etkisi : Gürültü sempatik sinir ağında yer alan bütün doku ve organların çalışmasını aksatmaktadır. Kalp dolaşım ve sinir sistemlerinin normal çalışmalarını etkilemektedir.

e) Görme Duyusuna Etkisi : Görmeyi azaltmakta, renklerin seçilmesini zorlaştırmakta ve göz ile uzaklığı değerlendirilmesinin aksadığı ortaya çıkmıştır.



f)Solunum Sistemine Etkisi: Soluk alış verişine engel olmaktadır.

g)Yorgunluk Etkisi: Gürültü çalışanlar için yorgunluk sebebidir.Dikkat azalır,baş ağrısı ve karakter değişikliklerine neden olur.Gürültü şiddeti 60 dB'den sonra yorgunluk başlar.Gürültünün şiddeti arttıkça da yorgunluk fazlalaşır.Bu nedenle randıman düşer.İş kazaları çoğalır(3).

İnsan sağlığı üzerinde zararlı etkileri nedeniyle iş yerlerinde gürültü düzeyini tehlike sınırlarının altında tutulması amacıyla oluşturulmuş standartlar ve yasalar bulunmaktadır.

## II.2. GÜRÜLTÜ STANDARTLARI, ULUSLARARASI VE TÜRKİYE' DEKİ DURUMU

Endüstriyel ülkelerin çoğunda,gürültünün denetim altına alınması ve olumsuz etkilerine karşı korunabilmek için kamu örgütleri bulunmaktadır.Gürültünün koşullarına bağlı olarak zararlı değerler saptanmıştır.İşverenleri bu sınır değerlere bağlı kalmaya zorlayıcı yasa,tüzük ve yönetmelik maddeleri ile standartlar geliştirilmiştir.Ülkemizde,gürültü ile doğrudan ilişkili bir kuruluş yoktur.

İş yerlerinde maruz kalınabilecek gürültü düzeyi,işitme kaybının tarifi,ülkeden ülkeye farklılıklar göstermekle beraber bu konuda ILO ve WHO ( World Health Organization)' un önerileri genel bir temel oluşturmaktadır.

---

(3)T.Akbulut,Tekstil Sanayiinde Sağlık Sorunları Teksif Sendikası Yayını,Ankara,1982,s.20-21

İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü'nün 22.maddesi aynen şöyledir:Ağır ve tehlikeli işlerin yapılmadığı yerlerde,gürültü derecesi 80 desibeli geçmeyecektir.Daha çok gürültülü çalışmayı gerektiren işlerin yapıldığı yerlerde, gürültü derecesi en fazla 95 desibel olabilir.Ancak,bu durumda işçilere başlık,kulaklık veya kulak tıkaçları gibi uygun koruyucu araç ve gereçler verilecektir.

İlgili maddeden de görüleceği gibi izin verilen gürültü düzeyini hangi ağırlıklı devre ile ölçüleceği,bir başka deyişle Uluslararası standartlarda olduğu gibi dBA cinsinden ölçüleceği belirtilmemiştir.

Tablo - II.1' de belirtildiği gibi her ülkenin standartları hem kendi içinde hemde ülkeler arasında farklılıklar göstermektedir.Bu yapı ülkemiz içinde geçerlidir.Bundan dolayı farklı yorumlar yapılabilmektedir.İşçi sağlığı ve iş güvenliği Tüzüğümüze göre günde sekiz saatlik çalışma için yüksek gürültü düzeyi 95 desibel olarak belirlenmiştir.Gelişmiş ülkelerin hemen ~~hemen~~ hepsinde günde,sekiz saatlik çalışma için en yüksek gürültü düzeyi 90 dBA olarak saptanmıştır.S.S.C.B.de bu değer 85 dBA dır (4).

Yukarıda açıklandığı üzere izin verilen maruziyet düzeyinin eşdeğer sürekli gürültü cinsinden ve günlük sekiz saat üzerinden değeri yanında bazı yüksek gürültü düzeylerine daha az süreyle maruz kalınabilir.Bu değerlerde farklı standartlara göre değişmektedir.Tablo- II.2 ' de üç farklı stan-

darta göre değerler karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Son yıllarda işitme kaybının hesaplanmasında genel-likle 8 saatlik çalışma gününü ve 40 yıllık mazuriyeti al -maktadır. 75 dBA lık sürekli eşdeğer gürültü düzeyinde hiçbir risk görülmemektedir. Çeşitli ülkelerde mazuriyet sı-nırları  $L_{eşdeğer} = 85\text{dBA} \pm 5 \text{ dBA}$  arasında değişmekte ve ma-zuriyet daha aşağı değerlere düşürülmeye çalışılmaktadır. Gürültü seviyesinin tehlike sınırlarının altında tutulma-sı için ilgili yasalar dahilinde denetlenmesi gerekmektedir. Çalışma Bakanlığına bağlı alışan İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Enstitüsü, iş yerlerindeki gürültünün denetlen-mesi çalışmalarını yürütmektedir. Yaptığı çalışmalarda iş yerinin gürültü düzeyini ölçmekte, çalışanların işitme ka-yıplarını saptamakta ve tavsiyelerde bulunmaktadır. Grl-tnn kontrol altına alınması hususunda bünyesinde teknik araçlar ve personel yoktur.

İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğünde yer alan di-ęer gürültü ile ilgili maddeleri yazalım,

Madde 78- Gürültünün zararlı etkilerinden korunmak için aşağıdaki tedbirler alınacaktır.

1) İş yerlerinde gürültü çıkaran makinaların mon-te edilmeleri sırasında işyeri tabanı, titreşim ve sesi a-zaltacak malzeme ve sistemle yapılacaktır.

2)Gürültülü işyerlerini duvarları, sesin yansım-a-sını önleyecek malzeme ile kaplanacak ve bu binalar, çift kapılı, çift pencerele inşa edilecektir. Duvarlar, ses ge-irmiyen malzeme ile yapılacaktır.

3) Gürültünün azaltılmadığı hallerde, bu tüzüğün 22.maddesi hükümleri uygulanacaktır.

4)Gürültülü işlerde çalışacak işçiler: a,işe alınırken genel sağlık muayeneleri yapılacak, özellikle duyma durumu ve derecesi ölçülecek, kulak ve sinir sistemi hastalığı olanlar ile bu sistemde arızası bulunanlar ve hiper tansiyonlular bu işlere alınmayacaklardır.Ancak doğuştan sağır ve dilsiz olanlar bu işlere alınabileceklerdir.

5)Gürültülü işlerde çalışan işçilerin, periyodik olarak genel sağlık muayeneleri yapılacaktır. Duyma durumunda azalma ve herhangi bir bozukluk görülenler ve kulak ve sinir hastalığı bulunanlar çalıştıkları işlerden ayrılacaklardır,kontrol ve tedavi altına alınacaklardır

Madde 525:(Birinci fıkra) Gürültülü yerlerde çalışan işçilere, kulaklarının korunması için uygun kulak tıkaçları verilecek ve bu tıkaçlar her gün temizlenecek ve sterilize edilmeden diğer bir işçiye verilmeyecektir.Sağlık kuralları bakımından günde ancak sekiz saat veya daha az çalışması gereken işler hakkında tüzük; madde.2. fıkraXX "80 desibelden fazla gürültü yapan işler" kapsamına almış ve 8 saatten fazla çalışılamayacağını belirtir.

Ayrıca gürültüye bağlı işitme kayıpları meslek hastalığı olarak Sosyal Sigortalar Sağlık İşlemleri Tüzüğüne girmiştir.

Yasaılar da gerekli gördüğü gürültü: kontrol altına alınması lazımdır.Bu nedenle gürültü kontrol yöntemleri uygulanır.

### II.3. GÜRÜLTÜ KONTROL YÖNTEMLERİ

Endüstriyel gürültü kontrolü idari önlemler ve mühendislik uygulamaları olmak üzere başlıca iki kısımda gerçekleştirilir. (5)

i.)Yönetmel yöntemler:İşletme yöneticilerinin, işçilerin kaldıkları gürültü seviyesini azaltmak için alacakları önlemlere denir. Makinaların çıkardıkları gürültünün yönelme durumuna göre makinaların, üretim süreçleri etkilenecek şekilde konumlarının ve yönlerinin değiştirilmesi gürültülü ve sürekli çalışmayan makinaların çalışma saatlerinin düzenlenmesi ve benzeri önlemlerdir.Çalışanlara yönelik yönetmel önlemler ise, gürültülü işlerde çalışanların çalışma saatlerinin azaltılması, çalışma saatlerinin bir kısmını daha düşük gürültü düzeyi işlerde geçirmelerinin sağlanmasıdır.

ii)Mühendislik Uygulamaları: Yönetmel önlemlerin uygulanamadığı ve yeterli olmadığı durumda yapılır. Bu önlemler; gürültüye ait uygulandıkları yere göre;

a)Kaynakta Gürültü Kontrolü.

b)Kaynak ile alıcı arasında kalan yolda Kontrolü

c)Alıcıda Kontrolü.

olmak üzere gürültü kontrolü üç alt başlıkta toplanır.

Uygulanacak gürültü kontrol yöntemi saptanırken, başta gürültünün özelliği belirlendikten sonra sırasıyla, kaynakta, yolda ve alıcıda kontrol yöntemlerinin

---

(5)M. Çalışkan, Endüstriyel Gürültü Kontrol Yöntemleri ve Uygulamaları, I. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, Ankara, 1984, s.376-377

birlerle gidermektir. yapılacak planlama ile tezgah ve yer seçimi yoluyla gürültü en aza indirilir. Planlama ile yapılacak gürültü kontrolü üç kısımda incelenebilir.

i) Tezgah Seçimi ve İşlem: Alınacak tezgahın gürültü oluşturacağı önceden düşünülerek kontrol önlemleri alınmalıdır.

ii) Fabrika İçi Yerleşim: Fabrika içi yerleşimde yerleşim yeri, cephe durumları uygun olmalıdır. Gürültü çıkaran makineler bir arada bulundurulmalıdır.

iii) Gelecek için Önlemler: Bakım işlemleri, gürültü kontrol çalışmalarında önemi büyüktür. Tezgahların aşınmış parçalarının değiştirilmesi, ayarlanması ve yağ değiştirme işlemleri zamanında yapılmalıdır. Dönen parçaların balansının uygunluğu kontrol edilmelidir.

### II.3.1.2. Kaynağın Ses Yalıtıcı ve Yutucu Malzeme ile Kaplanması

Gürültü kaynakları ait hava kanalları havanın geçmesi nedeniyle büyük gürültü oluştururlar. Kanallarda, gürültünün oluşmasını engellemek için, kanal iç yüzeyleri ve özellikle dönüş kısımları ses yutucu malzeme ile kaplanmalıdır. Kanal dış yüzeyleri kaplanması yoluyla sesin yutulması yanında ses yalıtımı da gerçekleşmiş olur. Bu işlemlerle elde edilecek gürültü kaybı gürültünün frekans dağılımına, kanalın uzunluğuna, ses yutucu malzemenin cinsine kalınlığına ve kanal kesit alanına göre değişir. Kesit alanı dar, ses yutucu malzeme ince olması halinde yüksek frekanslı sesler yu-

tulur.Kanalların dış yüzleri hafif gözenekli ve ses yutma katsayısı yüksek malzeme ile kaplanarak gürültü kaybı sağlanır.Aynı sistemin üzerine ikinci ses iletme kaybı yüksek olan malzeme ile kaplanırsa gürültü azalmasında en uygun duruma gelinir.Bu işlemler için kullanılan başlıca malzemeler,gözenekli plastik, cam yünü, patlatılmış perlit, asbestli pamuklu dokuma parçalarından oluşmaktadır.

### II.3.1.3.Titreşim Kontrolu

Titreşen bir yüzeyin ses olarak harcadığı güç o yüzeyin ortalama yüzey titreşim hızının karesiyle orantılıdır.Titreşen yüzeyin ortam özellikleri değişmezken, titreşim hızının yarıya düşürülmesiyle 6 dB lik bir ses düzeyi azalması sağlanır.

Titreşimin kontrol edilmesinde,kaynakta kontrol titreşim yalıtımı ve sönümlemeyle titreşim genliğinin azaltılması yollarına başvurulur.

Titreşim kaynağının kontrolunda balanslama,aşınan parçaların değiştirilmesi tasarım değişikliği yaparak sarsma kuvveti yaratan parçalar yerine değişik bir sistem kullanılması boşlukların azaltılması gibi çalışmalar yapılır.

Titreşim yalıtımında ise; bağlantıların yapıldığı noktadaki iletim kuvveti ve buna bağlı olarak zeminin ya da bağlantının yapıldığı sistemin titreşimleri önemli ölçüde azaltılabilir (6).

Sönümlemeyle titreşim genliğinin azaltılması ise

kaynak kontrolü ve yalıtım yöntemlerini gözden geçirdikten sonra düşünecek tedbirlerdir.

Titreşim yalıtımında kullanılan destek malzemeleri metal yaylar, elastomerler, esnek yastık ve takozlardır. Metal yaylar; uygulamada çevre koşullarından az etkilenmeleri ve ekonomik olması nedeniyle çok kullanılır. Kullanılan metal yaylar, helezon çekme yayı, helezon baskı yayı, konik baskı yayı ve çok katlı yaprak yaydır. Elastomerler; doğal kauçuk olan yalıtım malzemesi ekonomiktir. Ancak sıcaklık ve yağlardan etkilenme özelliği vardır. Sönümlenme özelliği metal yaylara göre on kat fazladır. Basma kesme ve çekme kuvvetlerine direngenliği oldukça fazladır. Esnek yastık ve takozlar; bu malzemeler tabakalar halinde bulunur. İstenilen boyutta oluşturularak destek olarak kullanılır. Bu malzemelere, keçe, mantar ve cam elyafını örnek verebiliriz.

#### II.3.1.4. Gürültü Kaynağının Kapatılması

Gürültü kaynağının üzeri örtme yada kapatma ile gürültünün azaltılmasıdır. Başlıca iki uygulama şekli vardır.

i) Hücre Uygulaması .

