

Çalışma Yaşamında Gürültü ve İşitmenin Korunması



■

ÇALIŞMA YAŞAMINDA GÜRÜLTÜ
VE
İŞİTMENİN KORUNMASI

■

Editörler
Prof. Dr. Erol Belgin
Prof. Dr. Mehmet Çalışkan

Nisan 2004



*ÇALIŞMA YAŞAMINDA GÜRÜLTÜ
VE
İŞİTMENİN KORUNMASI*



Birinci Baskı, Nisan 2004
Türk Tabipleri Birliği Yayınları



ISBN 975-6984-65-1



Kapak - Sayfa Düzeni
Sinan Solmaz



TÜRK TABİPLERİ BİRLİĞİ MERKEZ KONSEYİ

GMK Bulvarı Şehit Daniş Tunahgil Sok.

No:2 Kat:4, 06570 Maltepe / ANKARA

Tel: (0 312) 231 31 79 ● Faks: (0 312) 231 19 52-53

GSM: 0 533 642 26 97-98 ● 0 542 684 46 70

e-posta: ttb@ttb.org.tr ● <http://www.ttb.org.tr>

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	3
SUNUŞ	5
• Bölüm I İŞİTME FİZYOLOJİSİ	7
<i>Prof.Dr.Erol Belgin</i>	
• Bölüm II GÜRÜLTÜ: KAVRAM VE YAKLAŞIM	17
<i>Prof. Dr. Mehmet Çalışkan</i>	
• Bölüm III GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ	25
<i>Prof. Dr. Mehmet Çalışkan</i>	
• Bölüm IV GÜRÜLTÜDEN TEKNİK KORUNMA YÖNTEMLERİ	37
<i>Prof. Dr. Mehmet Çalışkan</i>	
• Bölüm V İŞİTME SAĞLIĞININ İZLEMİ	51
<i>Dr. G.Aydan Genç, Uzm. Ody. Maviş Emel Kulak Kayıkcı</i>	
• Bölüm VI GÜRÜLTÜNÜN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ	75
<i>Uzm. Ody. Maviş Emel Kulak Kayıkcı, Dr. G.Aydan Genç</i>	
• Bölüm VII KİŞİSEL KULAK KORUYUCULARI	83
<i>Yrd. Doç. Dr. Ahmet Ataş</i>	
• Bölüm VIII MEVZUAT	89
<i>Selçuk Çevirme</i>	
• Bölüm IX AKIŞ ŞEMASI 1	105
<i>Dr. Mehmet Ali Sarıboyacı</i>	
• Bölüm X AKIŞ ŞEMASI 2	109
<i>Dr. Deniz Erduran</i>	

SUNUŞ

Gürültü, sanayi ortamında, en sık rastlanan sağlık riski olma özelliğini günümüzde de korumaktadır. Hemen hemen tüm atölyelerde, çoğunlukla da sağlık açısından tehlike eşliğini de geçecek düzeyde yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gürültüye sürekli ve/veya yoğun maruziyet nedeniyle çalışanların başta işitme sistemi olmak üzere, kardiyovasküler ve psikomotor sistemi olumsuz şekilde etkilenmektedir. Bu durum aynı zamanda iş kazalarına da neden olmaktadır.

Gürültünün çalışan sağlığına ve güvenliğine yaptığı olumsuz etkilerinin her bir iş yerinde ortaya konması ve koruyucu önlemlerin geliştirilmesinde, çok disiplinli bir anlayış içerisinde, işyeri hekimlerine büyük görev düşmektedir. İşyeri hekimlerinin bu görevlerini layıkıyla yerine getirmeleri için bu alandaki bilgi açıklarının giderilmesi büyük önem taşımaktadır.

TTB çalışan sağlığının korunması için somut bir adım daha atarak işyeri hekimlerinin yoğun talebi haline gelen; işyerinde karşılaşılan temel risklere karşı işyeri hekimlerinin bilgilerini arttıracak ve hizmetlerinde standardizasyonunu sağlayacak hizmet, niteliğini geliştirecek, C Tipi Kursların ilkine gürültü eğitimi ile başlamaktadır.

TTB gürültü eğitimini çok disiplinli bir anlayışla konunun uzmanları ile birlikte geliştirmiş ve onların bu alandaki bilgi birikimleri ile işyeri hekimlerini buluşturmayı amaçlamıştır. Farklı disiplinlerin örgütlü yapıları ile birlikte çalışmak ve ortak stratejiler geliştirmek zaman almakta ve yoğun bir çalışmayı gerektirmektedir. Kolaycılığa kaçmaksızın her türlü zorluğa rağmen yürütülecek bu çalışma anlayışının orta ve uzun erimde getireceği sonuçlar çalışan sağlığına büyük katkı sağlayacaktır. Her bir kesimin çalışan sağlığında karşılaşılan sorunlara duyarlılıklarının daha da artmasına ve somut müdahalelerde bulunmasına da ortam sağlayacaktır.

Bu amaçla; Türk Otorinolaringoloji ve Baş Boyun Cerrahisi Derneği, Odyoloji Derneği, Türkiye Akustik Derneği, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Odyoloji Bilim Dalı, Türk Mimar ve Mühendis Odaları Birliği ve İş Müfettişleri Derneği ile iş birliğine gidilmiştir.

Bu iş birliğinin önümüzdeki dönemde, tıptaki diğer uzmanlık alanlarını da kapsayarak yaygınlaştırmasını ve geliştirilerek sürdürülmesini arzuluyoruz. Bu işbirliği ile işyeri hekimleri mesleki bilgilerini, deneyimlerini ve elde ettikleri verileri ilgili uzmanlık kuruluşlarına aktararak çalışma ortamının yol açtığı sağlık sorunlarını onlarında gündemlerine taşımaya ve yaşanan sağlık sorunlarının bu ortamlarda hak ettiği yeri almasını sağlayacaktır. Böylelikle Türkiye sağlık ortamında işçi sağlığına tıp uzmanlık çevrelerinin de müdahil olacağı bir dönemin kapısı aralanmaktadır.

Gürültü eğitiminin ve kitabının hazırlanmasında katkıları geçen ve yoğun çalışma programlarına rağmen değerli zamanlarının bir kısmını da bu çalışmaya ayıran Hacettepe Üniversitesi Rektör Yardımcısı ve Tıp Fakültesi Odyoloji Bilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Erol Belgin ve çalışma arkadaşları; Yrd.Doç. Dr. Ahmet Ataş, Dr. Aydan Genç, Uzm. Ody. Maviş Kulak Kayıkçı, Türkiye Akustik Derneği ve Türk Mimar ve Mühendis Odaları Birliği adına Ortadoğu Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği öğretim görevlisi Prof. Dr. Mehmet Çalışkan ve İş Müfettişleri Derneği adına Selçuk Çevirme'ye teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Gürültünün yol açtığı sağlık sorunlarının önlenmesinde işçi eğitiminin önemli bir yeri olduğu açıktır. Bu nedenle işyeri hekimlerinin, işyerlerinde, gürültünün çalışanların sağlıklarına olan etkileri anlatan ve korunmanın önemini ortaya koyan işçi eğitimi program hazırlıklarımız sürmektedir. Yetişkin eğitim tekniğine uygun olarak hazırlanacak standart bir eğitim programının en kısa zaman hayata geçirilmesi ve bu eğitimi alan işyeri hekimlerine ulaştırılması gayreti içindeyiz.

**Türk Tabipleri Birliği
Merkez Konseyi**

İşyeri hekimi meslekdaşlarımız, çalışan sağlığını ilgilendiren konularda daha özgün eğitim programları beklentisi içinde olduklarını bir çok kez ifade ediyorlardı. TTB olarak bu ihtiyacı karşılamaya dönük ileri kurslarımızı C tipi eğitim programları şeklinde tanımlıyoruz. İşitmenin Korunması Eğitimi bu eğitimlerin ilk örneği olacak. Bu eğitimin uygulanabilir hale gelmesi için çok çabaladık, ihtiyaca karşılık verebilmesi için çok sayıda işyeri hekimi arkadaşımızla özel görüşmeler yaptık, deneme eğitimi organize ettik, elde ettiğimiz geri bildirimleri eğitici kadromuzla tartışarak, eğitimi neredeyse yeniden tasarladık. Tüm bu süreçler çok sayıda arkadaşımızın sessiz katkılarıyla gerçekleşti. Hepsine çok teşekkürler.

Tüm bu sürecin koordinasyonu' nu üstlenerek eğitimin tasarımı, projelendirilmesi ve gerçekleştirilmesinde büyük emeği geçen

*Dr. Ali Rıza Tiryaki,
Dr. Mehmet Ali Sarıboyacı
Dr. Deniz Erduran
ve
Dr. Neş'e Çakıroğlu' na*

*Eğitim Programını ve Kitabı verdikleri hizmetle destekleyen
İkbal ve Sinan Solmaz'a*

Eğitimde ve Kitapta kullanılmak üzere Odyogram örneklerini bizimle paylaşan

*Dr. Ceyhan Akkaya
Dr. Cüneyt Akyıldırım
Dr. Saim Eraslan
Dr. Şafak Erbakan
Dr. Turhan Gezgin
Dr. Tufan Kaan
Dr. Erol Karakoç
Dr. Rahmi Özçevik
Dr. İsmail Özdemir
Dr. Mustafa Tamyürek
Dr. Müştak Tanrıku
Dr. Müjdat Üzel
Dr. Tayfun Yüksekbaş'a*

*2 no'lu Akış Şeması'nın gerçekleştirilmesinde tercüme katkısı sağlayan
Dr. Tamer Susmuş'a*

*Kitap ve eğitim programının gerçekleştirilmesine sabırla, özel yaşamlarından özveriyle gizli katkı sağlayan
Esin Belgin, Resa Çalışkan, Cüneyt Genç,
Burhanettin Kayıkçı, Zuhâl Atas,
Belgin Çevirme, Ayla Sarıboyacı,
Ayşen Erduran'a ve ailelerine*

Sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

*Dr. Özcan Baripoğlu
İşçi Sağlığı ve İşyeri Hekimliği Kolu Başkanı
Türk Tabipleri Birliği*

Bölüm I

İŞİTME FİZYOLOJİSİ

Prof.Dr.Erol Belgin

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji Bilim Dalı Öğretim Üyesi

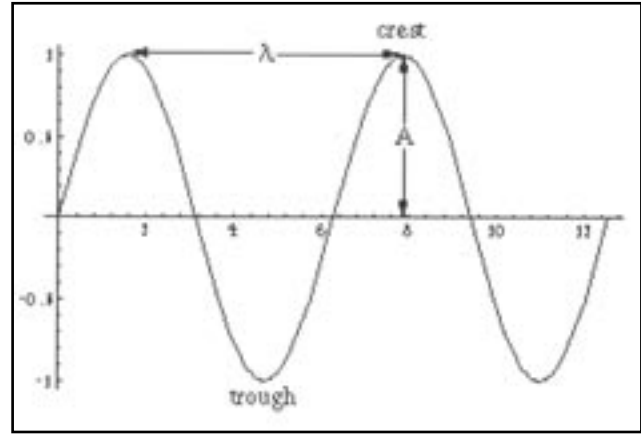
İşitmenin meydana gelebilmesi için ses kaynağına, ses dalgalarına ve bunları ileten bir ortam ve algılayan reseptör organa ihtiyaç vardır.