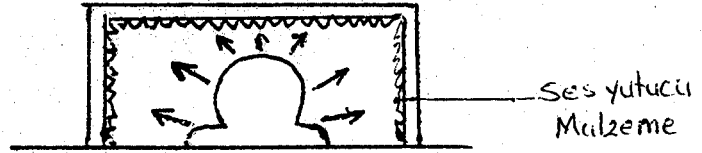
ii) Kısmi Hücre Uygulaması.

i) Hücre Uygulaması: En etkili gürültü kontrol yöntemlerinden biridir. Tüm makina büyük hücre içine alınabileceği gibi sadece gürültü kaynağı şekil-II.1'deki hücre içine alınır. Küçük hücre duvarlarıyla kaynak arasında



bir bakıma yay etkisi gösteren havanın rezonansa gelerek gürültüyü artırmamasını temin etmek gerekir

ii) Kısmi Hücre Uygulaması: Makinaya ulaşabilmesi için sürekli açık tutulan giriş bölgesi bulunur. Etkisi azdır meçbur kalınmadıkça kullanılmazlar. Gürültünün azalması, ses dalgalarının yollarının uzaması ve hücre iç yüzeylerinde yansıma anında yutulmaktadır.



Şekil-II.1. Bir Gürültü Kaynağına Hücre Uygulaması

### II.3.1.5. Malzeme Ve Tasarım Değişikliği

Gürültü kaynağı olabilecek makinenin malzemeleri titreşime, yansımaya sebebiyet vermeyecek tarzda seçilmelidir. Bununla birlikte dönen parçaların yataklama soğutma sistemlerinde yapılacak uygun dizayn ses düzeyinde azalmaya neden olacaktır.

Gürültü yayan kısımlarının mümkün olduğu kadar kapalı tutulacak düzenlemeye gidilmesi gerekmektedir. Bu düzenlemede destek, kavrama ve yalıtım elemanlarından faydalanılarak iş yapımını kolaylaştırıcı aparatlar yapılması gereklidir.

### II.3.1.6. Susturucu Kullanımı

Özellikle boru ve kanalların çıkışlarında gürültü düzeyleri yüksek olur. Susturucular gürültü-

nün kontrol edilmesinde en etkili elemanlardır. Tek genişleme odalı susturucular tasarlandığı frekansda en yüksek ses iletim kaybını sağlarken bu frekansa yakın frekanslarda da oldukça yüksek ses iletim kaybı sağlayabilmektedir. Birden fazla susturucunun seri bağlanmasıyla değişik frekans bantlarındaki gürültüler azaltılabilir.

Susturucularla gürültü kontrolü, pistonlu vakum pompa ve fabrika dışına gaz borusu çıkışlarında kullanıldığı gibi motor, kompresör, fan ve bazı pistonlu makinaların hava giriş kısımlarında kullanılır.

### II.3 .2. Gürültünün Yayılım Alanında Kontrolü

Gürültüyü yayılım alanında ya da alıcı ile kaynak arasında kontrol yöntemleri şunlardır :

i)Gürültü kaynağının bulunduğu bölgenin ses yalıtıcı malzeme ile ayrılması.

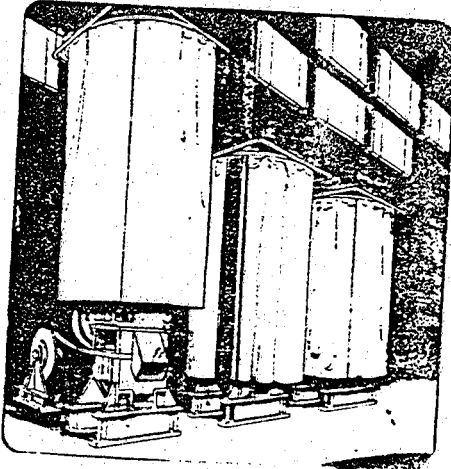
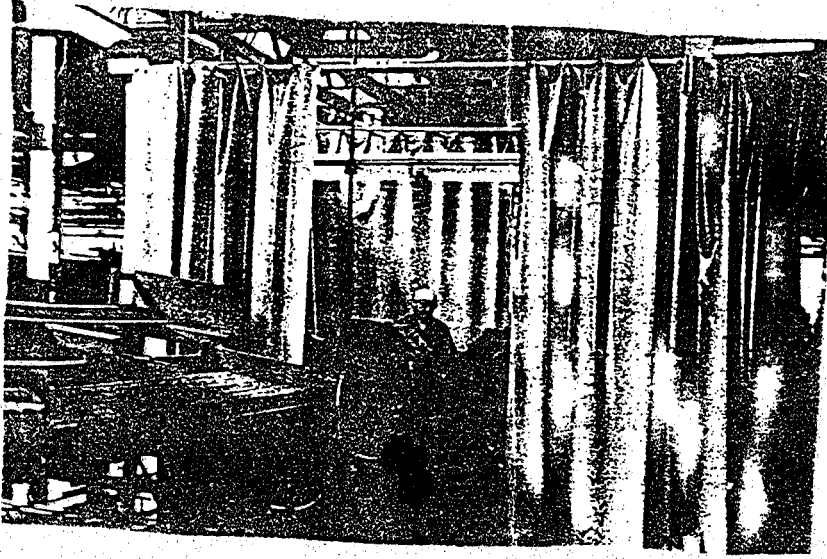
ii)Bariyer kullanımı.

iii)Gürültü yayılma alanı, duvar, tavan ses yutucu malzeme ile kaplanması, askılı ses yutucu yüzeylerin kullanılması gereklidir.

### II.3 .2.1. Gürültü Kaynağının Bulunduğu Bölgenin

#### Ses Yalıtıcı Malzeme İle Ayrılması

Gürültü kaynağı, ses dalgalarının bütün bir çevrede dolaşmasını önlemek bu amaçla yayılım alanını küçültmek, diğer kısımlara vereceği etkiyi en aza indirmek amaç olmalıdır. Bu çeşit uygulamalarda akustik perde uygulaması en çok kullanılan bir usuldür. Şekil-II.2'de akustik perde uygulamaları yer almaktadır. Malzemesi vin-

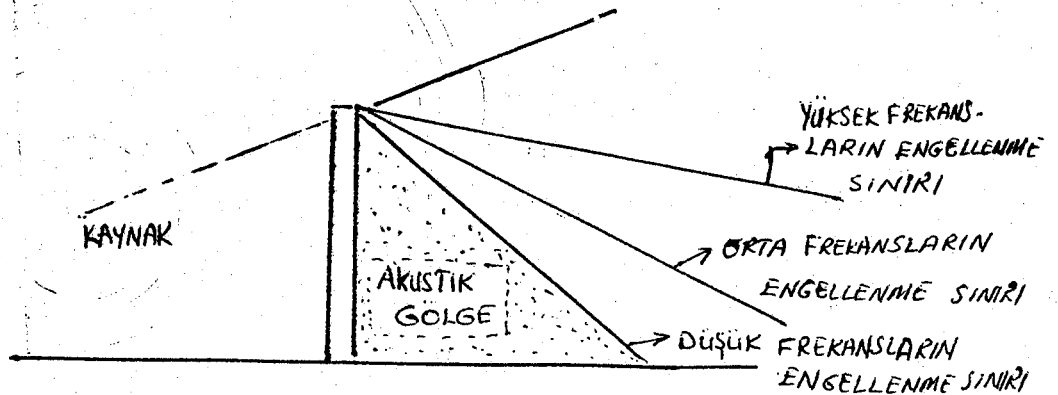


Şekil-II.2. Akustik Perde Uygulaması

leks ve plastik cinsinden olmaktadır. Pileli şekildeki perdeler sesin havada yayılımını önlerler. Perdeler portatif takılabilirler gibi paravan şeklinde teçhizatlandırılabilir.(7).

### II.3.2.2. Bariyer Kullanımı

Gürültü kaynağı ile alıcı arasına yerleştirilen levhalara bariyer denir. Özellikle ses yansımalarının az olduğu alanlarda daha etkilidir. Bariyer ses enerjisinin bir kısmının iletilmesini engeller. Şekil-II.3'de görüldüğü gibi bariyerlerin arka kısmı alanda akustik gölge denilen uygun bir ortam meydana gelir. Bariyerlerle erişilebilecek en yüksek gürültü kaybı 15-25 dBA arasındadır. Ancak 10 dBA'lık gürültü kaybı sağlanmaktadır. Yankılanım alanının etkisinden dolayı fabrika ve benzeri kapalı yerler için pahalı ve yetersiz bir gürültü kontrolü yöntemidir. Bu nedenle açık alanlarda etkilidir.



Şekil-II.3 Bariyerlerle Akustik Gölge Elde Edilmesi

(7) R.K.MILLER, W.V.MONTONE, M.D.OVIATT, Noise Control

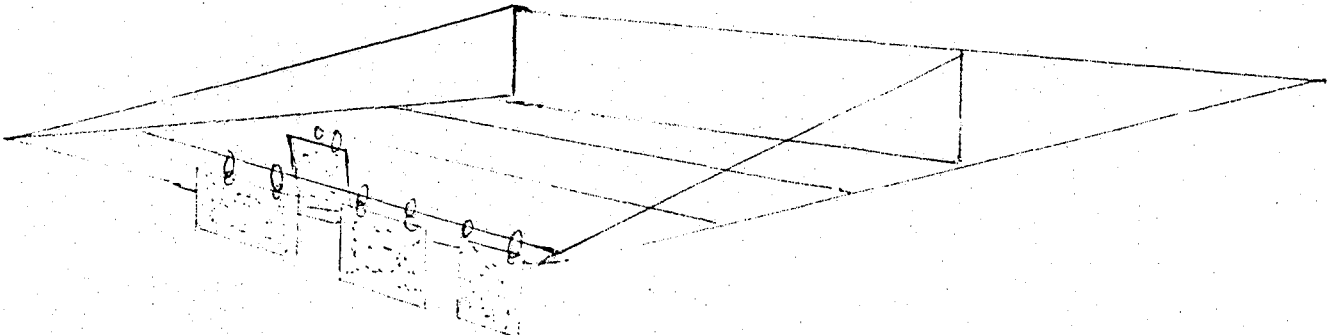
Solutions For The Metal Products Industry, Atlanta,

1980, p.133-134

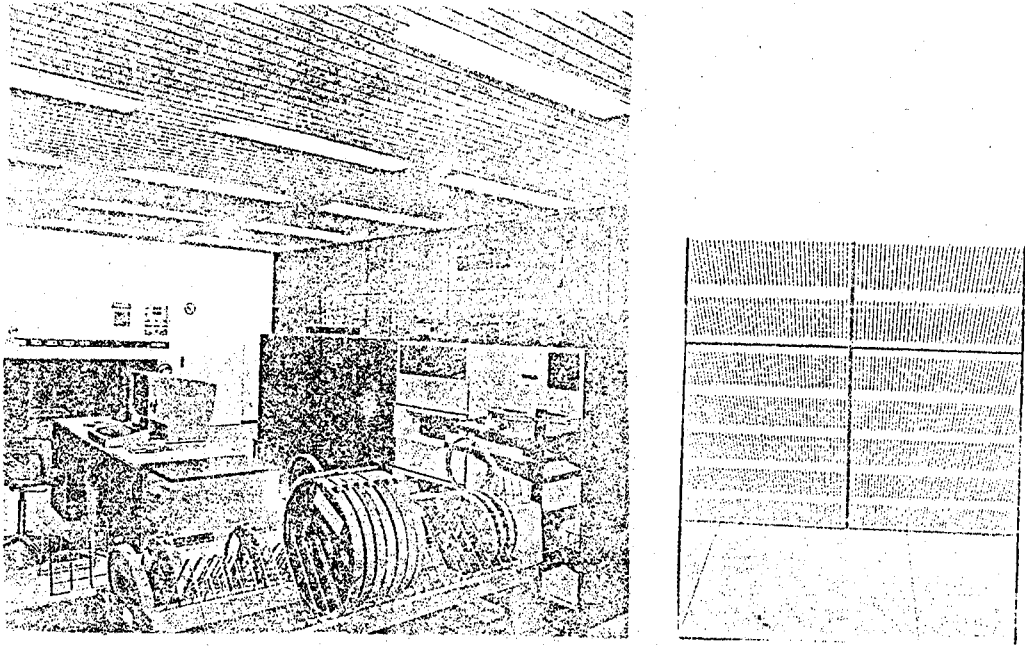
### II.3.2.3. Atelye Akustiğinin Değıştirilmesi

Kapalı alanlarda gürültü kontrol yöntemlerinden biri de atelye akustiğinin değıştirilmesidir. Atelye akustiğinin değıştirilmesinin anlamı o yerin oda sabitesinin değıştirilmesidir. Kaynağın çok yakın bir noktadaki gürültü düzeyi, oda sabitesinin başlangıç değeri ne olursa olsun kontrol edilmesi mümkün olmamaktadır. Kaynaktan uzaktaki bölgeler için gürültü kontrolü mümkün olabilmektedir. Gürültünün kontrol altına alınmasında duvar ve tavan yapısında yapılacak değışiklikler ile ses yutucu malzeme teçhizatı kullanılarak gürültünün yankılanması önlenir. Aynı zamanda ses yutulması sağlanır. Bu çalışmalarını tavan ve duvarda yapılan uygulamalar olmak üzere iki bölümde incelenir:

i) Tavanda yapılan çalışmalar: Atelye tavanı yansımayı önleyecek şekilde teçhizatlandırılmalıdır. Bu nedenle Şekil-II.4'de görüldüğü gibi ses yutucu levhalar yerleştirilerek sesin geriye dönüşü engellenir. Genelde ebatları (1x2) m., (1x3) m. ölçüsündedir. Şekil-II.5'de tavan şekil değışikliği ile ses yutumu ufak delikler sayesinde gerçekleşir.