Dış kulaktan başlayarak beyinde temporal kortekse kadar uzanan yolların anatomik ve fizyolojik özelliklerine girmeden önce, konumuz gereği ses ve sesin önemli iki özelliğinden kısaca bahsetmek uygun olur.

Ses, bir enerji kaynağından yayılan titreşimlerin etkisi sonucu gaz sıvı ve katı ortamlarda moleküllerin sıkışıp gevşemesi ile ortaya çıkan enerjidir. Bu sıkışma ve gevşemeler ortamda yayılarak ses dalgalarını oluştururlar. Moleküllerin bir defa sıkışıp gevşeme hareketi içinde kalan mesafe sesin dalga boyunu belirler. Bir tek titreşimde pozitif ve negatif iki faz mevcuttur. Bir saniyedeki titreşim sayısı o sesin frekansını ifade eder. Ses dalgalarının amplitüdü ise o sesin şiddetini oluşturur. (Şekil 1.1)

Sesin frekansının saniyedeki gevşeme ve sıkışma hareketi ile oluştuğunu belirtmiştik, bu nedenle frekans, birim olarak cps (cycle per second-saniyedeki titreşim) veya Hertz (Hz) olarak gösterilmektedir. 1000 frekanslık bir ses 1000 cps veya 1000 Hz olarak gösterilir. Normal insan kulağı her titreşim enerjisini ses olarak algılayamaz. Ancak 20-20.000 Hz arası sesleri işitebilecek kapasitededir.

Sesin şiddet birimi desibeldir. Desibel, Aleksander Graham Bell'in ismine izafeten geliştirilmiş bir birim sistemidir. İnsan kulağını uyarabilen en düşük ses basınç düzeyi 10^{-16} watt/cm² veya 0.000204 dyn/cm² olarak belirlenmiş ve referans seviye olarak kabul edilmiştir. Ortamdaki ses basınç değerinin referans değere bölünmesi ile elde edilen değer logaritması desibel'in temel değerini oluşturur.



Şekil 1.1 : Ses Dalgası (www.physics.hallym.ac.kr/.../Lessons/Waver/Images/sinwave1.gif)

$$10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$20 \log \frac{P_1}{P_0}$$

I = Güç (watt/cm²)

P = Basınç (dyn/cm²)

Günlük hayatımızdan örnekler verirsek,

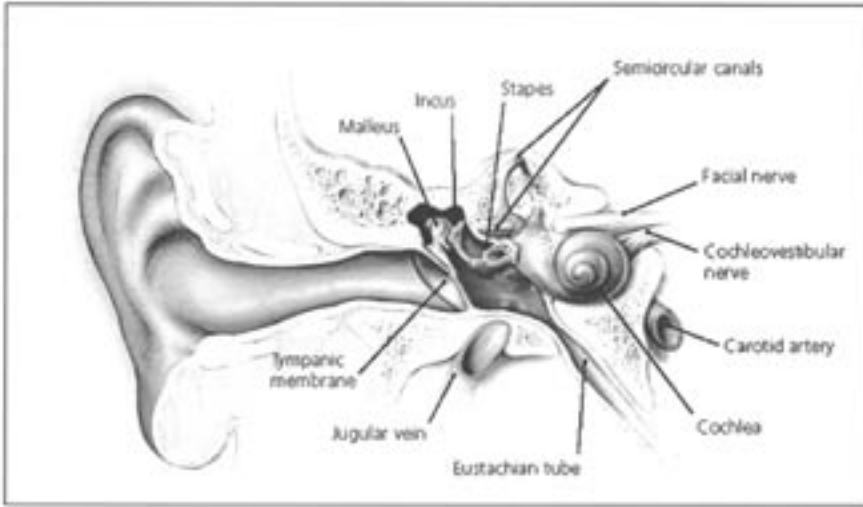
Fısıltı sesi	20-25 dB
Konuşma sesi	50-70 dB
Yüksek sesle bağırma	70-85 dB
Trafik gürültüsü	90-100 dB
jet moturu sesi	120-150 dB dir.

Normal insan kulağı 0-120 dB arasındaki şiddetteki sesleri işitebilir. En rahat dinlediği ses şiddeti ise 50-70 dB arasındadır. 120 dB in üzerindeki

ses şiddeti kulak için rahatsız edici ve zararlıdır. Aşırı basınç kulak zarında ve iç kulak yapılarında önemli derecede hasara yol açar.

Dış kulak yolunda başlayıp oval pencerede biten ses enerjisi akımına "hava iletimi" adı verilmektedir. İşitme organı bu yolla iletilen ses uyarısına en büyük duyarlılığı gösterecek anatomik ve fizyolojik özelliğe sahiptir.

Koklea, çevresindeki kemik dokuların ileteceği ses enerjisi ile de uyarılabilir. Bu yoldan işitme, "kemik yolu ile işitme" olarak adlandırılır.



Şekil 1.2 (www.cami.jccbi.gov/AAM-400A/Brochures/hearing.htm)

Hava Yolu İle İşitme

Dış ortamdan gelen ses dalgalarının karşılaştığı ilk organ kulak kepçesidir (auricula). Kulak kepçesi sesleri toplamaya ve dış kulak yoluna iletmeye yarar. Ayrıca yapısal özelliği nedeniyle sesi filtreleme ve amplifiye etme görevi de vardır. Yetişkinde ortalama boyu 2,5 cm olan dış kulak yolu ses dalgalarını kulak zarına ileten bir yol ise de, görevi sadece sesi iletmek değildir. Ses enerjisi bu yolda ilerlerken yükseltilerek kulak zarına iletilir. Bu durum dış kulak yolunun bir rezonatör olmasından kaynaklanır. Kulak yolunun rezonans frekansı olan 3000-4000 Hz lerde bu yükselme en yüksek düzeye, özellikle 4000 Hz de 12 dB e ulaşır.

Kulak zarı, dış kulak yolundan gelen ses dalgalarını kulak kemikçikleri aracılığıyla oval pencereye iletirken, bu ses dalgalarının yuvarlak pencereye ulaşmasını da engeller. Başka bir ifade ile, zar oval pencere için bir iletken, yuvarlak pencere için ise yalıtıcıdır. Ses dalgalarının orta kulak iletim elemanlarından geçip iç kulak sıvılarında bir dalga hareketi meydana getirebilmeleri için oval ve yuvarlak pencereler birbirlerine karşı fazda titreşebilmelidir. Diğer bir anlatımla, sıvılar

gazlar gibi sıkıştırılmayacağına göre, iç kulaktaki sıvı ortamını çevreleyen sert kemik dokusunun iki esnek penceresinden birisi olan oval pencereden içeriye ses dalgaları pompalanınca, diğer pencereden, yani yuvarlak pencereden dışarıya bombe yaparak atılmalıdır.

Kemik Zincirin Görevi

Ses enerjisinin bir gaz ortamından sıvı ortama iletilmesi belli oranda enerji kaybına yol açar. Havadan suya geçen ses enerjisi ortalama 30 dB kadar kayıp vermektedir. 20°C hava ortamından 37°C deniz suyuna çarpan ses dalgalarının %99'u geriye yansır. Bu yaklaşık 30 dB'lik bir değere eşittir. Sesin orta kulaktan iç kulağa transferinde de aynı ortamlar bulunmakta, aynı enerji kaybı iç kulağa geçişte de meydana gelmektedir. İç kulak sıvılarında da normal kulak zarı ve kemikçiklerden daha büyük bir akustik direnç vardır. Kulak zarı ve kemikçiklerin en önemli görevi hava ortamından sıvı ortama ses geçişi ve iç kulak sıvılarının akustik direncinden oluşan enerji kaybını karşılamaktır.

İleri sürülen görüşlere göre¹²

- 1- Malleus ve incus arasındaki kaldıraç şeklindeki eklemin özelliği, malleus kolundaki işitsel enerjinin incus koluna 1.3 kat fazla olarak aktarılmasına imkan sağlamaktadır.
- 2- Kulak zarının titreşen bölümlerinin genişliği ile stapesin tabanı arasında çeşitli araştırmalara göre 1/15 ile 1/20 değişen oranda fark vardır.^{9,12} (Zarın titreşen alanı 55 mm², stapesin tabanı ise 3.2 mm² dir.) Böylece kulak zarındaki ses enerjisi, kemikçik zincirinin kaldıraç etkisi ve zarın aktif bölgeleri ile stapes tabanı arasındaki farkın oluşturduğu hidrolik etki sonucu iç kulağa yaklaşık olarak 22 kat daha artırılmış olarak iletilir. Bu değer ses basıncındaki artış oranı olup, desibel olarak hesaplanırsa 24 dB e karşılıkır.

Wever ve Lawrance¹² kedilerde orta kulak iletim sistemini çıkararak koklear mikrofonu kayıtlarla incelemiş ve 30 dB kadar ses kaybı olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu değer insan kulağında hesaplanan 24 dB lik şiddete yakın bulunmuştur.

Enerji kaybını karşılama konusunda diğer bir görüş ise Helmholtz un "Konik Kaldıraç Hipotezi"

dir. Bu teoriye göre sirküler ve radial liflerden oluşan kulak zarı üzerine çarpan seslerin Umbo da toplanıp burada 30 dB lik bir amplifikasyona neden olur. Böylece de kemikcik sistemine iletilir. Yapılan bir çok araştırma bu hipotezi desteklemiştir. ⁴

Orta kulak iletim bozukluklarında ortaya çıkan bir yuvarlak pencere sorunu vardır. İnsan kulağında oval ve yuvarlak pencereler sağlam olsa bile, orta kulak iletim sisteminin yokluğu 40-60 dB lik bir işitme kaybına yol açar. Oysa daha önce hesaplanan değer 24-30 dB kadardı. Bu durumda aralarında faz farkı olmaksızın her iki pencereye birden gelen ses dalgaları iç kulak sıvılarına yeteri kadar geçmemektedir. Yine kulak zarı olmasa bile, dış kulak yolundan gelen sesler oval pencere ile birlikte, yuvarlak pencereye de çarpmaktadır. Bu durumda ancak iki pencereye gelen enerji farkı kadar bir değerde iç kulak sıvıları titreşecektir. Böylece teorik olarak beklenenden daha fazla işitme kaybı ortaya çıkacaktır.