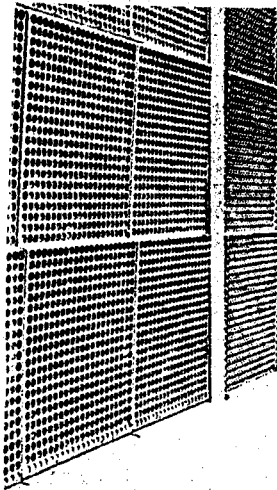


Şekil-II.4 Tavanda Asılı Ses Yutucu Levhaların Durumu



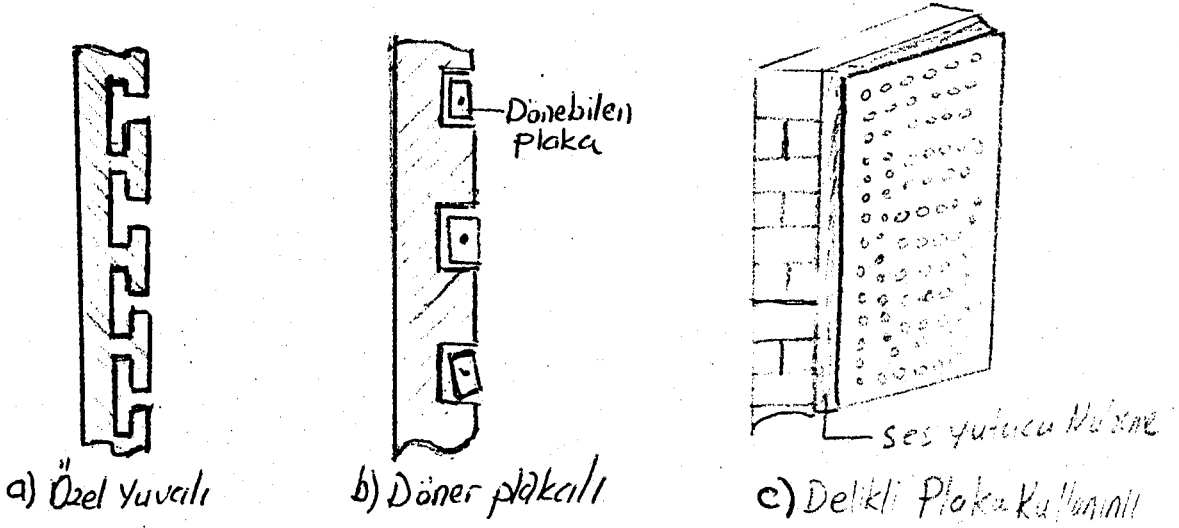
Şekil-II.5 Delikli Yapıya Sahip Tavan Şekli

ii) Duvarlarda yapılan çalışmalar: Herhangi bir önlem alınmamış duvarlar yansımaya özelliğinden dolayı gürültünün çoğalmasına neden olurlar. Duvar yapısında yapılacak şekil değişiklikleri ile yansımaya önlenecek ve ses yutumu sağlanacaktır. Şekil-II.6'da delikli tuğlalar cepheden delikleri gözükecek tarzda inşa edilerek, ses dalgalarının deliklerin içinde tekrar geri yansımalarını engellemektedir. Şekil-II.7'de muhtelif duvar yüzü şekil-



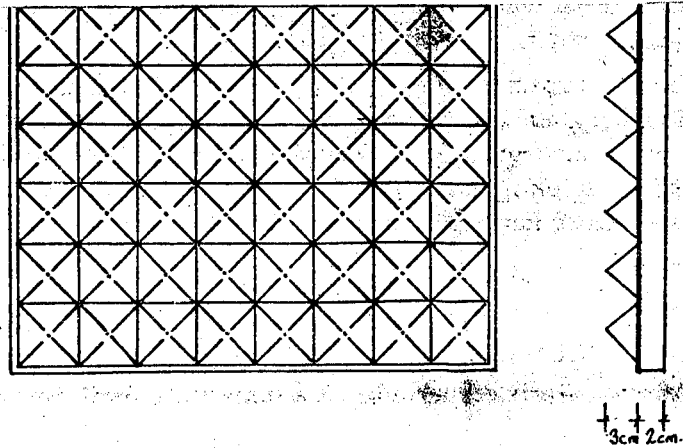
Şekil-II.6. Delikli Tuğla Uygulamalı Duvar

leri görülmektedir. Bu duvar yüzü şekilleri, yansımayı önler ve ses yutumunu sağlar.



Şekil-II.7. Ses Yansımalarını Engelleme Yüzü Şekilleri

Şekil-II.8'de özel olarak imal edilmiş plastik panolar duvarlara yapıştırılarak sese ait çeşitli frekanslardaki ses dalgaları yansımalarını önler ve ses yutumu sağlar.



Şekil-II.8. Ses Yansımalarını Önleyici Plastik Duvar Panosu

### II.3.3.Gürültünün Algılandığı Yerde Kontrolü

Gürültüden etkilenen kişi ve kişileri ya ses yalıtımı sağlanmış bölgelere alarak ya da kulak koruyucuları kullandırarak gürültüden korumak lazımdır. Bu nedenle gürültünün algılandığı yerde kontrol yöntemi;

i) Kişisel koruyucularla

ii) Yalıtım odacıkları

yoluyla gerçekleştirilir.

#### II.3.3.1.Kişisel Koruyucularla Gürültü Kontrolü

Kulak koruyucusu kullanımı tam bir gürültü kontrolü yöntemi değildir. Sadece işitme duyusunu gürültüden korumak için kullanılır. Kontrol çalışmalarının ekonomik ve pratik olmadığı yerlerde kullanılır. Kulak koruyucuları genel olarak iki tipdir :

i) Kulak Tıkaçları: Dış kulak kanalını tıkamak amacıyla plastik, cam pamuğu, kauçuk, silikon naylon vb. malzemedir yapılmıştır. Farklı kulak kanalları için değişik boyutta kulak tıkaçları vardır.

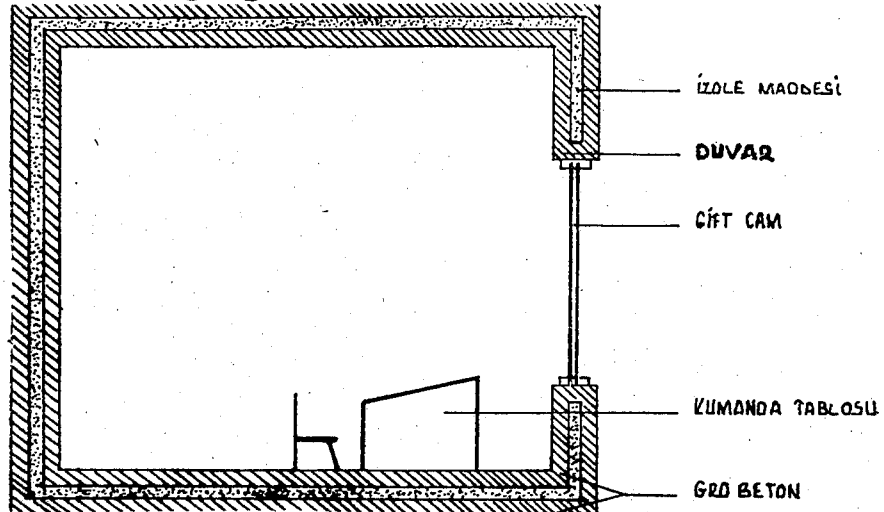
ii) Kulak Mansonları: Kulağı tamamen kapatan ve birbirine baş üzerinden esnek ayrılabilir bağla bağlı koruyuculardır. Kulağı kapatan kısım dışı sert ve yalıtkan malzemedir, kulağa değen iç kısımları ise yumuşak ve ses yutucu malzemedir yapılmıştır. Genelde en 20 dBA'lık bir gürültü azalması sağlayabilmektedir.

#### II.3.3.2.Ses Yalıtım Odacığı

Gürültülü ortamlarda çalışanların tüm çalışma zamanlarını gürültünün etkisinden korumak için özel olarak yalıtılmış odadır. Genelde elemanların otur-



duğu yerde gözlem yapabileceği çift kat pencereler bulunur. Bu uygulamayla gürültü miktarında 25 ile 50 dB arasında ses azalması olur. Şekil-II.9'da gürültüden koruyucu yalıtım odacığı görülmektedir.



Şekil-II.9. Gürültüden Koruyucu Yalıtım Odacığı

#### II.4. GÜRÜLTÜ KONTROLÜNÜN EKONOMİK ANALİZİ

Gürültü kontrol çalışmalarında ; alınacak önlemlerin sağlayacağı faydalar kadar ekonomik olması da önemlidir. Bilimsel olarak yürütülen bu süreç sonunda sözü edilen yöntemlerin hangisinin veya hangilerinin kullanılmasınayla amaçlanan hedefe ne kadar yaklaşılabileceği belirlenir.

Çözüm arayış sürecinde gürültü düzeyleri gürültü kaynakları ve gürültü çıkarma düzenekleri işletme binasının akustik özellikler, üretimin yapısı ve ekonomi gibi etkenler göz önüne alınır. Gürültünün kontrol altına alınmasında yapılacak işlemlerin bilimsel olması için çeşitli cihaz ve teçhizatlara ait yatırıma ihtiyaç vardır. Söz konusu yatırımın boyutu, kuruluşun bütünü dikkate alındığında fazla mali yük getirmeyecek ise mutlaka satın

alınmalıdır. Gürültü kontrol faaliyetlerinde yapılacak mühendislik çalışmasını fayda maliyet analizini yapabilmek için gürültü kontrol önlemlerinin, maliyetinin belirlenmesi lazımdır. Günün teknolojik koşullarında gerçekleştirilecek bütün değişikliklerin ve bunların sağlayacağı gürültü düzeyindeki azalmalar dB olarak saptanmalıdır. Ayrıca bu tür değişikliklerin TL cinsinden maliyetinin ne olacağı belirlenmelidir. Kontrol çalışmalarının maliyetini beklenen gürültü düzeyine oranlayarak (TL/dB) cinsinden gürültü kontrol maliyet birimi elde edilir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde 1976 senesinde metal endüstrisi iş yerlerindeki gürültünün kontrol altına alınması çalışmalarının maliyeti devlet tarafından görevlendirilen uzmanlara incelettirilmiştir. Bu çalışmanın kapsamında, gürültünün kontrol edilebilmesi için kullanılan cihazlar kontrol yöntemlerine yapılan masraflar 80-90 dBA arasında çalışan işçilere ödenen ek ücret ile 90 dBA'dan yukarı gürültüde çalışanlara ödenen daha fazla ücretlerin maliyetleri hesaplanmıştır. Araştırmaya ait toplam neticeler Tablo-II.3'de gösterilmiştir.

Söz konusu araştırmada çıkarılan toplam maliyetin 10 sene evvel yapıldığı dikkate alınırca, o günün şartlarında yüklü masraflar yapılmıştır. Elemanlara maruz kaldıkları gürültüye karşılık ek ücret verilmesi yanında sağlık durumlarının denetimi için yapılan ödemeler dikkat çekicidir. Günümüzde aynı yerde yapılacak maliyet araştırması neticesi çok büyük boyutlarda olacaktır.

Tablo-II.3.A.B.D.'inde Metal Endüstrisi İş Kolunda  
1976 Senesinde Yapılan Gürültü Maliyet  
Analizi Sonuçları\*

Toplam işçi sayısı .....	2.243.390
85 dBA ses düzeyi üzerinde çalışan işçi sayısı .....	1.553.400
85 dBA'nın üzerinde çalışanların yüzdesi	% 69
90 dBA'nın üzerinde çalışanlara ödenen ek ücret .....	5.565.000 ₺
85 dBA'nın üzerinde çalışanların muayene masrafları .....	2.600.000 ₺
85 dBA'nın üzerinde çalışanlara ödenen ek ücret .....	6.690.000 ₺
Gürültü tesbit ve kontrol önlemleri teçhizatlarının maliyeti .....	54.800.000 ₺
<b>Toplam Maliyet .....</b>	<b>69.655.000 ₺</b>

(\*) Noise Control Solutions For The Metal Products  
Industry, s.10

## Ü Ç Ü N C Ü B Ö L Ü M

### GÜRÜLTÜ KONTROL YÖNTEMLERİNİN BİR ATELYEDE UYGULAMASI

Bu bölümde, öce TÜLOMSAŞ'daki gürültü sorununa temas edilerek, bu konuda bazı araştırmalara yer verilmiştir. Çalışma yeri, Elektrik Makinaları Test Atelyesi'nde gürültü ölçümleri yapılmış ve değerlendirilmiştir. Gürültü kontrol yöntemlerinden, uygulanabilecek olanlar sırasıyla açıklanmıştır. Söz konusu yöntemlerin getireceği maliyetler çıkartılmıştır.

#### III.1. UYGULAMANIN YAPILDIĞI FİRMANIN TANITIMI

Türkiye Lokomotif Motor Sanayii A.Ş., 1894 yılında Anadolu-Bağdat demiryolu hattının inşasında Bakım Ve Revizyon Atelyesi olarak kurulmuştur. 1929 yılında Yol Atelyesi ilave edilmiş, 1958 yılında ise Eskişehir Demiryol Fabrikaları, 1970 yılında Eskişehir Loko-

motif Ve Motor Sanayii Müessesesi ve son değişiklikle Nisan 1986'dan itibaren Türkiye Lokomotif Ve Motor Sanayii Anonim Şirketi (TÜLOMSAŞ) ismi ile Anonim Şirket haline dönüşmüştür. Şirket 500.000 m<sup>2</sup> bir alana sahiptir. Bunun 175.000 m<sup>2</sup>'si kapalı alandır. Çalışan işçi sayısı 3.000, memur sayısı ise 600'dür.

Bünyesinde Lokomotif, Motor, Vagon ve Yol Gereçleri, Elektrik Makinaları, Döküm ve Kimyasal İşlemler ve Mekanik İşlemler Fabrika müdürlükleri ile Kalite Kontrol, Teknik Hizmetler, Araştırma Planlama ve Koordinasyon, EBİM ve Tesis Onarım ve Bakım ünite müdürlükleri bulunmaktadır. Söz konusu şirketin üretim ağırlığı, demiryollarına ait çeken ve çekilen araçları imal etmek ve onarımlarını gerçekleştirmektedir.

### III.2.UYGULAMANIN AMACI

İş yerlerinde, gürültüyle mücadele konularında gerekli seviyeye gelinmiş değildir. Eğer gürültü konularında yeterli bilgilere sahip olduğunda, işlemlerden sonuçlar alınması mümkün olacaktır. Bu çalışmada, gürültü ölçümünün kurallara uygun şekilde yapıldıktan sonra, elde edilen verilerin değerlendirilmesi yapılarak gürültünün genel durumu hakkında karar verilmesiyle, başlanacak çalışmaların başarılı olması için atelye yapısının iyi bir şekilde değerlendirilmesi yapılmalıdır. Gürültü kontrol yöntemlerinin sırasıyla denenmesiyle gürültü miktarında büyük azalmalar sağlanacaktır.