Çeşitli orta kulak patolojilerinde kemikcik zincirinin, kulak zarının ve ses dalgalarına karşı oval ve yuvarlak pencere pozisyonlarının işitme kaybının derecesine olan etkileri farklıdır. Ayrıca iletim mekanizması dışında orta kulakta oluşan, katılık (stiffness) ve kütle faktörleri de orta kulak impedansını etkileyerek işitme eşiklerinin değişmesine neden olmaktadır.

ÖSTAKİ TÜPÜ

Sesin zardan kemikcik sistemine ve iç kulağa iletilmesinde en önemli özellik kulak zarının her iki taraftan, yani dış ve orta kulak ortamlarında eşit düzeyde basınç etkisine sahip olmasıdır. Kulak zarı en yüksek genlikte ancak her iki tarafta eşit basınç olduğu zaman titreşir. Başka bir deyişle en iyi ses iletimi orta kulaktaki basıncın atmosfer basıncına eşit olması ile gerçekleşir. Orta kulakta bu görevi östaki borusu üstlenmiştir. Östaki disfonksiyonlarında ve ani basınç değişikliklerinde ses iletimi bozulur. Mesela orta kulakta 100 mm lik su basıncına denk atmosfer basıncı 1000 Hz de 5 dB lik bir işitme kaybına neden olur.

Basınç dengesi bozukluklarının özellikle 1500 Hz e kadar olan alçak frekanslardaki iletimi bozduğu ileri sürülmektedir. ⁷

Orta Kulak Kas Refleksleri:

Ses iletimine yardımcı elemanlar arasında orta kulak kaslarının kasılmaları hem işitme fizyolojisi hem de odyolojik tanı açısından önemlidir. Orta kulak boşluğunda insan vücudunun en küçük kaslarından olan M.Tensor Tympani ve M.Stapedius yer almıştır.

Sesin iç kulağa transferinde T.Tympani kası

yapıştığı Malleus'u hareket ettirerek kulak zarını gerer veya gevşetir. Böylece zarın akustik impedansını değiştirir. Bu nedenle kulak zarı seslere karşı daha duyarlı veya duyarsız hale gelir. Ayrıca yüksek şiddetteki seslerde zarı gevşeterek iç kulağa aşırı derecede ses basıncı gitmesine engel olur. Bu kas N.Trigeminus'un mandibuler dalı tarafından innerve edilir.

Stapes kemikciğine yapışan M.Stapedius, normal kulaklarda 70-90 dB ses şiddetinde kasılarak stapes tabanını orta kulağa doğru çekerek iç kulağı yüksek şiddetteki seslerden korur. Bu kas N. Facialis'in stapedia dalı tarafından innerve edilir.

Bazı araştırmacılar bu kas reflekslerinin işitmede frekans seçici görevlerinin de olduğunu belirtmektedirler. ^{3, 12}

Kemik Yolu İşitme

İşitme fizyolojisinin koklea ile ilgili olan bölümüne geçmeden önce kemik yolu ile ses enerjisi iletimine değinmek uygun olur. Sağlam bir koklea çevresindeki kemik dokuların titreşmesi ile de uyarılabilir. Bunun için iki yol vardır. Bunlardan bir tanesi kafatası kemiklerinin titreşmesinin koklear kapsülü titreştirmesi şeklindedir. Bu titreşimler bazı frekanslar için (özellikle alçak frekanslar) kafatası kemiklerini önden arkaya doğru, yüksek frekanslarda ise her yöne doğru titreştirmektedir. Bu titreşimlere uygun olarak perilenfatik hareket de titreşime uyumlu tarzda oluşur.

İkinci yol ise osseotimpanik yol dediğimiz kafa kemikleri titreşiminin orta kulak mekanizmasına yansımalarıdır\ yani kafatası titreşince, orta kulak kemikciklerinde de titreşim başlar.

Kafatası kemiklerinin titreşmesi sonucu kokleanın direkt uyarılması yanında, koklea ikincil yollarla da uyarılmaktadır. Bu uyarım için üç çeşit yol belirtilmiştir.

1. Titreşimler dış kulak yolu duvarlarından kulak yoluna geçerek hava iletimine yol açar.
2. Timpanik kavitenin duvarlarını titreştirerek meydana gelen ses dalgaları yuvarlak pencereyi uyarır.
3. Dış kulak yolu, timpanik boşluk ve annulus'u birlikte titreştirir.

Kafatası kemiklerinde titreşimi meydana getiren ses dalgalarının kemiklere ulaşması ise şu şekilde olur;

Bir kimsenin konuşma ve ses çıkartma sırasında kendi sesinin burun ve boğaz anatomik boşluklarında rezonans yaparak kafatası kemiklerini değişik yön ve boyutlarda titreştirmesi. Kişiler kendi seslerini daha çok bu yolla dinleyip tanıdıkları için,

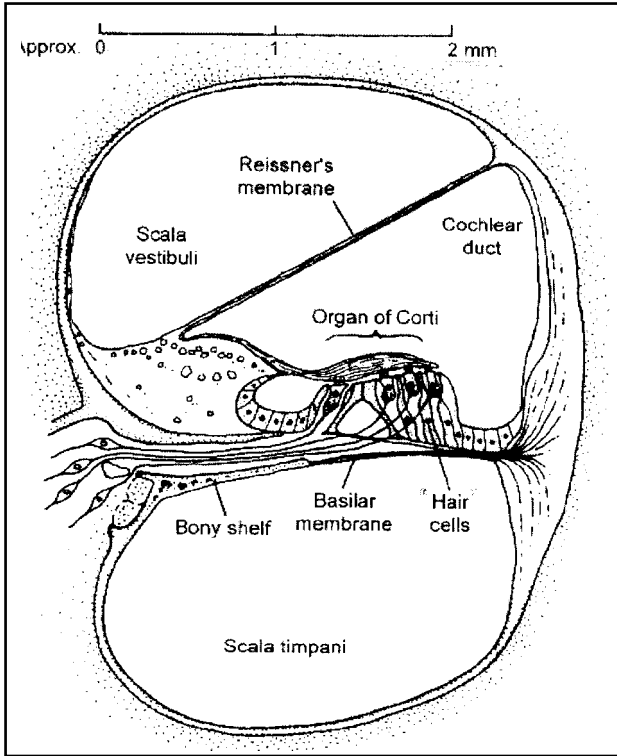
teybe kayıt ettikleri seslerini hava yolu ile dinleyince farklı algılarlar.

Kafatasından ayrı bir yerde oluşan bir sesin kafatası kemiklerine çarparak titreşmesi.

Titreşmekte olan bir ses kaynağının, -mesela bir diyapozonun,- doğrudan doğruya kafatası kemikleri ile temas ettirilerek titreşmesi.

İşitme fonksiyonu açısından hava yolu kadar önemli olmayan kemik yolu ile işitme, odyolojik tanıda çok önemli bir yere sahiptir. Kemik yolu ile işitme sensori nöral işitme mekanizmasının bir ölçüsü olarak kullanılır. Bu iletim yolu kullanılarak bir çok test metodu geliştirilmiştir. Ayrıca kemik yolu ile işitmeden rehabilitasyonda da yararlanılmaktadır. Bazı tip orta kulak patolojilerinde işitme kaybının rehabilitasyonu kemik yolundan iletim sağlayan işitme cihazları ile yapılmaktadır.

Gerek hava yolu gerekse kemik yolu ile iletilen ses enerjisinin kokleayı uyarış şekli temelde aynıdır. Her iki yoldan da gelen ses enerjisinin son hareketi koklear sıvılarda dalgalanma ve basiler membranda titreşim olarak ortaya çıkar.



Şekil 1.3: Koklea'nın şematik görünümü
(www.media4.physics.indiana.edu/~p105-f02/Transp.htm)

Koklea Fizyolojisi

Stapesin tabanı ile scala vestibuli (oval pencere)ye dolayısı ile kokleaya iletilen ses enerjisi ilk olarak perilenfayı harekete geçirir. Bu safhadan sonra kokleanın iki önemli görevi başlar.

Bunlardan birincisi iletimdir, yani akustik enerjinin korti organındaki tüy hücrelerine kadar taşınmasıdır. İkincisi ise dönüşümdür. Korti organındaki tüy hücrelerinin gelen mekanik iletim dalgasını kimyasal veya elektriksel gerilimlere dönüştürüp, işitme sinirine iletmesi olayıdır.

Bu dönüşüm sesin perdesi, tını, faz ayırımı, şiddeti gibi fiziksel özelliklerinin kaybolmayacağı bir biçimde olup, ses enerjisindeki bu özellikler, oluşacak elektriksel gerilimlerle şifrelenerek santal sinir sistemine gönderilir.

İç kulağın iletim mekanizması oval pencereye kadar gelen titreşimlerin perilenfayı bir pencereden diğerine hareket ettirmesi şeklindedir. Ancak bu sıvıdaki titreşim ses enerjisinin havada olduğu gibi moleküllerin sıkışması ve gevşemesi şeklinde değil, sıvı sütunlarının hareketi şeklinde olur. Bu pozisyonda gerçek anlamda bir ses dalgası olmaksızın çıkmıştır.

Kokleadaki ses dalgalarının yayılımı çeşitli teorilerle açıklanmaktadır.

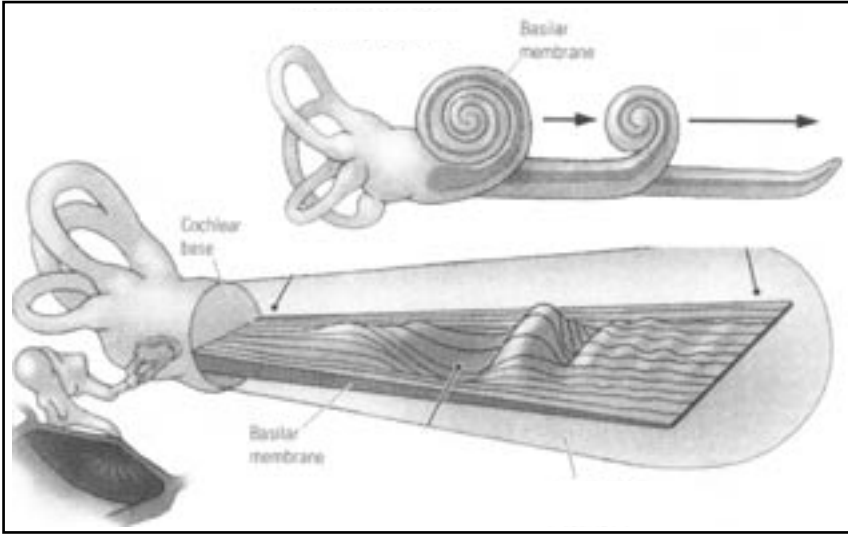
1. Bekesy'ye göre, skalalardan herhangi birine uygulanan işitsel titreşimler basiler membranda yer değişimlerine yol açmaktadır. Bu durum "travelling wave" (ilerleyen dalga teorisi) olarak adlandırılır. Bu dalga bazilar membranın bazal ucundan başlayarak, apekse doğru ilerler. Yayılma hem boyuna hem de enine yönlere olur. Yine bu iletim dalgasının en büyük özelliği de amplitudunun gittikçe artarak maksimuma ulaşması ve titreşimlerin daha sonra sönerek faz değiştirmesidir. En büyük titreşim bölgesinden sonra sıvılarda girdap hareketleri başlamaktadır. Bir başka önemli özellik ise bu dalgaların bazilar membran üzerinde en büyük titreşim yaptığı yerin her frekans için belirli bölgeler oluşudur.^{6, 8, 9, 10}

İşitilebilen her frekans için bazilar membran üzerinde değişmeyen "En Büyük Titreşim Noktası" vardır. En büyük amplitudla titreşen bölge, yüksek frekanslarda bazal bölgede, yani oval pencereye yakındır. İşitsel enerjinin frekansı düştükçe bazilar membranın en çok titreşen bölgesi kokleanın tepesine yaklaşır.

Bazilar membran bazal bölgede daha yoğun ve dar, apekse doğru gidildikçe esnek ve genişleyen bir yapıya sahiptir. Bu yapısal özelliğinden dolayı her frekans için ayrı bir maksimum titreşim bölgesine sahiptir. (Şekil 1.4) En çok titreşen bölgedeki amplitud, uyarıcı ses şiddeti ile doğru orantılıdır.

Bazilar membranın hareketi ile tectorial membran ve tüy hücrelerinin uyarıldıkları ileri sürülmektedir. Ancak kokleadaki işitsel enerjinin aktivasyonu ve yayılması konusunda bir çok teori mevcuttur. Yukarıda bahsettiğimiz ilerleyen dalga

teorisi bugün için akla en yakın olan ve üzerinde pek çok araştırmacının uzlaştığı teoridir. Bunun dışında önemli teoriler ise işitme olayını değişik şekilde açıklamaktadır.^{5,11, 12, 13}



Şekil 1.4: Bazilar membran dalga hareketi (www.psycserver.pc.rhul.ca.uk/zanker/teach/PS102/L4/PS102-4.htm)

2. Helmholtz'un yer teorisi (1857); Bazilar membran ve üzerindeki korti organı aynı bir piyanonun telleri gibi rezonatördür. Yani, gelen ses dalgalarının frekanslarına uygun bölgeler titreşerek uyarılır ve sesi algırlarlar. Bazilar membranın bazal bölgesinin yüksek frekansların, apeksinin ise alçak frekansların rezonatörü olduğu bu teori ile de ortaya sürülmektedir.
3. Rutherford'un (1880); frekans veya telefon teorisine göre frekansların algılanması işitme sinirinde impulsların meydana geliş sıklığına göre olmaktadır. Mesela 500 Hz lik bir sesin işitme sinirini 500 defa arka arkaya uyardığı belirtilmektedir. Halbuki işitme sinirindeki lifler saniyede en fazla 1000 defa uyarılabilmektedir. Farklı zamanlarda diğer sinir liflerinin senkronize çalışmaları düşünülse bile, frekans teorisi ancak 5000 Hz in altındaki sesler için geçerli olacaktır. Bu nedenle bu teori bugünkü bilgiler ışığında geçerliliğini yitirmiştir.
4. Wever (1949) ın Volley (Yaylım) teorisinde; yer ve frekans teorisi arasında bir bağlantı kurulmaktadır. 5000 Hz e kadar olan seslerin algılanması yaylım ateşi şeklindeki hızlı sinir impulslarının doğması ile izah edilmektedir. 5000 Hz i geçen frekanslar için ise algılama yer teorisi ile izah edilmektedir.

Kokleanın Elektriki Potansiyelleri

Tectorial membran ile tüy hücrelerinin sürütmeleri sonucunda oluşan elektriksel kutuplaşmalar, tüy hücrelerinin uyarılmalarına yol açar.

Uyarım sonucu meydana gelen enerji yolu ile sinir uçları uyarılmış olur. Uyarım sırasında tüy hücrelerinin meydana getirdikleri değişim enerjisinin elektriksel mi yoksa kimyasal mı olduğu konusu henüz kesinlik kazanmamıştır.

Kokleada dört ayrı tip potansiyel mevcuttur.

1. İstirahat potansiyeli:

Koklea uyarılmadığı zaman bile mevcut olan elektrikli potansiyeldir. Kokleada iki tip istirahat potansiyeli mevcut olup, bunlardan bir tanesi, intrasellüler potansiyeldir. Tüy hücrelerinin iç kısımlarından ölçülen bu potansiyel

-60 mV değerindedir. Yani korti organı kendisini çevreleyen sıvıya göre 60 mV negatif değere sahiptir. İkinci potansiyel ise, endokoklear potansiyel olup, skala mediadaki endolenf perilenfaya göre + 80 mV luk bir farklı elektrikli gerilime sahiptir. Böylece bir tüy hücresi zarının dışı ile içi arasında 150 mV civarında potansiyel farkı vardır.

Bu her iki potansiyelin doğuşunun oksidatif metabolizmaya bağlı olduğu belirtilmektedir.

İstirahat potansiyelinin görevi tam olarak bilinmemekle beraber, koklear aksiyon için bir enerji havuzu olduğu sanılmaktadır.

Araştırmacılar total işitme kayıplarında bile bu endokoklear potansiyellerin mevcut olduğunu, bu nedenle de işitme muayenelerinde bu elektrikli potansiyellerin kullanılmayacağını ileri sürmüşlerdir.^{5,9}

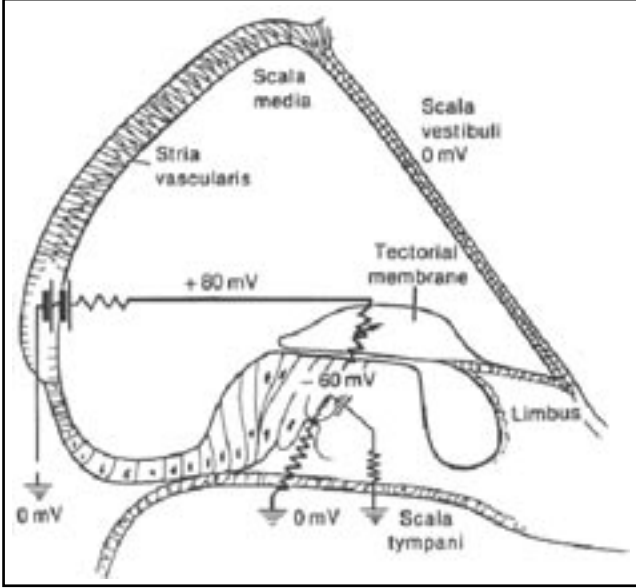
Kokleanın diğer üç potansiyeli uyarım sonucu ortaya çıkar.

2. Koklear Mikrofonik: Yuvarlak pencereye yerleştirilen elektrotlarla incelenebilen, işitsel uyarılara tepki şeklindeki potansiyellerdir. Bunlar uyarının dalga şeklini yansıtır. Şöyle ki, kulağa bir saf ses verilirse yuvarlak pencereye yerleştirilen elektrot aracılığı ile elektrottan bu sese uygun sinüzoidal bir dalga elde edilir. Bu elektrikli tepkiye Wever-Bray fenomeni denir. Koklear mikrofonik kaynağı dış tüy hücreleridir.

Daha önce de değinildiği gibi koklear mikrofonikler tüy hücrelerinin fiziksel uyarımları sonucu ortaya çıkarlar. Koklea içerisinde oluştukları bölgeler uyarın ses enerjisinin frekansına bağlıdır.

Streptomycin ototoksitesi veya konjenital anomaliler sonucunda, tüy hücrelerinin yok olması durumunda koklear mikrofoni de ortadan kalkar.

3. Aksiyon potansiyelleri: İşitme sinirinin aksiyon potansiyelleri, sinir üzerinden yuvarlak pencereden veya kokleadan kayıt edilebilir. İnsanda dış kulak yolundan veya saçlı deriden de kayıt edilebilmektedir. İşitsel uyarı iç kulaktaki iletim dalgasından sonra elektriksel gerilimlere dönüşür ve işitme sinir liflerinin bir gurubunda aksiyon potansiyelleri oluşur.



Şekil 1.5: Koklear Potansiyeller (Pickles¹⁰ dan adapte edilmiştir.)

Bir ses uyarısının beyne kadar iletilmesinde taşıyıcı nöronların tümünün toplam aksiyon potansiyelleri işitme sinirinin o andaki aksiyon potansiyelini verir.