Uygulamanın yapıldığı İşletmenin diğer gürültülü

atelyelerinde 1000 kadar işçi çalışmaktadır. Gürültünün kontrol altına alınması çalışmalarını çeşitli nedenlerle yapılamamaktadır. Bu çalışma ile bir atelyede yapılan gürültü ölçümü ve gürültü kontrol yöntemlerinin uygulanması diğer atelyelerdeki çalışmalara ışık tutacaktır.

### III.3. İŞLETMEDEKİ GÜRÜLTÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

İşletmede çeşitli boyutta 900'e yakın tezgahların yaklaşık % 40'ı eski denebilecek tezgahlardır. Tezgahların , yatak, rulman, dişli, kızak boşlukları ve çeşitli parçalarının hassasiyetini kaybetmesiyle tüm atelyelerde normalden fazla gürültüye rastlanmaktadır. Kaldırma işlemlerinde kullanılan tavan vinçlerinin aktarma organlarındaki aşınma nedeniyle meydana gelen gürültüler ve kaynak motorlarının gürültüleri mevcuttur.

Bünyesinde ürettiği 6 atmosferlik basınçlı hava ile kullanılan takımlarda klavuz çekme, havşa basma, spiral taşlama ve temizlik gibi çeşitli işlemlerin yapımı esnasında doğan gürültüler bulunmaktadır. Parçaların atelye içerisinde yerleştirilmesi esnasında, boşaltma ve yükleme işlemlerinde serbest düşme nedeniyle gürültüler meydana gelmektedir.

Genelde bakım hizmetleri arıza meydana geldiği anda olmaktadır. Planlı bakım olmadığından, tezgah arızalanıncaya kadar çalıştırılmakta, dolayısıyla normalin üzerinde gürültüyle karşılaşmaktadır.

Çeşitli parçalar sıcak işlem gerektirdiğinden ,

ebatları 1-2 m<sup>3</sup> arasında değişen tav fırınlarının ısı veren burnerlerinin fırın ağızlarında oluşturduğu gürültüler bulunmaktadır.

İklim şartlarına göre soğuk ve sıcak hava veren büyük ebattaki klima cihazları oldukça büyük gürültülere neden olmaktadır.

Atelyelerde gürültüyle mücadele uygulaması yapılmaması nedeniyle gürültü sürekli olarak artmaktadır.

### III.3.1.İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Çalışmaları

Şirketin kapasitesi ve çalışan eleman sayısının büyüklüğü beraberinde işçi sağlığı ve iş güvenliği çalışmalarının düzenli bir şekilde yapılmasını gerektirmektedir. Atelyelerde iş kazalarının önlenbilmesi için çeşitli önlemler alınırken; gaz, toz, aydınlatma ve gürültü gibi olumsuz koşulların düzenli bir şekilde takibinin yapılması gerekmektedir.

Sağlık koşullarının bozukluğu, çalışanların sağlık ve moral seviyelerinde olumsuz etkileri nedeniyle iş veriminde azalmaya sebep olduğu bilinmektedir. Bu nedenle çevre koşullarının denetimi işletmenin büyüklüğü göz önüne alınırsa, kendi imkanlarıyla temin edeceği cihazlar ile bu faaliyetleri bilimsel olarak gerçekleştirebilecektir.

İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Amirliği çalışmalarını söz konusu edilen konularda, iş yerlerinden gelen şikayetler, sendike temsilcisinin de bulunduğu 6 kişilik bir kurul tarafından değerlendirilmekte ve karara bağlanmaktadır. Her yıl yeni ilavelerle gelişmekte olan atel-

yelerin çevre koşulları , başlangıçta göz önüne alınmaması nedeniyle küçümsenmeyecek maliyetleri de beraberinde getirmektedir.

### III.3.2. İşletmede Gürültü Üzerine Daha Önce

#### Yapılmış Çalışmalar

İşletmede, çevre ve sağlık koşullarını incelemek ve denetlemek amacıyla gelen İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği uzmanları tarafından yapılan ölçümlerle, atelyelerdeki olumsuz durumlar değerlendirilmektedir. Bu amaçla gelen Sağlık Sosyal Yardım Bakanlığı Refik Saydam Hıfzısıha Merkezi Başkanlığı uzmanlarının Haziran 1986 tarihli incelemesine ait raporu gürültü ile ilgili bölümünde yer alan kısmında gürültülü atelyeler kısmına dahil edilebilecek atelyelerdeki ölçüm değerleri Tablo-III.1- de verilmiştir.

Tablo-III.1. Üç İş Yerinde Yapılan Gürültü Ölçüm Verileri

Atelye Adı	Ölçüm Yeri	Gürültü Düzeyi(dBA)
Demirhane	Tav ocakları arası .....	98
	Büyük tav ocağı yanı .....	104
	Büyük şahmerdan yanı .....	103
	Küçük şahmerdan yanı .....	98
	Susta tav ocağı yanı .....	105
Sofaj Santrali	Devridaim pompaları ile kazan ara.	85
	Tek devridaim pompası çalışırken	89
	Beş devridaim pompası çalışırken	95



Tablo-III.1'in devamı

Atelye Adı	Ölçüm Yeri	Gürültü Düzeyi (dBA)
Lokomotif	<u>Atelye İçi</u>	
Deneme	Boş rolantide .....	92
Merkezi	Yüklü rolantide .....	103
	Test anında .....	116
	<u>Kontrol Odasında</u>	
	Rolantide normal çalışma (boşta)	63
	Rolantide normal çalışma .....	73
	Test halinde (yüklü) .....	88

Geçmiş senelerde gerek Tablo-III.1'de gürültü düzeyi verilen atelyeler gerekse diğer mevcut gürültülü atelyeler için verilmiş gürültü düzeyleri için yapılan araştırma raporları arasında dikkati çekecek farklılıklar göstermektedir.

Genelde söz konusu raporlar ilgili kuruluşlarca gizlilik ilkesine bağlı kalarak verildiği için söz konusu verileri elde etmek zordur. Aslında söz konusu veriler atelyelerin görülebilecek kısımlarına ilan edilerek işçilerin kulak koruyucularını kullanmalarında etkin bir uygulamaya neden olacaktır.

İşletmede yapılan işitme kaybı tesbit çalışmasında, söz konusu atelye gürültü seviyesi 110 dBA olan Lokomotif Deneme Merkezi'nde haftada 4.8 saat, gürültü seviyesi 108 dBA olan Cer Kısmı Kömürlü Kazan ünitesinde haftada 7.5 saat gürültülü ortamda çalışan 39 işçi incelenmiştir. Söz konusu her iki iş yerinde de 102 dBA eşdeğer gürültüye maruz kaldıkları tesbit olunmuştur.

İşçiler üzerindeki işitme kaybı araştırmaları neticesinde 22 işçide 26 dB'den fazla işitme kaybı olduğu diğerlerinde de muhtelif işitme kayıpları olduğu görülmüştür. Ortaya çıkan işitme kaybının en fazla 4000 Hz.'de geliştiği, daha yüksek frekanslarda ve tüm bantlara da yayıldığı tesbit olunmuştur. Çalışanların yaş ortalamaları 31 olup, işçiler genç olduğundan gürültüden etkilenmenin az olduğu görülmüştür. Endüstriyel gürültüye bağlı işitme kaybında yaş ve çalışma süresinin önemli iki faktör olduğu sonucuna varılmıştır (1).

Açıklanan araştırmanın yeri olan Lokomotif Dene-me Merkezi'nde, elektrik motorları Test Atelyesi'nde ayrı ayrı testi gerçekleştirilen lokomotifin ait alternatör, cer motoru ve statodin adı verilen elektrik motorlarının lokomotif gövdesi üzerinde komple monte edilmiş test işlemi yapılmaktadır. Bu işlem esnasında 110 dBA'lık gürültü düzeyi ölçülmesi ; alternatörün tek başına test işlemi esnasında 110 dBA'lık gürültü düzeyi oluşturması sebebi ile lokomotifin en çok gürültü yayan ünitesinin alternatör olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu nedenle Elektrik Motorları Test Atelyesi'nde çalışan işçiler için işitme kaybı oluşumu benzerlik arzedecektir.

---

(1) K.Cüneyt AKSOY, Endüstriyel İşitme Kayıplarında İmpedansmetrik Ve Odyolojik Araştırma, Uzmanlık Tezi, Anadolu Üniv. Tıp Fak., Eskişehir, 1983, s.40-45.

#### III.4. UYGULAMA YERİ OLAN ELEKTRİK MAKİNALARI TEST ATELYESİNİN TANITIMI

Elektrik Makinalara Fabrikası Müdürlüğü'ne bağlı Test Atelyesi  $43 \times 37$  m<sup>2</sup> ebatındaki yapının  $18 \times 43$  m<sup>2</sup> lik kısmına yerleştirilmiştir. Yerleşim planı Şekil-III.1- de verilen Test Atelyesi'nde yapılan işlemler şunlardır:

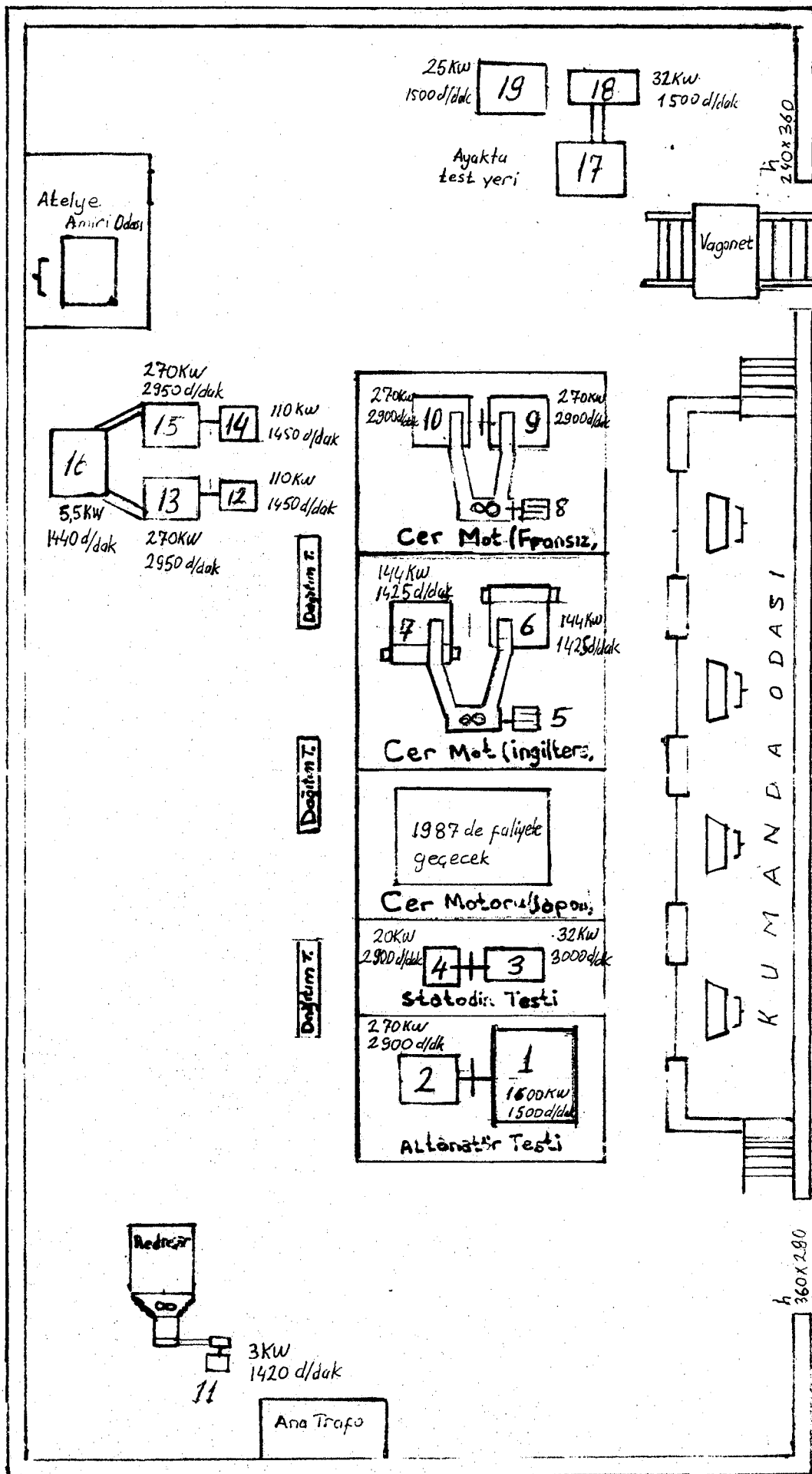
i) Alternatör Testi: Test müddeti 1500 devir/dk. da bir saattir. Gürültü seviyesi sürekli 110 dBA'dır. Haftalık test adedi bir veya iki defadır. Senelik alternatör test miktarı 70 adedi bulmaktadır.

Alternatör, dizel motorunun sağladığı kinetik enerjiyi elektrik enerjisine çevirerek alternatif akım üretir.

ii) Cer Motoru Testi: İki ayrı tip cer motoru test işlemi yapılmaktadır. Test pleytleri üzerine oturtulan iki cer motoru akuple edilerek test edilir. Test müddeti sürekli 8 saattir. 750 devirde oluşan gürültü seviyesi 85 dBA , 2750 devirde 95 dBA , 3000 devirde ise 105 dBA gürültü oluşmaktadır. Senelik test edilen cer motoru miktarı 600 civarındadır.

Cer motoru, alternatörün sağladığı elektrik enerjisini redresörde doğru akıma çevrilmesiyle elde edilen güç, motorun ön kısmında bulunan dişli vasıtasıyla, dingildeki cer dişlisini tahrikiyle lokomotifin hareketi sağlar.

Cer motoru testi esnasında ihtiyacı olan 60 m<sup>3</sup>/saat havayı veren vantilatör ve motoru sürekli olarak çalışmaktadır.