Belirli bir frekansta eşik şiddetteki uyarının çok az sayıda sinir lifini harekete geçirdiği ve bu nedenle toplam potansiyelin küçük olduğu tespit edilmiştir. Halbuki daha şiddetli bir uyarının daha çok sayıda nöronu harekete geçirmesi ile toplam potansiyeller büyümektedir. Bir başka sonuç da belli bir nöron grubunu uyardığı ancak, uyarı şiddeti arttıkça daha fazla nöronun olaya katıldığı şeklindedir.²

Bekesy'nin ilerleyen dalga teorisinde belli frekansların, bazılarının membranın belirli bölgelerinde en çok titreşimi oluşturduğu belirtilmiştir. Bazılarının membran üzerinde her frekans için özel bir maksimum titreşen bölge vardır. Stapes tabanından perilemfaya iletilen ses dalgaları ilerleyerek en çok titreşimi kendisine ait bölgede yapar. İşte bu bölgedeki sinir lifleri bu bölgenin frekansı için optimal uyarılabilen sinirlerdir.¹³

Eşik şiddetteki uyarılarla ortaya çıkan iletim dalgası, sadece maksimum titreşim yapan bölgede corti organını uyarabilecek bir dalga hareketi ortaya çıkarır. Oysa eşik üstü ve şiddetli bir uyarılarla oluşan kuvvetli bir dalga daha geniş bir alanda ve daha çok sayıdaki nöronları uyarabilecektir. Bu duruma göre, iç kulaktan beyne gönderilen mesajlarda frekans konusundaki bilgileri, uyarı taşıyan nöronun kokleada innerve ettiği bölge ve bu bölgenin nöronal bir bağlantı düzeni ile sentral sinir sistemine yansıtılması sağlar. Uyarı şiddeti konusundaki bilgiyi ise, harekete katılan nöron sayısı belirler.^{1,9}

4. Birikim potansiyelleri: Orta derecede veya şiddetli işitsel uyarılar endolenfatik gerilimler arasında pozitif veya negatif direkt akımlar oluşturabilir. Birikim potansiyelleri koklea içerisinde ses iletim dalgasının en büyük olduğu bölgeden elde edilirler. Yüksek şiddetteki uyarılarla daha belirgin hale gelirler ve bu yönden koklear mikrofoniye ayrılırlar. Birikim potansiyellerinin kaynağının, iç tüy hücreleri olduğu sanılmaktadır.

İşitme Siniri Fizyolojisi

İnsan kokleasındaki corti organında bulunan tüy hücreleri biri iç ve üçü dış olmak üzere dört sıra halinde dizilmiştir. Bunların toplam sayısı 12.000 civarındadır. Bunlardan 3.000 kadarı iç, geri kalanı dış tüy hücreleridir.

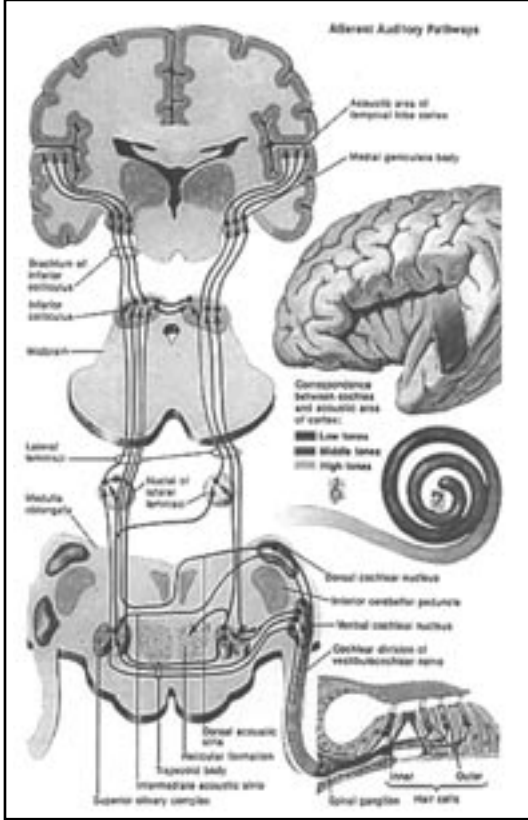
Tüy hücreleri ile temasta bulunan sinir liflerinin sayısı tüy hücrelerinin iki katı kadardır. (25-30 bin). Bu aksonların hücre gövdesi kokleanın içinde bulunan spiral ganglionlardır. Her spiral ganglion hücresi corti organına kısa reseptör lifler, beyin sapındaki koklear nükleuslara ise uzun sinir lifleri gönderir. Yani, spiral ganglionlar bipolar hücreler olup bu hücrelerin periferik uzantıları kokleadaki lamina spiralis ossea'nın içinde bulunan kanalcıklardan geçer ve foramina nevrum'dan çıkarak corti organına gelirler. Burada sinir lifleri sık bir ağ meydana getirirler. Bu ağdan çıkan nörofibriller duyu hücrelerinin etrafını sarar ve hücrelere nüfuz ederek stoplazmaları ile ilişki kurar.

Bipolar hücrelerin sentral uzantıları kulak yolunun dipindeki tractus foraminosus daki deliklerden geçer ve bir araya gelerek işitme sinirini meydana getirir. Bu sinir denge siniri ile beraber sulcus pontobulbaris'in dış kısmından pons'a girer.

İşitme siniri liflerinin tüy hücreleri tarafından uyarılmasında ileri sürülen üç teori vardır. Bunlar mekanik, kimyasal ve elektriksel dir.

Bazı araştırmacılara göre sinir liflerinin uyarımı mekaniktir. Ancak albinotik kedilerde yapılan araştırmalarda tüy hücreleri tamamen olmayan bu

kedilerin kulaklarında sinir liflerinin ve kokleanın bir kısmının veya tamamının normal olduğu belirtilmiştir. Yani kokleadaki mekanik değişimlerin direkt olarak sinir liflerini tüy hücreleri olmaksızın uyurabileceği ileri sürülmüştür. Halbuki tüy hücresi olmayan bu kedilerde işitme total olarak kayıptır. Buradan çıkan sonuca göre, sinir liflerinin tüy hücreleri olmaksızın mekanik olarak uyarılması mümkün görülmemektedir.¹



Şekil 1.6: İşitme Yolları (CIBA collection of Medical Illustrations, Vol.1)

İkinci teori tüy hücrelerinin mekanik uyarımları sonucu kimyasal bir madde salgılayarak liflerinin uyarılmalarına neden olur şeklindedir. Bu hipotez hücreden hücreye veya sensori hücreden nörona uyarıların geçişindeki temel prensiplere dayandırılmaktadır.

Derbyshire ve Davis kimyasal uyarım teorisini benimsemişlerdir. Yaptıkları araştırmada koklear potansiyellerin meydana gelmesi ile işitme sinirindeki impulslar arasında 0.5-0.6 msn lik bir gecikme bulmuşlar ve koklear aksiyonun sinir liflerine geçmesi için bu sürenin çok uzun olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu nedenle tüy hücrelerinden sinir liflerine enerji transferinde zamana ihtiyaç gösteren kimyasal bir olayın cereyan ettiğini ileri sürmüşlerdir.¹³

Martini daha ileri düzeyde araştırmalar yaparak güvercinlerin perilenfasında tonal sitimuluslardan sonra asetilkolini göstermiştir. Bu bulgusu

ile araştırmacı sinir liflerinin uyarılmasında olduğu kadar koklear potansiyellerin oluşumunda da kimyasal ajanların gerekliliğini belirtmiştir.¹³

Koklear sinirin uyarılması ile ilgili üçüncü teori, sinir liflerinin elektriksel enerji ile uyarıldığıdır. Tüy hücreleri ile bir ağ gibi kaynaşmış bulunan sinir liflerine uyarın sonucu elektriksel akım geçer denilmekte kimyasal uyarandaki gecikmeye dayandırılmayacağını belirtmektedirler. Araştırmacılar kokleadaki transferin çok hızlı geliştiğini ve sinir liflerindeki algılamanın yavaş olabileceğini ileri sürerek kimyasal uyarın etkisini kabul etmemektedirler. Ancak yapılan yorumlarda elektriksel uyarının kabul edilmesinin kimyasal uyarın tamamen geçersiz sayma anlamına gelmeyeceği hücre aksiyonları ile ilgili modern teorilerde genellikle elektrokimyasal bir uyarın mekanizmasının kabul edilmesi gereği belirtilmiştir.

Sadece elektriksel aktivitenin kabul edilmesin-dense, mekanik değişikliklerle hücrenin elektriksel aktivitesinin ortaya çıkmasının kimyasal değişikliklerle tüy hücrelerinde meydana geldiğini kabullenmenin en doğru yol olacağı belirtilmektedir. Bu sayede aşırı uyarınlar sonucunda gösterilmiş olan geçici elektriksel potansiyel azalmasını izah edebiliriz. Yani, bir kimyasal madde eksikliğinin elektrikli potansiyel oluşumunu etkilediği belirtilmektedir.

Sentral İşitme Fizyolojisi

İşitme siniri pons'a girdikten sonra işitme yollarının 2. nöronlarının bulunduğu ventral ve dorsal cochlear nucleuslara dallar gönderirler. Dorsal cochlear Nucleus dalı ventral koklear nukleusun posterior kısmını innerve eder. Bu nukleuslardaki mikroelektrotlarla yapılan çalışmalar, sinir uçlarının kokleayı yansıtan bir düzende dizildiklerini göstermiştir. Ventral cochlear nucleus sadece bir durak olmayıp gelen aksiyon potansiyellerin üst merkezlere iletilmesinde düzenli bir bağlantı sistemi ve organizasyon oluşturmaktadır.

Cochlear nucleus'u terk eden bütün ikinci nöronlar orta hattan karşı tarafa geçip o taraftaki superior olivary complex'de sonlanırlar veya lateral lemniscus ve bunun nukleusunu oluştururlar. İşitme sinirinin afferent liflerine ilaveten tüy hücreleri orijinlerini superior olivary nuclei'nin her iki tarafından alan olivo cochlear demetin efferent lifleri tarafından innerve edilir.

Lemniscal yoldaki liflerin çoğu inferior colliculus'ta son bulur. Fakat çok az bir kısmı inferior colliculus'u geçerek medial geniculat'a ulaşır. Az bir kısmı da karşı taraftaki inferior colliculus'a ulaşır.

Inferior colliculus algısal analizlerden ziyade

işitsel refleks aktivitelerinde rol oynamaktadır. Kulağın uyarımına göre inhibitör veya eksitator rol oynadığı tesbit edilmiştir. İnferior colliculus'ta bulunan hücrelerin neuritleri muhtelif yollarla ya doğrudan doğruya veya diğer çekirdekler vasıtasıyla muhtelif sinirlerin motor çekirdeklerine bağlıdır. Bunlar göz kaslarının motor lifleri, kranial ve spinal motor lifleridir. Bu yollar ses uyarılarını sonucu meydana gelen çeşitli refleks hareketleri ile ilişkilidir.

Birçok araştırmacı, frekans analizinin ve konuşmayı ayırtılabilmeyen inferior colliculus seviyesinde meydana geldiğini, kortekste bulunan spesifik sahalara analiz edilmiş olarak sesin ulaştığını savunmaktadırlar. Koklear nukleuslarda bulunan tonotopik hücre sıralanması bu bölgede de görülmektedir.¹³

Medial geniculate body'ye gelen afferent lifler aynı traftaki inferior colliculus'dan gelir. Sadece birkaç lif lateral lemniscus'dan gelmektedir. İnferior colliculus'daki tonotopik hücre yerleşmesini medial geniculate body'de görmekteyiz.

Medial geniculate body seviyesinde işlem tam olarak bilinmemekle beraber nukleusun bir kısmının tamamen işitsel olduğu belirtilmektedir.

Medial geniculate'ın temel nukleusundan çıkan 3. nöron lifleri belirli bir düzende temporal korteks'e gelirler. Primer işitme alanına (A1) (Gyri Temporales Transversi veya Heschel) gelen liflerin hemen hemen hepsi nukleusun anterior kısmından gelir.

Nucleus'un posterior kısmındaki lifler ise primer işitme sahasının dışındaki insula temporal korteks'e giderler. Bu ikincil işitme sahası geniculate nucleus'un bütün kısımlarından lifler alır ve bu liflerin çoğu diğer bölgeleri innerve eden liflerin kollateralleridir.

İşitsel korteksin aşağı seviyelerinde frekans yerleşim düzeni bozulmadan sürdürülmekte ve işitsel kortekse kokleanın bir kopyası olarak yansımaktadır.

İşitsel korteksin görevinin duyulan sesleri analiz etmek olduğu sanılmaktadır. Ayrıca işitsel impulsların kullanılabilmesi için onlara yön verilmesinde de işitsel korteks çalışmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalarla anlamlı işitsel uyarıların beyin aktivitesini arttırdığı kanıtlanmıştır.

Serebellar Bağlantı: İşitme sistemi ile cerebellum arasında belirgin bir bağlantı vardır. Lobulus simpleks ve tuber vermis'de görme sahası ile üst üste gelen geniş alanda işitsel uyarıcıya karşı cevaplar elde edilmiştir. Serebellar bölgede ses uyarıcısına karşı meydana gelen cevapların yukarı deserebrasyonu ile değişmediği, halbuki inferior

colliculus destrüksiyonunda cevabın kaybolduğu görülmüştür. Böylece inferior colliculus seviyesinde serebelluma bağlantı olduğu ortaya çıkmıştır.

Özet

Buraya kadar anlattıklarımızı özetleyecek olursak,

Bu düzen içerisinde orta kulak sesin transferinde, koklea, sesi elektrokimyasal enerjiye dönüştürme ve frekans algılamasında görevlidir. Üst merkezlere çıkıldıkça daha kompleks işitsel uyarıcıların analizinin yapıldığı görülmektedir. Özellikle inferior colliculus ve cortex seviyesinde hem alt merkezlerle bağlantı sağlanmakta, hem de kompleks uyarıların değerlendirilmesi yapılmaktadır.

Frekans analizi ve konuşmanın ayırtılmasında tüy hücrelerinden primer işitme merkezlerine kadar uzanan bütün oluşumların rolü vardır. Bu nedenle sesin algılanmasında bütün bu oluşumların bir bütün halinde çalışması gerekmektedir.

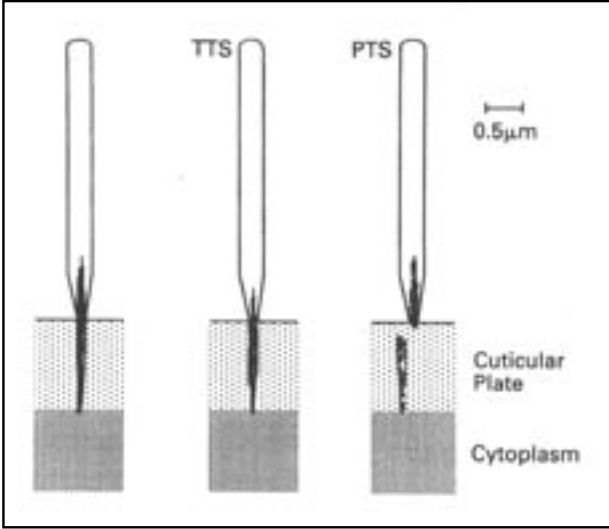
GÜRÜLTÜNÜN İŞİTME SİSTEMİNE ETKİLERİ

Gürültünün işitme sistemi üzerindeki etkilerini ilk olarak Gloring (1948) TTS (Temporary Threshold Shift-geçici eşik değişikliği)ni, ölçerek ortaya koymuştur. İnsan işitme sistemine organik hasarlar veren gürültünün etkisi; şiddeti, süresi ve kişisel hassasiyete bağlı olarak değişiklik gösterir. Gürültüye maruz kalan kulakta en çok hasar gören kısım koklea, özellikle tüy hücreleridir. Basillar membran ve tektorial membranın ani ve şiddetli uyarılmaları, temasta oldukları korti ve dış tüy hücrelerinde hasarlara yol açar.

Akustik yaralanma olarak adlandırdığımız bu durumda dinamik ve statik olmak üzere iki faz vardır. Dinamik faz akustik uyarı sırasında başlar, kokleadaki hücresel elementler yapısal ve fonksiyonel değişikliğe uğrar. Gürültü devam ettiği sürece patolojik değişiklikler de artarak devam eder. Gürültü kesildikten sonra kısmen veya tamamen rejenerasyon gerçekleşir. Bu duruma TTS = Temporary Threshold Shift -Geçici eşik değişikliği- adını veririz. Tektorial membrana gömülü dış tüy hücrelerinin maruz kaldığı aşırı mekanik hareket K⁺ ve Ca⁺⁺ girişine izin vererek hücre plazma membranının depolarizasyonunu sağlar. Depolarizasyon kritik noktaya ulaştıkça intrasellüler olaylar tetiklenir (Sounders, Cohen, szymko 1991).

Yüksek frekans işitme kayıpları genel olarak kokleanın basal bölgesinin hasarının göstergesidir. Gürültünün frekans özelliği ve şiddeti daha yaygın bir hasara da neden olabilir. Düşük şiddetteki sesler tüy hücrelerinin hafif dejenerasyonuna neden

olurken, yüksek şiddetteki seslerin hücrelerin uç bağlantılarını bozduğu ve kırılmalara neden olduğu belirlenmiştir (Wenthold ve ark. 1992).



Şekil 1.7. Geçici ve kalıcı eşik değişiklikleri ile ilişkili stereocilial hasar. TTS: Geçici eşik değişikliği, PTS: Kalıcı eşik değişikliği (Kerr, A.G., Scott-Brown's Otolaryngology Vol.2 6th Ed. Adult Audiology, Staphens, D., Butterworth Heinemann, 1997).

Gürültüye maruz kaldıktan sonra ilk göze çarpan odyolojik bulgu yüksek frekans işitme kaybıdır. Tipik olarak 3000, 4000, 6000 Hz lerde çentik şeklinde kendini gösterir. Basillar membranın, dolayısı ile tektorial membranın kokleanın bu bölgesinde en yüksek emplitudla titreşme özelliği bu bölgedeki hasarı arttırmaktadır.

TTS'i meydana getiren gürültünün sürekliliği ve kişisel hassasiyetler dış tüy hücre hasarlarını kalıcı hale getirebilir. PTS irreversibl işitme kayıpları ve genellikle eşlik eden çınlama ile karakterizedir.

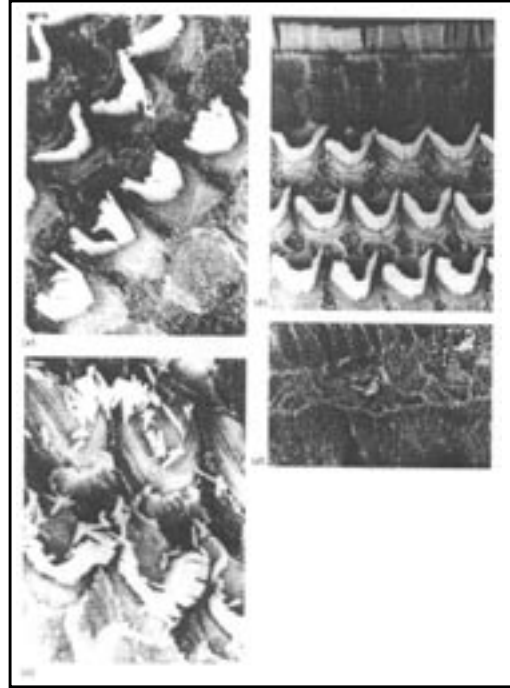
İnsan organizmasında yaşlanmaya bağlı olarak ortaya çıkan presbiakuzi gürültünün etkisi ile daha da artar.

Uzun süreli gürültünün etkisi ile korti organındaki ağır hasarlar spinal ganglion hücrelerini de içine alır. Yapılan araştırmalar, spiral ganglion hasarlarının, koklear nucleus ve superior olive'e kadar uzandığını göstermiştir. Patogenezi aşağıdaki hipotezle açıklanmaktadır.

- 1) Gürültü sırasında azalan kan akımı ve hipoksi
- 2) Sensör hücrelerin uyarılmasındaki metabolik yetersizlik
- 3) Gürültü sırasında nörotransmitterlerin aşırı faaliyetinin afferent sinir lifleri ve terminallerinde eksitotoksik hasara yol açması.

- 4) Koklear sıvıların karışmasının retiküler lamina hasara neden olması.

Sonuç olarak, gürültüye bağlı olarak meydana gelen koklear hasarlar. Primer ve sekonder olmak üzere iki faza ayrılır. Primer histopatolojik olaylar, özellikle dış tüy hücreleri olmak üzere tüy hücrelerinin dejenerasyonudur. Sekonder olaylar primer dejenerasyonu izler. Destek hücrelerinin progressif dejenerasyonu afferent sinir liflerinin dejenerasyonu ile devam eder. Primer hasarları engellenmenin en iyi yolu yüksek şiddetli ve sürekli gürültüden korunmaktır.



Şekil 1.8. A. Guinea pig 110 dB'e 30 dakika maruz kaldıktan 0.5 saat sonra stereosilyasındaki değişiklikler B. Guinea pig 80 gün boyunca 110 dB'e günde 30 dakika maruz kaldıktan sonra yuvarlak pencereden 9.5 mm uzakta stereosilyadaki değişiklikler C. Guinea pig 120 dB'e 150 dakika maruz kaldıktan 0.5 saat sonra stereosilyasındaki değişiklikler D. Guinea pig 80 gün boyunca 120 dB'e günde 1500 dakika maruz kaldıktan sonra yuvarlak pencereden 9 mm uzakta korti organının apikal yüzeyindeki değişiklikler (Kerr, A.G., Scott-Brown's Otolaryngology Vol.26 th Ed. Adult Audiology, Stephens, D., Butterworth Heinemann, 1997, 2/11).