Şekil-III.1. Test Atelyesi Yerleşim Planı

iii) Statodin Testi: Bu işlem esnasında motor 3000 devir/dk'da iki saat müddetle döndürülür. Ses düzeyi sürekli 97 dBA'dır. Haftalık test adedi bir veya ikidir. Test işlemi esnasında ıslık tarzında çıkardığı ses nedeniyle yüksek frekansa sahip olduğu zannedilmektedir.

Motor, lokomotifde alternatörün gövdesinin üzerinde özel olarak oluşturulmuş sport üzerinde bulunmaktadır. Görevi, alternatörün aşırı devire kaçmasını önlemek, aynı zamanda lokomotifin aküsünün şarjını sağlamaktır.

iv) Redresör Testi: Redresör test işlemi esnasında akım ve voltaj verilerek elemanlardaki aksaklıklar ortaya çıkarılır. Bu esnada hasil olan ısı sistemde oluşturulan vantilatör ile soğutulur. Vantilatör motoru sürekli çalışmaktadır. Yayıdığı gürültü seviyesi 90 dBA civarındadır.

v) Ayakta Test İşlemi: Tüm elektrik motorları test işleminin başlangıcında kollektöre basan kömür çubukların alıştırılması amacıyla ve diğer kısımların istenilen durumda dönmelerini kontrol etmek için ayakta test işlemi yapılır, Ayakta test denilmesinin sebebi, motorların herhangi bir yere bağlanmaksızın test edilmesidir. Bu kısımda gerekli enerjiyi sağlayan iki güçlü elektrik motoru test işlemiyle birlikte gürültü seviyesi 100 dBA'ya çıkmaktadır.

Söz konusu atelyeye yeni test yerleri konulacaktır. Japon Toshiba firması işbirliğiyle 1937 senesinde yapımına başlanacak olan elektrik lokomotiflerine ait cer motorları test yeri ve yüksek gerilim trafosu test yeri yapılmaktadır.

Elektrik Motorları Test Atelyesi, 1983 yılında hizmete girmiştir. Atelyenin çatı kapatma hizasına kadar duvar yüksekliği 10 m., çatıyı eğimli tarzda oluşturan makaslı kirişlerin en uç noktası yerden itibaren 13 metredir. Atelye yapısının diğer özellikleri şunlardır:

i)Tavan:Test Atelyesi tavanı,ince, kıvrımlı galvenizli çelik saçtan yapılmıştır. Tavan, malzemesinin özelliği nedeniyle yansımaya neden olmaktadır. Tavan kaplama malzemesi bu atelye için uygun değildir.

ii)Zemin:Zemini oluşturan kısımlar tamamıyla çıplak betondur. Bu özelliği nedeniyle yansımaya neden olmaktadır.

iii)Duvar:Duvarlar hiçbir gürültü kontrol yöntemine ait yapısal özellikler taşımamaktadır. Bu şekliyle tavan ve zemin yapısından farkı bulunmamaktadır. Bu nedenle yansımaya neden olmaktadır.

iv)Yalıtım Odacığı:Atelyedeki motor test işlemleri esnasında voltaj, akım ve hız değişimlerine ait komuta cihazlarının bulunduğu oda hiçbir yalıtım malzemesi kullanılmadan inşa edilmiş olup camları tek katlıdır.

v)Atelye Kapıları:Atelyenin iki kapısı mevcut olup ince çelik saçdan yapılmıştır. Çelik saç levha olması dolayısıyla yansımaya neden olmaktadır. Kapıların kolay kapanabilirliği yoktur.

Ayrıca kapasitesi 5 ton olan tavan vinci çalışması esnasında 80 dBA'lık gürültü oluşmaktadır. Bunun yanı sıra test yapılan motorlara sürekli olarak voltaj ve akım sağlayan 5 motor gün boyunca devamlı çalıştırılmaktadır. Yüksüz çalışması esnasında 80 dBA'lık, yüklü çalışması esnasında ise 85-87 dBA'lık gürültü oluşmaktadır.

### III.5. ÖLÇÜM STRATEJİSİ VE DEĞERLENDİRMESİ

Elektrik motorlarının çıkardığı gürültü kararlı ve sabit gürültü olması nedeniyle ölçüm cihazı olarak ses düzeyi ölçer kullanılmıştır. Hava İkmal Bakım Müdürlüğü'nden temin edilen "Simpson 886-2" model Ses Düzeyi Ölçer'in özellikleri ; 50-130 dBA arasında ölçümleri gerçekleştirebilen, maksimum ölçebileceği ses basınç düzeyi 140 dBA'dır. Firması tarafından kalibre işlemi için , tavsiye edilen kalibre cihazı "890 Model Acoustic Calibratör" kullanılmıştır.

Test edilecek motorlar için, bekleme söz konusu olmayıp sürekli olarak testi yapılacak motorlar atelyeye gelmektedir. Bir vardiyelik çalışma ile işlemlerin bittiğini gerekirse fazla mesaili çalışma ile işlemlerin normal bir şekilde yapıldığı tesbit olunmuştur. Ancak alternatörlerin test işlemi esnasında görülen aksaklıkların çokluğundan dolayı haftada iki veya daha fazla test edilmeleri dolayısıyla, gürültü mazuriyetinin arttığı tesbit edilmiştir.

Ölçümler aynı günün, sabah 10-11 saatleri , öğleden sonra 14-16 saatleri arasında alınmış olup her bir motorun çevresinde en az 5 ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerde aynı devirler için ölçüm değer farklılıkları bir ile üç dBA olması nedeniyle "yavaş" konumda ölçüm değerleri alınmıştır (2).

---

(2) C.M.HARRIS, Handbook Of Noise Control, McGraw-Hill Book Company, New York, 1979, s.6.11

Ölçümler, insan sağlığını ilgilendirdiğinden cihazın A skalası ile yapılmıştır. Ölçümler cihazın katalogunda tavsiye edilen ANSI standartına göre ses kaynağının oluşturacağı ses dalgalarına  $70^{\circ}$  lik açıyla tutulmuştur. Ölçüm esnasında hava sıcaklığı  $25^{\circ}\text{C}$  civarında, nem miktarı ise %65 civarında olduğu tesbit olunmuştur.

Söz konusu cihazın Frekans Analizörü olmadığından frekans analiz işlemleri gerçekleştirilememiştir.

Alınan ölçüm değerleri aşağıda verilmiştir:

Alternatör için alınan değerler :

1500 devir/dk.: 110 , 109 , 112 , 108 (dBA), L ort.110 dBA

Cer motorları için:

750 devir/dk. : 84 , 86 , 85 (dBA) L ort. 85 dBA

2250 devir/dk.: 94 , 95 , 96 (dBA) L ort. 95 dBA

3000 devir/dk.: 103 , 106 , 107 (dBA) L ort.105 dBA

Stadodin için :

3000 devir/dk.: 96 , 97 (dBA) L ort. 97 dBA

Yukarıda verilen ölçüm değerleri, motor test müddetlerinin farklı olması sebebiyle atelyede oluşan gürültü hakkında karar verebilmek için gürültü ölçüm verileri çeşitli değerlendirme işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Bu ölçüm değerlendirme işlemleri şunlardır:

i) Desibellerle toplama eğrileri ile toplam ses düzeyi hesaplanması.

ii) Toplam ses gücü düzeyi hesaplanması.

iii) Frekans analizinden faydalanarak ses seviyesinin hesaplanması.



iv)Gürültü seviyesi faktörü kullanarak eşdeğer günlük gürültü seviyesi hesaplaması.

v)Kompozite gürültü göstergesi yardımı ile haftalık eşdeğer gürültü seviyesinin hesaplanması.

Yukarıda bahsedilen hesaplamalara izleyen alt başlıklarda yer verilmiştir.

### III.5.1.Desibellerle Toplama Eğrileri Yardımıyla Toplam Ses Seviyesinin Hesaplanması

Elektrik motorları testi esnasında, günün değişik saatlerinde atelye içinde gözlenebilen belirgin ses seviyeleri  $L_1:110$  dBA ,  $L_2:105$  dBA ,  $L_3:97$  dBA ,  $L_4:95$  dBA ,  $L_5:85$  dBA ve  $L_6:80$  dBA'dır. Birinci bölümde Şekil-I.6'da verilmiş olan desibellerle toplama eğrisi yardımıyla yapılacak işlemler için ses düzeyleri Büyükten küçüğe doğru sıralanır. İşlemlere küçükten büyüğe doğru ikişer ikişer devam edilir.

$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$L_6$
110	105	97	95	85	80(dBA)

$L_5$  ve  $L_6$  ses seviyesi için :

$L_5-L_6:85-80:5$  , farka karşılık şekil değeri:1.2

$$L_{56}: 1.2 + 85 = 86.2 \text{ dBA}$$

$L_4$  ve  $L_{56}$  ses seviyesi için:

$L_4-L_{56}: 95-86.2 : 8.8$ , farka karşılık şekil değeri:0.6

$$L_{456}: 0.6 + 95 = 95.6 \text{ dBA}$$

L<sub>3</sub> ve L<sub>456</sub> ses seviyesi için:

L<sub>3</sub>-L<sub>456</sub> : 97-95.6 : 1.4, farka karşılık şekil değeri:2.1

$$L_{3456}: 2.1 + 97 = 99.1 \text{ dBA}$$

L<sub>2</sub> ve L<sub>3456</sub> ses seviyesi için:

L<sub>2</sub>-L<sub>3456</sub> : 105-99.1 : 5.9, farka karşılık şekil değeri:1.0

$$L_{23456}: 1.0 + 105 = 106 \text{ dBA}$$

L<sub>1</sub> ve L<sub>23456</sub> ses seviyesi için:

L<sub>1</sub>-L<sub>23456</sub> : 110-106 : 4, farka karşılık şekil değeri:1.5

$$L_{123456}: 1.5 + 110 = 111.5 \text{ dBA}$$

Hesaplamalar neticesinde atelyenin toplam ses seviyesi 111.5 dBA'dır.

### III.5.2. Toplam Ses Gücü Düzeyinin Hesaplanması

Elektrik motorları testi esnasında , günün değişik saatlerinde atelye içinde gözlenebilen belirlenen ses düzeyleri ; L<sub>1</sub>:110 dBA , L<sub>2</sub>:105 dBA , L<sub>3</sub>:97 dBA , L<sub>4</sub>:95 dBA , L<sub>5</sub>:85 dBA ve L<sub>6</sub>:80 dBA'dır. Toplam ses gücü düzeyini ölçmek için,

$$L_{wt} : 10 \text{ Log} \left( \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right)$$

formülü kullanılır. Toplam ses gücü düzeyleri bazı motorların test işlemi aynı günde yapılmadığı düşünülerek ayrı ayrı hesaplanmıştır.

i) Alternatör, Stododin, Cer Motoru testi için:

$$L_{wt} = 10 \cdot \text{Log}(10^{11.0} + 10^{10.5} + 10^{9.7} + 10^{9.5} + 10^{8.5} + 10^{8.0})$$

$$L_{wt} = 111.4 \text{ dBA}$$

ii) Alternatör testi olmadığında:

$$L_{wt} = 10 \cdot \text{Log}(10^{10.5} + 10^{9.7} + 10^{8.5} + 10^{8.0})$$

$$L_{wt} = 106 \text{ dBA}$$

iii) Sadece cer motoru testi için,

$$L_{wt} = 10 \cdot \text{Log}(10^{10.5} + 10^{9.5} + 10^{8.0})$$

$$L_{wt} = 105 \text{ dBA}$$

### III.5.3. Frekans Analizinden Faydalanarak

#### Alternatörün Ses Düzeyinin Hesaplanması

Alternatör için yapılmış frekans analizi değerleri<sup>¶</sup>, 1/3 oktav için, Tablo-III.2'de verilmiştir. Bu merkez frekans değerlerine karşılık gelen düzeltme faktörleri ile frekans analizi dB değerleri toplanarak her bir merkez frekans için dBA değerleri bulunur. Ses düzeyi formülünde dBA değerleri yerine konularak, Alternatör ses düzeyi bulunur. Bu yöntemde tablo değerlerine bakılacak olunursa, dBA değerleri 1000 ile 4000 Hz arasında yoğunluk oluşturmasından alternatörün yaydığı gürültünün insan sağlığına zararlı olduğu çıkar.

---

(¶) C.AKSAY, A.g.k. s.25

Tablo-III.2. Alternatöre Ait dBA değerlerinin  
Bulunması

Merkez Frekans	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	20000
dB Değerleri	98	100	98	102	110	108	106	105	100	108	98
Düzeltilme Faktörü	-40	-26	-16	-8	-3	0	1.2	1.0	-1.1	-6.6	-12.2
dBA	48	73	81	93	96	108	104.8	106	98.9	93.4	75.8

$$L_A : 10 \cdot \text{Log} \left( \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right)$$

formülü yardımıyla ,

$$L_A : 10 \cdot \text{Log} \left( 10^{4.8} + 10^{73.8} + 10^{8.19} + 10^{9.3} + 10^{9.64} + 10^{10.8} \right. \\ \left. + 10^{10.48} + 10^{10.6} + 10^{9.89} + 10^{9.34} + 10^{7.58} \right)$$

$$L_A : 10 \cdot 11.15 = 111.5 \text{ dBA}$$

olarak bulunur.

#### III.5.4. Gürültü Seviyesi Faktörü Kullanarak Günlük Eşdeğer Gürültü Seviyesinin Hesaplanması

İst Atelyesi'nde günün değişik saatlerinde atelye içinde gözlenebilen ses seviyeleri ,  $L_1$ :110 dBA ,  $L_2$ :105 dBA ,  $L_3$ :97 dBA ,  $L_4$ :95 dBA ,  $L_5$ :85 dBA ve  $L_6$ :80 dBA'dır. İlgili işlemleri yapabilmek için Tablo-III.3 oluşturulur. Tabloyu yaparken, gürültü seviyeleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. En küçük değer diğer seviye-

Tablo-III.3.Gürültü Seviyesi Faktörü Kullanarak  
Gürültü Süresi Toplam Faktörünün  
Bulunması

Ölçüm Sıra No	Gürültü Seviyesi	Seviye Farkı	Logaritmik Faktör(g)	Gürültü Süresi(dk)	Faktör Toplamı
1	80	0	1	60	60
2	85	5	3.2	120	384
3	95	15	32	180	5760
4	97	17	50	60	3000
5	105	25	320	120	38400
6	110	30	1000	60	60000
					110604

lerden çıkartılarak seviye farkı bulunur. Tablo-I.7'de verilmiş olan seviye farkı için logaritmik faktör değerleri yazılır. Gürültü süreleri dakika olarak yazılarak faktör ile gürültü süresi çarpımı toplam faktörü verir. Toplam faktörlerin genel toplamı alınarak, toplam çalışma süresine bölüldüğünde elde edilen değeri Tablo-I.7'deki karşılık gelen değer en az gürültü seviyesine ilave edilerek günlük ortalama ses seviyesi elde edilir.

Günlük motor test işlemleri farklılıklar gösterdiğinden bazı motor testlerinin olmadığı günler için eşdeğer gürültü seviyeleri de hesaplanmıştır.

i) Stadodin testi yapılmadığında ;  
1,2,3,5,6 nolu ölçümler için,

$$g_{\Sigma t} : 110604 - 3000 : 107604$$

$$g_{ort} : \frac{g_{\Sigma t}}{t} : \frac{107604}{540} : 199$$

Tablo-1.7'den  $g_{ort}(199)$  için 23 bulunur.

$L_{eşdeğer} : L_{min} + \Delta L : 80 + 23 : 103$  dBA  
bulunur.

ii) Alternatör testi olmadığı zaman ;

1,2,3,4,5 nolu ölçümler için ,

$$g_{\Sigma t} : 110604 - 60000 : 50604$$

$$g_{ort} : \frac{g_{\Sigma t}}{t} : \frac{50604}{540} : 93$$

Tablo-I.7'den  $g_{ort}(93)$  için 20 bulunur.

$L_{eşdeğer} : L_{min} + \Delta L : 80 + 20 = 100$  dBA  
bulunur.

iii) Sadece Cer motoru testi yapıldığında ;

1,2,3,5 nolu ölçümler için ,

$$g_{\Sigma t} : 110604 - 63000 : 47604$$

$$g_{ort} : \frac{g_{\Sigma t}}{t} : \frac{47604}{540} : 88$$

Tablo-I.7'den  $g_{ort}(88)$  için 19 bulunur.

$L_{eşdeğer} : L_{min} + \Delta L : 80 + 19 : 99$  dBA  
bulunur.

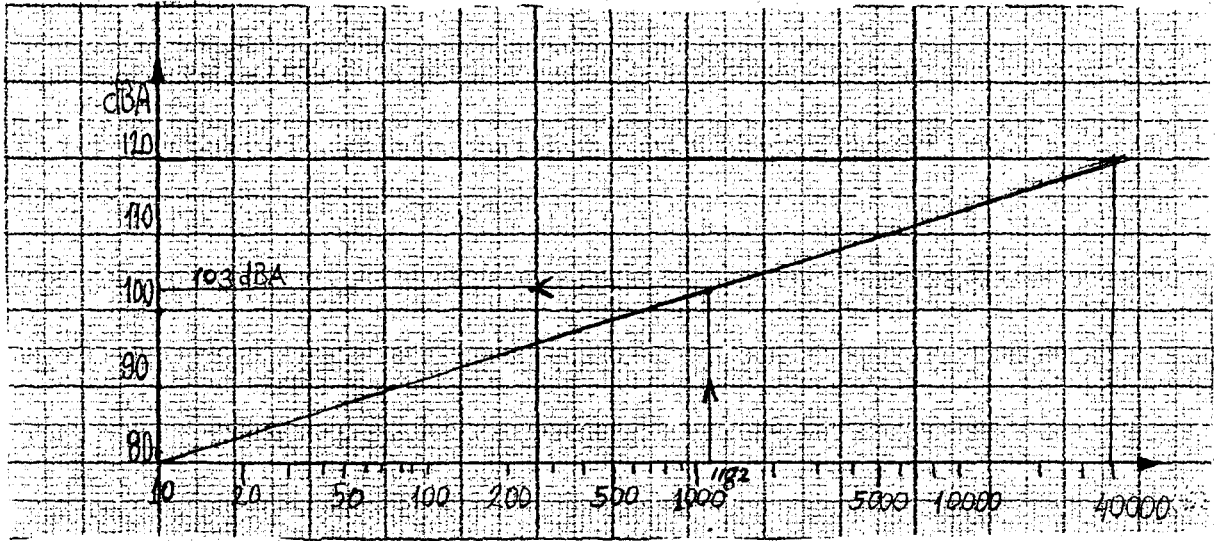
III.5.5. Kompozite Gürültü Göstergesi İle Haftalık Eşdeğer Ses Seviyesinin Hesaplanması

İş yerinde gürültünün haftalık dökümü Tablo-III.4'de süreleri ile birlikte verilmiştir. Belirgin ses seviyeleri ile süre arasında ilişkili Tablo-I.9'da verilen parsiyel gürültüye maruz kalma göstergesinden alınacak değerler Tablo-III.4'deki ilgili bölümüne aynı ses seviyesi süresi toplamı göz önünde bulundurularak parsiyel gürültü denilen kısma yazılır. Genel toplamaları alınır.

Tablo-III.4. Haftalık Gürültüye Maruz Kalma Süreleri

dBA	gün	P.tesi	Salı	Çar.	Per.	Cuma	Süre Toplamı	Parsiyel Gürültü
110		1.0	-	-	-	-	1.0	250
105		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	10.0	780
97		-	1.0	-	1.0	-	2.0	22
95		2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	15.0	120
85		2.0	2.0	2.0	3.0	2.0	13.0	10
80		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5.0	-
							1182	

Şekil-III.2'de eşdeğer devamlı ses seviyesi ile kompozite gürültü göstergesi arasındaki ilişki cetvelinden 1182 parsiyel gürültü için haftalık eşdeğer ses seviyesi 103 dBA bulunur.



Şekil-III.2.Eşdeğer Devamlı Ses Seviyesi İle  
Kompozite Gürültü Göstergesi Arasındaki  
İlişki Cetveli

### III.6.ATELYEDE UYGULANABİLİR GÜRÜLTÜ KONTROL YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

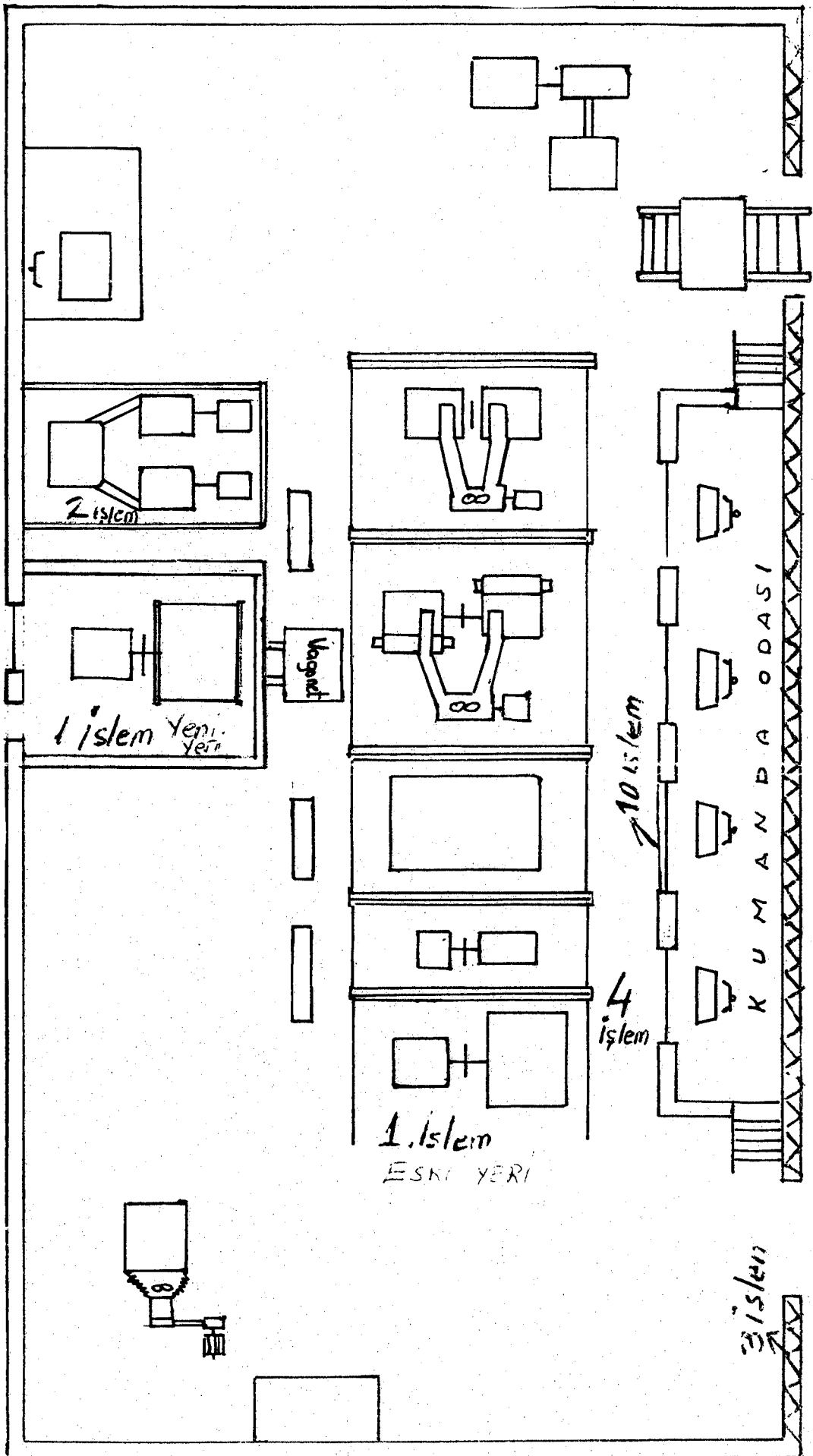
Test Atelyesi'ndeki gürültünün kontrol altına alınabilmesi için, gürültü kontrol yöntemlerinin tavsiye edilen sıra ile kaynakta , yolda ve alıcıda yapılması uygun görülmüştür.

#### III.6.1.Gürültü Kaynaklarında Alınabilecek Kontrol Yöntemleri

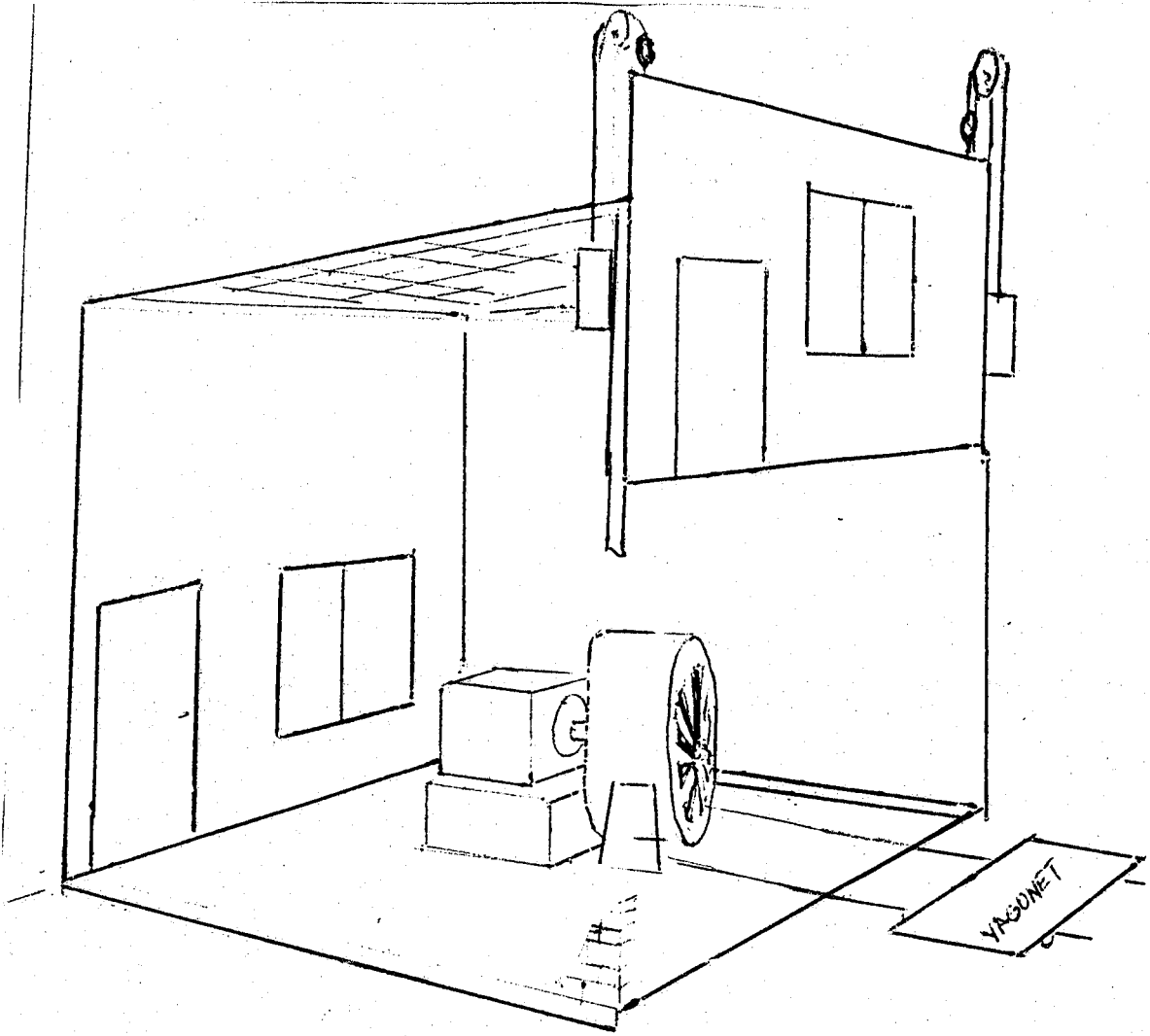
Kaynakta gürültü kontrolü sağlamak için temel ilkelere ; planlama, hücre içine alma, tasarım değişikliği ve ses yalıtımı ile yutumu uygulamaları birleştirilmiş tarzda sunulmuştur.