KAYNAKLAR

1. Atkin, L.M., Anderson, D.J. and Brugge, J.F.(1970) Tonotopic organisation and discharge characteristics of single neurons in nuclei of the lateral lemniscus of the cat. J.Neurophysiology 33 421-440
2. Brugge, J.F. (1991) Neurophysiology of the central auditory and vestibular systems. In: M.M. Paparella, D.A.Shumrick, J.L.Gluckman,

- W.L. Meyerhoff (Eds) Otolaryngology (vol.1) Basic sciences and related principles pp.281-314. Philadelphia: W.B. Saunders
3. Buno, JR, W (1978) Auditory nerve fiber activity influenced by contralateral ear sound stimulation. *Experimental Neurology*, 59; 62-74.
 4. Dallos, P. (1973); *The Auditory periphery: Biophysics and physiology*, Academic press, New York,
 5. Kerr, A.G.,(1997) *Scott-Brown's Otolaryngology Vol.26 th Ed. Adult Audiology*, Stephens, D., Butterworth Heinemann, , 2/11.
 6. Kim D.O. (1984). Functional Roles of the Inner and Outer-Hair-Cell Subsystems in the cochlea and Brain Stem. "Hearing Science: Recent Advances" (Ed.Berlin C.I) College-Hill Press, California, P.249-251.
 7. Lee,J.H., Marcus DC. (2003) Endolymphatic Sodium homeostasis by Reissner's membrane. *Neuroscience*; 119 (1) 3-8
 8. Moller M. (2000) "Hearing its physiology and Pathophysiology" ch.3. Academic Press, California P. 74-75.
 9. Moore, Brian C.J. (1989) *An Introduction to the psychology of Hearing.* pp, 1-28.
 10. Pickles J.O. (1982) *An Introduction to the physiology of Hearing*, Academic Press, London-Newyork.
 11. Ryan,A.F.And Dallos,P.(1996). *The Physiology of the Cochlea*, In.J.Northern(Ed), *Hearing disorders.* (3 rd ed. pp. 15-31) Boston; Allyn and Bacon.
 12. Spoendlin,H (1972) Innervation densities of the cochlea. *Acta oto-Laryngologica*, 67, 235-248.
 13. Wever E.G., Lawrance M., Smith K.R. (1948b) *The middle ear in sound conduction.* *Arch Otolaryngol.*, 48: 19-35.
 14. Wever E.G., Lawrance,M., (1966) *Physiological Acoustics.*Princeton.UniversityPress, Princeton-Newjersey.
 15. Bohne BA. Hording, G.W. Harding, G.W. Combined organ of Corti/modiolus technique for preparing mammalian cochleas for quantitative microscopy. *Hest. Res.* 71:114-124, 1993.
 16. Bohne BA, Rabbitt KU: Holes in the reticular lamina after noise exposure: Implications for continued damage in the organ of Corti. *Hear Res.* 11:41-53, 1983.
 17. McGill TJI, Schuknecht HF: Human Cochlear Changes in noise – induced hearing Loss. *Loryngoscope* 86: 1293-1302, 1976.Qua

Bölüm II

GÜRÜLTÜ: KAVRAM VE YAKLAŞIM

Prof. Dr. Mehmet Çalışkan

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü

2.1 Temel Kavramlar

Elastik bir ortamda işitme duyusunun algılabildiği küçük basınç dalgalanmalarının ya da değişimlerinin oluşturduğu duyuma ses denir. Ortamın denge basıncı civarında oluşan bu basınç dalgalanmalarının ses olarak algılanabilmesi için belirli özelliklere (büyüklük ve dalgalanma hızları açısından) sahip olması gerekir. Sesin oluşumu için bir ses kaynağına ve basınç dalgalanmalarının içinde yayılacağı kütlesi olan bir elastik ortama gereksinim vardır. Örneğin, vakumda ya da boşlukta sesin yayılması olanaksızdır. Bu tür elastik ortamlarda açıklanan basınç dalgalanmalarını ses olarak algılayacak bir algılayıcının varlığının gerekliliğinin de yadsınamayacağı açıktır. Genelde hava, sesin tanımında referans ortam olarak kullanılmakla birlikte, ses dalgaları çelik, beton vb., katı maddelerle su vb., akışkanlar içinde, bu ortamların elastik olmaları nedeniyle, yayılabilmektedir. Raylardan yayılan sesi dinleyerek trenin hareketinin izlenmesi buna en güzel örnektir.

İstenmeyen ya da etkilenene bir anlam ifade etmeyen sesler gürültü olarak nitelendirilir. Bir kişinin müzik olarak algıladığı bir ses, diğer bir kişi tarafından gürültü olarak tanımlanabilir. Örneğin, beğenisi klasik müzik olan bir kişi diğer müzik türlerini gürültü olarak değerlendirebilir. Bu nedenle gürültünün öznel (sübjektif) bir yanının bulunduğunu söylemek mümkündür. Ancak, endüstriyel gürültü vb gürültü türleri kişilerin beğenisine bağlı olmaksızın her koşulda gürültü olarak değerlendirilir.

Basınç dalgalanmalarının büyüklüğünü ifade etmek için genlik terimi kullanılır. Şekil 2.1'de elastik ortam içindeki sabit bir noktada ya da konumda zamanla değişen basit harmonik bir dalganın genliği gösterilmiştir. Denge basıncı etrafında ölçülen en büyük sapma ya da değişim değeri olarak tanımlanabilen dalga genliği, basınç birimi

olan Pascal (kısaltılmışı Pa) ya da (N/m²) cinsinden ifade edilir. Ses duyumuna yol açan basınç dalgalanmalarının ya da kısaca ses dalgalarının genlikleri, 100000 Pa dolayında bulunan atmosferik denge basıncının değerine oranla çok küçüktür.

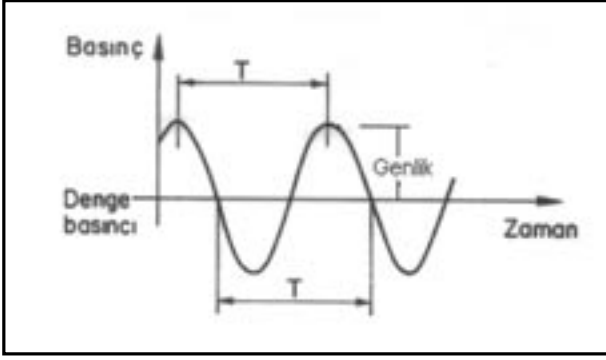
Ses dalgasının kendisini yinelemesi için geçen süreye periyot denir. Şekil 2.1'de gösterilen basit harmonik ses dalgasının periyodunun, dalganın peşpeşe birbirinin aynısı iki konuma, örneğin iki tepe noktasına, ulaşması arasında geçen süre olduğu anlaşılır. Periyot genellikle saniye (s) cinsinden ifade edilir. Dalganın bir periyotluk süre içinde kalan kısmına ise dalganın deviri denir.

Basınç dalgalanmalarının birim zamanda (genellikle bir saniyede) uğradıkları değişim ya da devir sayısı frekans olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle frekans, basınç dalgalanmasının kendini yineleme hızı olarak ta nitelendirilebilir. Frekansı yüksek olan sesler tiz, düşük olanlar ise pes ya da bas olarak tanımlanır. Ses dalgasının frekansı (f), dalganın periyodunun(T) tersine eşit olup,

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.1)$$

eşitliğiyle verilir. Frekans bir saniyede tamamlanan dalga devir ya da periyot sayısı olarak da tanımlanır ve Hertz (kısaltılmışı Hz) cinsinden ifade edilir. Buradan pes seslerin periyotlarının uzun, tiz seslerin periyotlarının ise kısa olduğu anlaşılmaktadır.

İnsan işitme duyusunun algılabildiği basınç dalgalanmalarının frekansları, işitme aralığı olarak tanımlanan 20 Hz ile 20000 Hz arasında bulunmaktadır. Burada verilen alt ve üst frekans sınır değerleri ortalama değerler olup, işitme yetenekleri bu sınırları her iki yönden de aşan kişiler bulunduğu gibi, ilerlemiş yaşları, fiziksel özürleri ve etkisinde kaldıkları gürültünün oluşturduğu kalıcı hasarlar nedeniyle işitme aralığı belirtilenden daha da dar olan kişiler mevcuttur.



Şekil 2.1 Basit Harmonik Ses Dalgasının Zamanla Değişimi

Ses dalgalarının zamanla değişimini ifade etmekte kullanılan rms değeri, basınç dalgalanmasının karesel ortalamasının kareköküne eşittir. Prms olarak gösterilen bu değer, dalga şekline bağlı olup, Şekil 2.1'de verilen basit harmonik ses dalgası için genlik değerinin %70.7'sine eşittir. Bu değer, ortamda sabit bir noktada oluşan basınç dalgalanmasının zaman fonksiyonu $p(t)$ cinsinden

$$P_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} p^2(t) dt} \quad (2.2)$$

ifade edilebilir. Burada T_0 ölçüm ya da hesaplama süresini, t ise zaman değişkenini gösterir. Peryodik basınç dalgalanmaları için hesaplama süresi ses dalgasının periyoduna eşit olarak alınır.

İnsan işitme sisteminin algılayabileceği en küçük basınç dalgalanmasının rms değeri olarak tanımlanan işitme eşiği'nin ortalama değeri $2(10^5)$ Pa'dır. Bu değer, ses ile ilgili uluslararası standartlarda temel olarak alınmaktadır. İşitme eşiği seslerin frekanslarına bağlı olarak değişir. Düşük frekanslarda (pes seslerde) eşik değeri yüksek, orta ve yüksek frekanslarda ise düşüktür. Buradan işitme duyusunun hassasiyetinin düşük frekanslarda daha az olduğu sonucu çıkarılabilir.

İnsan kulağının dayanabileceği en büyük basınç dalgalanmasının rms değeri olarak tanımlanan ağrı eşiği'nin sayısal değeri ortalama 200 Pa olarak bulunmuştur. Bu büyüklükte bir ses dalgalanmasının etkisinde kalan kişilerde kulakta ağrı oluşmakta, bundan daha büyük genliklere sahip dalgalanmalarda ise kulakta fiziksel hasar meydana gelmektedir.