i) İşlem 1:Gürültünün atelyede yüksek değerlere ulaşmasına neden olan alternatörün yeri yanlış seçilmiştir. Şekil-III.3'deki bir nolu alternatör yeri aynı şekildeki A bölgesine yerleştirilmesi uygundur. Şekil-III.4-





Şekil-III.3.Uygulanabilir Gürültü Kontrol Yöntemlerinin Yerleşim Planında Gösterimi



Şekil-III.4. Alternatörün Yeni Test Yeri Hücresi

de görülen yeni alternatör test yeri hücresi  $4 \times 4 \times 3 \text{ m}^3$  hacindedir. Hücre duvarları ytong tuğla ile yapılmış, ön kısmı çift camlı ve kapılı, sürgülü tip kapak hareketi yukarıya doğrudur. Vagonetle teste gelen alternatör test şantlarına bağlanır. Sürgülü kapak kapatılır. Elemanın girişini sağlayan kapı ile kumanda odası ilişkisini temin eden çift cam pencere hücrenin atelye ile olan bağlantısını temin eder. Kapağın karşısına gelen atelye duvarı arkasında boş alan bulunmaktadır. Bu nedenle bu kısımda oluşturulan kapı ve havalandırma açıklıkları açılacaktır. Bu şekilde alternatörün yaydığı ses seviye-

si 110 dBA'dan 90 dBA'ya indirmek mümkün olacaktır. Yönetmeliksel kontrol yöntemi olarak , hücre içinde kömür sürtmesi, rulman sesi ve diğer olumsuz sesleri dinleyen işçinin bir saat boyunca dinleme işlemini iki veya üç işçiye yaptırılmalıdır.

ii) İşlem 2: Test yapılan motorlara sürekli voltaj ve akım temin eden Şekil-III.3'deki 12,13,14,15 ve 16 nolu motorlar gün boyunca çalışmaktadırlar. Test işlemleri esnasında, yükmeden dolayı 80 dBA'lık ses düzeyi 85-87 dBA'ya çıkmaktadır. İşlem 1'deki uygulama gerçekleştirildiği takdirde 5 motoru hücre içine almakla gürültü düzeyinde 10 dB'le yaklaşan gürültü düzeyi azalması olacaktır. Çünkü, alternatör ses seviyesi 110 dBA olması dolayısıyla , alternatör hücre içerisine alınmadığı takdirde, 110 - 87 :23 dBA'lık ses düzeyi fazlası variken söz konusu 5 motorun hücre içerisine alınması gereksizdir. Motorlar, Şekil-III.3'de görüldüğü gibi hep birlikte aynı hücre içine alınmıştır. Motorlara herhangi bir müdahaleyi gerektirecek işlemler için uygun kapaklar konmalıdır. İç kısımları ses yutucu malzeme ile kaplanmalıdır. Düşünülebilecek hücre ebatları 4x4x1.5 metredir.

Modern teknolojiye voltaj ve akımın motorlar sistemi ile üretimi tamamen kalkmıştır. Bunun yerine özel amaçlı redresörler ,gürültü yaymaksızın voltaj ve akım üretmektedirler.

### III.6.2. Gürültünün Yayılım Alanında Gürültü

#### Kontrol Yöntemleri

Gürültünün yayılım alanında kontrolünü sağlamak için gürültünün yolda kontrol edilmesi yöntemlerinden bariyer, aküstik perde ile duvar , tavan ve zeminde yapılan ses yutucu ve yalıtıcı sistemler incelenmiştir.

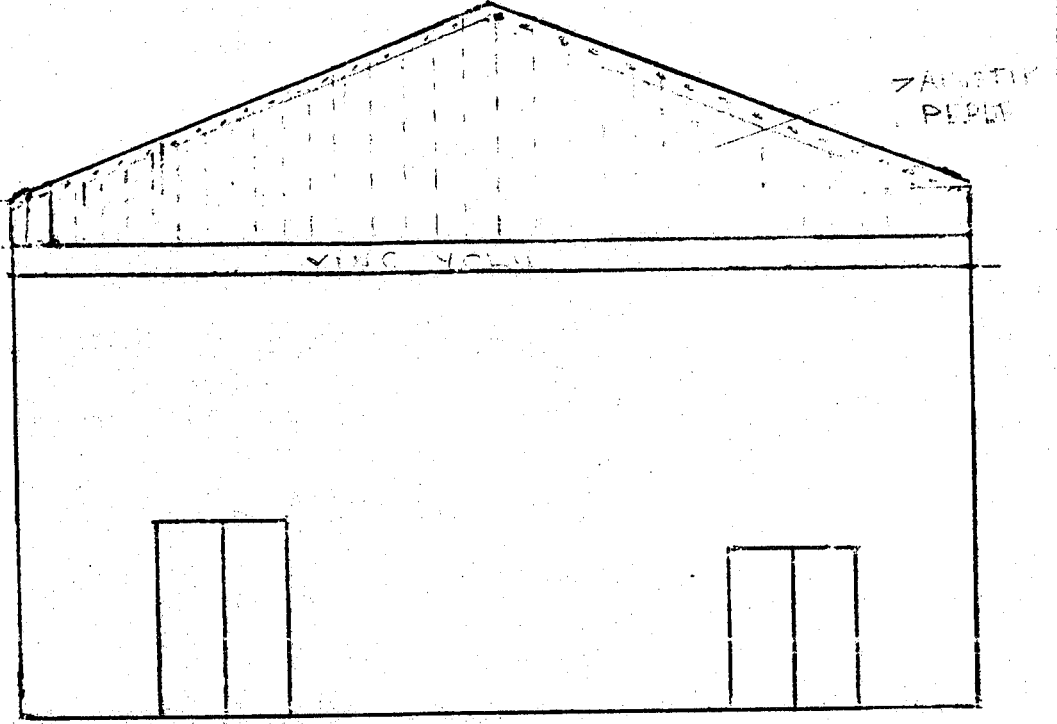
i) İşlem 3: Test atelyesi çatısı ortak inşa edilmiş tek bir atelye iken ; montaj postası çalışma yeri ile arasında boşluk mevcuttu. Gürültüden zarar görmemele-ri için atelye gözenekli yapıya sahip ytong tuğla ile tavan vinci hizasını kadar örülerek, montaj postası elemanlarının korunmaları sağlanmaya çalışılmıştır.

Şekil-III.3'de belirtilen duvar , Şekil-III.5'de ayrıca gösterilen açıklık nedeniyle istenilen amaca ulaşılmamıştır. Duvar vinç yolu hizasından tavan uç yüksekliğine olan 5 metrelik yükseklikli ikizkenar üçgen şeklinde açıklık, tamamen kapalı olması durumundaki duvar alanının 1/3'ü kadardır. Eğer söz konusu duvar tamamen kapalı olursa test atelyesi hücre gibi olacak, bu durumda montaj atelyesi gürültü seviyesi büyük miktarda azalabilir. Ancak alanın 1/3'ünün açık olması dolayısıyla gürültü azalmasının yaklaşık 5 dB olabileceği belirtilmektedir (3). Bu açıklık tavadan vinç yolu üzerine kadar sarkıtılan akustik perde ile sesin montaj postasına

---

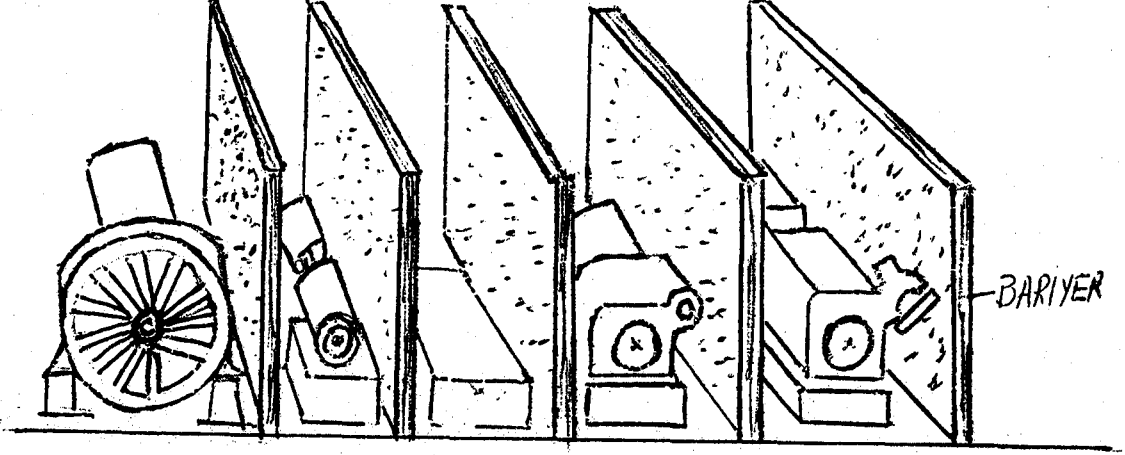
(3) N.ÖZGÜVEN , A.g.k., s.105.

intikali önlenmiş olur. Pifeli tarzda asılacak akustik perde sayesinde ses düzeyinde 12 dB'lik bir azalma olabilecektir (4). Harcanacak perde ölçüsü 130 m<sup>2</sup>'dir.



Şekil-III.5. Akustik Perde Uygulaması

ii) İşlem 4: Bariyer kullanımı ile atelye içinde testi yapılan frekansları yüksek ses düzeylerinin zararlı etkilerinden korunmuş olunacaktır. Bariyerler ayrı test üniteleri arasına eleman boyunu geçecek şekilde her iki yüzü ses yutucu malzeme ile kaplanmış ve üzerinde ufak delikli levhalar yardımıyla sesin yutulması yanında oluşturacağı akustik gölge ile de elemanların yüksek frekanslı ses seviyelerine maruz kalmaları önlenecektir. Şekil-III.3'de yeri belirtilen ve Şekil-III.6'da şematik olarak gösterilen bariyerlerin ebatları 4x2'dir. Atelye içinde tavanın oluşturduğu yankılanım önlenmiş



Şekil-III.6 Test Bölümlerinin Bariyerlerle Ayrılması

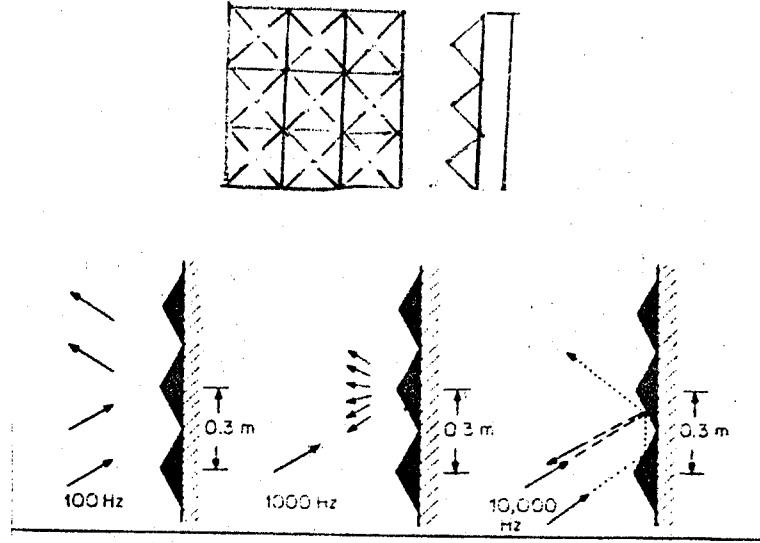
ses düzeyi azalması 10 dB kadar olmaktadır (5). Bu bariyerlerden 5 adet kullanılacaktır.

iii) İşlem 5: Ses yansıtıcı yüzey olan tavan, gözenekli malzeme ile kaplanmalı veya yansıtıcı özelliği az olan plastik malzeme ile şekillendirilmelidir. Bu uygulama ile dB değerinde çok az miktarda azalma olacaktır. Ancak ses dalgalarının sürekli olarak dolaşması engellenmiş olacaktır.

iv) İşlem 6: Duvarların tamamen çıplak olması nedeniyle yansımaya neden olmaktadır. Duvarlar Şekil-III.7-de görülen kare pramit şeklinde ses yutumunu sağlayan plastik levhalarla kaplanmalıdır. Yansımayı önlemesi yanında 5 dB ses düzeyi azalması sağlanacaktır (6).

(5) N.ÖZGÜVEN , A.g.k. , s.107

(6) A.S.KARAÇELEBİ , A.g.k. , s.61

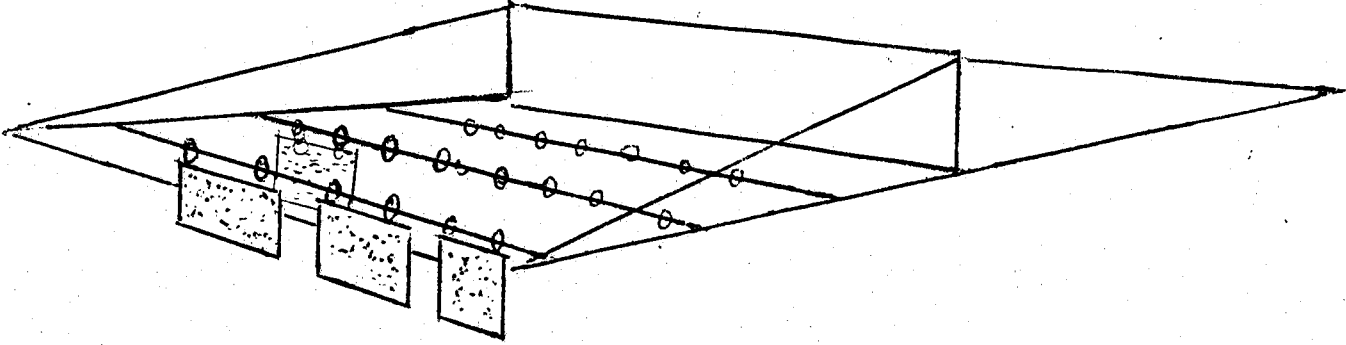


Şekil-III.7. Plastik Gürültü Barajları

v) İşlem 7: Atelyenin tabanı çıplak beton olması nedeniyle ses yansımaya neden olmaktadır. Bu nedenle atelyenin plastik karo ile kaplanarak ses yansımalarının önlenmesi mümkün olacaktır. Sağlanacak ses seviyesindeki azalma miktarının yaklaşık 3 dB olacağı tahmin edilmektedir.

vi) İşlem 8: Duvar, tavan ve zeminin yansımaya özellikleri dolayısıyla, atelye içerisinde sürekli olarak ses dalgaları oluşmaktadır. Bu nedenle atelye çatı kirişlerine asılı vaziyette sarkıtılan ses yutucu panolarla ses düzeyi seviyesinde 5 dB'lik azalma görülebilecektir (7). Panoların ebatları 1x2 metre olup özel çerçeve içerisine alınmış, ön ve arka yüzleri delikli levhalar arasında ses yutucu malzemeden oluşmaktadır.

Askılı ses yutucu panoların çatı kirişlerine asılı görünümü Şekil-III.8'de verilmiştir.



Şekil-III.8. Askılı Ses Yutucu Panoların Çatı Kirişlerindeki Durumları

### III.6.3. Gürültünün Algılandığı Yerde Gürültü Kontrol Yöntemleri

Gürültünün kaynakta ve yayılım alanında kontrol yöntemleri denendikten sonra gürültünün alıcıda kontrol altına alınması, kişisel koruyucular ve ses yalıtım odacığı sayesinde mümkün olmaktadır.

i) İşlem 9: Elemanların kullanabileceği iki manşon bulunmaktadır. Manşon, kullanım titizliğine sahip elemanlarca kullanılmamaktadır. Ayrıca atelyenin üst kısmında ki boşluktan gelen gürültüden etkilenen montaj postası elemanlarının kişisel kulak koruyucuları bulunmamaktadır.



Alternatörün hücre içerisine alınmasıyla test işlemine nezaret eden en az üç eleman için başlık alınması gereklidir. Çünkü gürültü yalnız hava yoluyla değil aynı zamanda kemik yoluyla geçmesi nedeniyle başlık kullanımı gerekmektedir.(8). Test personelinin tümüne manşon alınması gereklidir. Montaj postası personeline de kulak tıkaçları alınmasıyla ses düzeyi seviyesinde 15-20 dB'lik azalma mümkün olacaktır.(9).

ii) İşlem 10: Mevcut kumanda odası, ses yalıtım odacığı vazifelerini görmektedir. Ancak yapı itibariyle ses yalıtım malzemesi kullanılmamıştır. Burada alınabilecek en etkin önlem, gözlem pencerelerinin tek kat yerine çift kat olacak şekilde değiştirilmesidir. Bu sayede 5 dB'lik gürültü düzeyi azalması sağlanacaktır.

#### III.6.4. Gürültü Kontrol Yöntemleri Çalışmalarının Genel Yorumu

Gürültü kontrol yöntemleri uygulaması tavsiye edilen sıra ile açıklanmıştır. Yöntemlerin bazıları büyük miktarda , bazıları ise küçük miktarda ses düzeyi seviyesi azalmasına neden olmaktadır. Gürültü kontrol yöntemlerinin kullanılmasıyla elde edilecek başarı, birbirini tamamlayan yöntemler oluşu nedeniyle, tümünün uygulanmasıyla elde edilebilecektir. İşletmenin büyüklüğü göz önüne alınırsa, önerilen gürültü kontrol yöntemlerinin ,iş verimi de göz önüne alınarak , uygulanması mümkün görülmektedir.

---

(8) H.ORHUN , A.g.k. , s.46

(9) T.AKBULUT , A.g.k. ,s.45

### III.7. ÖNERİLEN DEĞİŞİKLİKLERİN MALİYETİ

İşletme için gürültü, verimlilik ve işçi sağlığı açısından hissedilir şekilde sorun olmaya başlamıştır. İşlemlere sistemli bir şekilde başlanması gerekmektedir. Bu işlemler yapılırken, konuyla ilgili cihaz ve teçhizatlara ihtiyaç bulunmaktadır. Aynı şekilde konu ile ilgili eğitim faaliyetleri ve sağlık kontrolü çalışmalarının planlı bir şekilde yürütülmesi için de gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

İşletme için önerilen gürültü kontrol çalışmalarında kullanılan cihaz ve teçhizatlara ait miktar ve maliyetleri Tablo-III.5'de verilmiştir.

Tablo-III.5. Gürültü Kontrol Çalışmaları İçin Gerekli Olan Cihaz Ve Teçhizatların Miktar Ve Maliyetleri

Cihaz Veya Teçhizatın Adı	Adeti	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
Ses Düzeyi Ölçer	1	1.000.000	1.000.000
Ses Doz Ölçer	2	250.000	500.000
Odyometre	1	3.000.000	3.000.000
Kulak Mansonu	500	8.000	4.000.000
Başlık	20	15.000	300.000
			<u>8.800.000.-</u>

İşletmenin ihtiyacı olan cihaz ve teçhizatlara ilişkin maliyet hesaplanmasından sonra , Test Atelyesi için önerilen gürültü kontrol yöntemlerinin maliyetleri incelenecektir.

Test Atelyesi için önerilen değişikliklerden dolayı oluşacak maliyetler şunlardır :

1.işlem için :

Alternatör için 4x4x3 m.ebatında  
hücre yapımı ..... 500.000.-

2.işlem için :

Test motorlarına voltaj ve akım sağlayan  
motorlara 4x4x1.5 m. ebatında hücre yapımı 300.000.-

3.işlem için :

Atelye çatısı ile açıklık oluşturan  
duvarın üzerine akustik perde (130 m<sup>2</sup>)  
130 m<sup>2</sup> x 1.500.-TL/m<sup>2</sup> ..... 195.000.-

4.işlem için :

Test motor bölümlerine bariyer konulması  
5 adet x 70.000.-TL/adet ..... 350.000.-

5.işlem için :

Tavanın ses yutucu malzeme ile kaplanması  
800 m<sup>2</sup> x 300.-TL/m<sup>2</sup> ..... 240.000.-

6.işlem için :

Duvarların ses yutucu malzeme ile  
kaplanması 1.000 m<sup>2</sup> x 500.-TL/m<sup>2</sup> ..... 500.000.-

7.işlem için :

Zeminin plastik karo ile kaplanması  
600 m<sup>2</sup> x 3.000.-TL/m<sup>2</sup> ..... 1.800.000.-

8.işlem için :

Çatı kirişlerine asılan ses yutucu panolar  
30 adet x 40.000.-TL/adet ..... 1.200.000.-

## 9.işlem için :

Kişisel koruyucu teçhizatlar .....	112.000.-
i.Başlık , 3 adet× 15.000.-TL/adet	45.000.-
ii.Manşon , 8 adet× 8.000.-TL/adet	64.000.-
iii.Tıkaç , 10 adet× 300.-TL/adet	3.000.-
	<u>112.000.-</u>

## 10.işlem için :

Kumanda odasının pencere camlarının

çift katlıya dönüştürülmesi

4 adet × 20.000.-TL/adet ..... 80.000.-

---

Genel Toplam ..... 5.277.000.-

Toplam tutarın büyük olduğu kabul edilirse ,ivedilikle alınması gerekli önlemlerden 1 , 3 ve 4. işlemler yapıldığında, atelyede gürültü sorunu kalmayacak denebilecek duruma gelinecektir.

## S O N U Ç

İş yerlerinde gürültü sorunu hissedilir şekilde artması karşısında bilimsel olarak yapılan çalışmalarla işçi sağlığı korunacak ve iş verimi artacaktır.

Test Atelyesi'ndeki gürültünün, gürültü kontrol yöntemlerinin uygulanmasıyla ses seviyesinde 20 dB'e varan azalma sağlanacaktır. İşletme genelinde, gürültülü atelyelerde benzer yöntemlerin uygulanmasıyla ses düzeyi seviyelerinde yaklaşık aynı değerde azalma olabilir. Bu sayede gürültü sorunu büyük ölçüde halledilmiş olacaktır.

Gürültü kontrol yöntemlerinin bilimsel bir şekilde uygulanması için, işletme genelinde kullanılmak amacıyla cihaz ve teçhizatların alınması gerekmektedir. Test Atelyesi'ndeki uygulanabilir gürültü kontrol yöntemlerinin getireceği maliyet 5 milyon TL. civarında hesaplanmıştır. İş yerinde; motorlar, tavsiye edilen devir ve zamanlarda test işlemleri işçi elemanlarca yapıl-

maktadır. Bu işlemlerde motorlara ait alışılmışın dışındaki sesler dinlenilmektedir. Test Atelyesi'nde yapılan işlemler bizzat yöneticisi tarafından sıkı denetlenmediğinden gürültüye maruz kalan işçiler, gürültünün etkisinde en az kalabilmek için yapılması gerekli devir ve zamanı azaltma yoluna gitmektedirler. Diğer yandan test atelyesi personeli ve montaj postası elemanları, yüksek gürültü seviyelerinde atelyeyi terk etmektedirler. Bu duruma da yöneticiler göz yummaktadır. Test işlemleri gerektiği kadar yapılmadığından, motorlar lokomotif üzerinde zamanından evvel arızalanmaktadır. Lokomotifin tek bir motorunun arızası bir kaç gün içerisinde giderilebilmektedir. Lokomotifin bir günlük sefer dışı kalması maliyeti 10 milyon TL'dir. Montaj postası elemanlarının iş yerini terk etmeleri dolayısıyla, bir ayda yaklaşık 150 saatlik iş kaybı meydana gelmektedir. Bu durumun işletmeye getireceği yıllık maliyet  $(150 \text{ saat} \times 1800 \text{ TL/saat} \times 12 \text{ ay})$  yaklaşık 2 milyon TL'dir. İşletmenin büyüklüğü ve verilen maliyetler dikkate alındığında, gürültü kontrol yöntemleri uygulamasının getireceği maliyete katlanılabileceği ortaya çıkmaktadır.

İş yerinde oluşan gürültü düzeyleri aylık veya üç aylık sürelerde yeniden gözden geçirilerek değerlendirilmelidir. Bu amaçla İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Amirliği, gürültü sorununu bilimsel şekilde ele almalıdır. İşitme kayıplarının belirlenmesinde; başlangıç kulak muayenesindeki aksaklıklar tesbit edilmeli ve karta işlenmelidir. Yeni işe giren, halen çalışmakta olan işçilerin

ilk odyogramları alınmalı, iki ay sonra odyogramlar yenilenip değişiklikler gözlenmelidir. Eğer değişiklik var ise bir ay sonra başka bir odyogram alınmalıdır. Bir değişiklik gözlenmiyor ise 6 ayda bir yapılmalıdır. Halen iş yeri hekimliği ; odyogram muayeneleri yapacağı cihaz bulunmadığından satın alınmalıdır. Çünkü işletme genelinde gürültü dolayısıyla işitme kaybına uğrayabilecek 1000 kadar işçi mevcuttur. İlgili kısım sağlık personeli ile takviye edilmelidir.

Test Atelyesi'nde , idari kontrol tedbirleri ile elemanlar rotasyonlu olarak çalıştırıldığında daha az gürültüde kalmış olacaktırlar. Kişisel koruyucu kullanımı eğitimi verilerek bunların faydaları anlatılmalıdır. Kişisel koruyucuyu kullanımı özendirilmelidir. Gürültünün zararlarına ilişkin afiş ve panolar görülebilecek yerlere asılmalıdır. Gürültü nedeniyle kısıtlı haberleşmeyi , acil ve önemli durumlar için ışıklı göstergelerden faydalanılmalıdır.

İş yerlerinde gürültü oluşacağı düşünülerek yapılacak her türlü çalışmanın, önceden göz önüne alınarak yapılması işçi ve işveren için en iyi bir durum olacaktır.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- AKBULUT, T. Tekstil Sanayinde Sağlık Sorunları,  
Teksif Sendikası Yayını, Ankara,  
1982, s.20,21.
- AKSAY, K.C. Endüstriyel İşitme Kayıplarında  
İmpedansmetrik Ve Odyolojik Araştırma,  
Uzmanlık Tezi, A.Ü.Tıp Fak.,Eskişehir,  
1983, s.25,40,45.
- ÇALIŞKAN, M. Endüstriyel Gürültü Denetimi, Seminer  
Notları, Ankara, 1985, s.17,42.
- ÇALIŞKAN, M. Endüstriyel Gürültü Kontrol Yöntemleri  
Ve Uygulamaları,1.Ulusal Makina Tasarım  
Ve İmalat Kongresi, Ankara, 1984,  
s.376,377.
- HARRIS,M.C. Handbook Of Noise Control, McGraw-Hill  
Book Company, 2.baskı, Newyork,  
1979, s.31
- HIZALAN, İ. Gürültü Ve Ölçümü, Bursa Tıp Fakültesi  
K.B.B. Hastalıkları Kürsüsü,Ders  
Notları, Eskişehir, 1980, s.18,19,22,23
- IRWIN ,J.D./  
GRAFF, E.R. Industrial Noise And Vibration ,  
Prentice Inc. Englewood Cliff,  
1979, s.34



- İNCİR, G. Endüstriyel İş Yerlerinde Çevre Koşullarının Etkileri, M.P.M. Yayın No:227, Ankara, 1979, s.74,75,79,84.
- İNCİR, G. Verimlilik, M.P.M. Yayını, Cilt 10 Sayı 4, Ankara, 1981, s.47,48
- KARAÇELEBİ, A. Gürültü Raporu, Ereğli Kömür İşletmeleri Yayın No:37, Zonguldak, 1980, s.51,61.
- KAYILI, M. Yapılarda Bölme Elemanlarının Ses Yalıtımı, Anadolu Üniversitesi Yayın No:55, Eskişehir, 1984, s.16.
- KJAER, B. Industrial Noise Control And Hearing Testing, Belgium, 1985, s.4.
- ORHUN, H. Tekstil Sanayinde Gürültü Sorunu Ve Çözümü, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fak., Ankara, 1982, s.16,25,40,46,84.
- ÖZGÜVEN, N. Endüstriyel Gürültü Kontrolü, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yayın No:118, Ankara, 1986, s.7,17,47,62, 86,105,107,129,130.
- ÖZOK, A.F. İş Yeri Düzenlenmesinde Ergonomik Denetim, İTÜ İşletme Fak. Endüstri Müh.Böl.,Yayınlanmamış Ders Notu, İstanbul, 1984, s.16
- OVIATT, M.D./  
MILLER, R.K./  
MONTONE, W.V. Noise Control Solutions For Metal Products Industry, Fairmont Press, Inc., Atlanta, 1984, s.133,134