Ses dalgaları elastik ortamda, ortamın özelliklerine bağlı olarak hesaplanabilen belli bir hızda yayılırlar. Sesin yayılma hızı ya da ses hızı olarak nitelendirilen bu hız ses dalgasının frekansından bağımsızdır ve ortamın elastik özellikleri ile yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Örneğin havada sesin yayılma hızı, hava sıcaklığı ile doğrudan iliş-

kili olup, oda koşullarında (20C sıcaklıkta) yaklaşık 343 m/s olarak bulunmuştur. Bu değer 1235 km/h olarak ta ifade edilebilir. Havada sesin yayılma hızının (c - m/s cinsinden) sıcaklığa ($^{\circ}\text{C}$ -celcius) bağlı olarak değişimi yaklaşık

$$c = 332 + 0,6 \cdot (273 + ^{\circ}\text{C}) \quad (2.3)$$

olarak tanımlıdır. Sıvılarda sesin yayılma hızının hesaplanması daha karmaşıktır. Örneğin deniz suyununda sesin yayılma hızı, sıcaklığın yanısıra ortamın denge basıncı, tuzluluk oranı, sudaki asılı gaz miktarı vb değişkenlere bağlıdır.

Harmonik bir ses dalgasının bir periyoduna bir eşit süre içinde aldığı yola sesin dalgaboyu adı verilir ve λ ile gösterilir. Dalgaboyu uzunluk birimleriyle (metre, milimetre, mikrometre vb) ölçülür. Ses dalgalarına özgü olarak sesin yayılma hızı ile dalgaboyu ve frekansı arasında

$$c = f \cdot \lambda \quad (2.4)$$

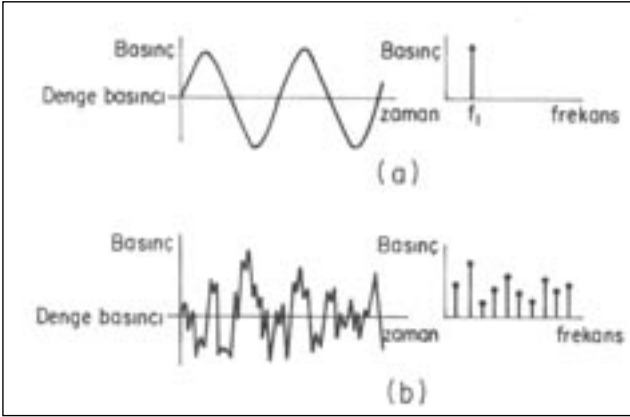
şeklinde bir ilişki vardır. Bu tür bir ilişki ses dalgaları gibi yayılma hızları frekanstan bağımsız olan ya da frekans ile değişmeyen tüm dalga oluşumları için geçerlidir. Bu ilişkiden düşük frekanslı (pes) seslerin dalgaboylarının uzun, yüksek frekanslı (tiz) seslerin dalgaboylarının kısa olduğu anlaşılır. Örneğin, işitme aralığının alt sınırı olarak kabul edilen 20 Hz frekansındaki bir ses dalgasının dalgaboyunun 17 m; üst sınırı olarak nitelendirilen 20000 Hz frekansındaki bir ses dalgasının dalgaboyunun 17 mm olduğu kolaylıkla hesaplanabilir.

Ses yeğlinliği ya da ses şiddeti sesin dalga hareketi sırasında birim alandan geçen sesin gücü olarak tanımlanır ve anlık değeri ses basıncı ile hava parçacık hızının çarpımına eşittir. Belli bir konumda oluşan ortalama ses yeğlinliği ise anlık değerlerin zamana göre ortalaması alınarak elde edilir. Bir ses kaynağının yaydığı sesin ortalama ses gücü kaynağın çevresindeki konumlarda ölçülen ortalama ses yeğlinliği ile bu konumlarla tanımlı alan çarpılarak bulunur.

2.2 Frekans Çözümlemesi ve Oktav Bantlar

Arı ses adı verilen ve tek bir frekansta yayılan Şekil 2.1'de gösterilen basit harmonik bir basınç dalgalanmasının oluşturduğu ses, gürültü ya da ses türlerinden en basiti olarak nitelendirilebilir. Uygulamada karşılaşılan sesler ise pek çok arı sestten oluşmakta ve çeşitli frekanslarda enerji bileşenleri bulunmaktadır. Karmaşık sesler olarak ta nitelendirilebilen gürültüyü oluşturan frekanslardaki bileşenlerine ayrıştırma işlemine frekans çözümlemesi (analizi) denir. Bu işlem uygulamada kuşak (bant) geçirim filtrelerinden oluşan elektronik cihazlar yardımıyla yapılmakta olup, temelde frekans spektrumu olarak adlandırılan gürültünün enerjisinin frekanslara göre dağılımını

ortaya çıkarmayı hedeflemektedir. Şekil 2.2’de arı ve karmaşık seslerin frekans çözümlerinden örnekler verilmektedir. Şekil 2.2a’da zamanla değişimi gösterilen basit harmonik ses dalgası tek bir frekansta (f_1) enerji içerdiğinden frekans spektrumu yalnızca bu frekansta dikey çizgi şeklinde yoğunlaşan enerjiden oluşacaktır. Diğer yandan zamanda değişimi Şekil 2.2b’de verilen karmaşık ses dalgasının enerjisi çok sayıda frekansa dağılmış olduğundan frekans spektrumu çok sayıda



Şekil 2.2 a) Arı Ses ve Frekans Çözümlemesi
b) Karmaşık Ses ve Frekans Çözümlemesi

frekanstaki değişik enerji büyüklüklerini ifade eden dikey çizgilerden oluşacaktır. Karmaşık sesler için zamanda değişim ve frekans spektrumu grafikleri karşılaştırıldığında frekans spektrumunun içerdiği belirli frekanslardaki enerji ile karmaşık ses hakkında daha anlamlı ve ayrıntılı bilgiyi gözler önüne serdiği anlaşılmaktadır. Bu frekanslar gürültüden sorumlu kaynak, süreç vb etkenlerin çalışma koşulları ile yakından ilintilidir. Örneğin, dönel makinalardan kaynaklanan gürültünün frekans çözümlenmesi, dönme hızına karşılık gelen bir frekansta yüksek enerji içeriği ile olası denge (balans) ayar bozukluğuna işaret edecektir.

Frekans içerikleri insan kulağının işitme aralığı içinde bulunan sesleri her bir frekanstaki bileşenlerine ayırarak uygulamada sorunlar yaratacağı için, bu işlem işitme aralığı frekans kuşaklarına ya da bantlarına bölünerek ve her kuşak içinde kalan frekanslar tek bir düzey değeriyle ifade edilerek gerçekleştirilmektedir. Frekans kuşaklarının belirlenmesinde işitme sistemi temel alınmış olup, bu kuşaklar yine uluslararası standartlarla belirlenmiştir. Ayırıştırma işlemi sonucunda her frekans kuşağı için bulunan düzeyler, kuşak (bant) düzeyi adını almakta ve kuşak içinde kalan frekanslardaki ses enerjisinin bir göstergesi olarak görülmektedir. Merkez frekansı (f_c) ilgili frekans kuşağına adını vermekte olup, gürültü etkilenim çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan oktav kuşakların işitme aralığındaki merkez frekansları ile alt (f_l) ve üst (f_u) sınır frekansları Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Oktaf kuşaklar için yukarıda belirtilen frekanslar arasındaki ilişkiler

$$f_c = w f_l \cdot f_u \quad (2.5)$$

$$f_l - f_u = 0,707 f_c \quad (2.6)$$

$$f_u = 2 \cdot f_l \quad (2.7)$$

şeklinde verilmektedir.

İşitme sisteminin frekans ayırıştırma işlemini oktav kuşaklarda yaptığı bulgusundan yola çıkarak standartlaştırılan bu kuşaklar, gerektiğinde daha dar frekans aralıklarını kapsayacak şekilde de tanımlanabilmektedir. Çizelge 2.1’de verilen tam oktav kuşakları 3’e bölerek 1/3 oktav kuşakları, 12’ye bölerek 1/12 oktav kuşaklarını elde etmek olasıdır. Bunun sonucunda sayıları artan ve daha dar frekans aralığındaki bilgiyi (ses enerjisini) gösteren 1/3, 1/12 vb oktav kuşak çözümlenmeleri daha hassas frekans ayırıştırma yetkinlikleri ile gürültü bilgisinin daha iyi tanımlanmasına ve tanımlanmasına yardımcı olurlar. Örneğin, işitme sisteminin frekans çözümlenmesine benzer özellikleri taşıyan 1/3 oktav bant çözümlenmesinde kullanılan üst ve alt sınır frekanslar arasındaki ilişkiler ile ilgili tanımlayıcı bilgiler aşağıda verilmektedir:

$$f_u - f_l = 0,236 \cdot f_c \quad (2.8)$$

$$f_u = 1,26 \cdot f_l \quad (2.9)$$

Bant genişlikleri merkez frekansının belli bir yüzdesi olarak belirlenen oktav kuşaklarda frekans çözümlenmesi yapan cihazların yanısıra, sabit genişlikli ve daha dar kuşaklarda gürültü enerjisinin frekansa göre dağılımını çıkarabilen dar bant frekans çözümlenmeleri gürültü denetimi çalışmalarında yoğun olarak sorun tanılama işlevlerini yerine getirmede kullanılırlar.

Frekans çözümlenmesi gürültü denetimi için teknik çözümlerin arandığı ve kişilerin etkisinde kaldıkları gürültünün etkilerinin araştırıldığı durumlarda oldukça önem kazanmaktadır. Bu tür bir çözümlenme yapmadan ve gürültü enerjisinin yoğun olduğu frekansları belirlemeden çözümler üretmek olanağı yoktur.

2.3 Gürültü ve Sınıflandırılması

Frekans içeriğine ve ses veya ses basıncı düzeyinin zamanla değişimine bağlı olarak gürültüyü iki şekilde sınıflandırmak mümkündür. Gürültünün ölçümünde kullanılacak donanımın seçimi, ölçüm şekli ve ölçümlerin değerlendirilmesi gürültünün türüne bağlı olduğundan gürültünün sınıflandırılması önem kazanmaktadır.

Çizelge 2.1 Standart Oktav Kuşakların Merkez ve Sınır Frekansları

Kuşak Merkez Frekansı (Hz)	Kuşak Alt Sınır Frekansı (Hz)	Kuşak Üst Sınır Frekansı (Hz)
16	11	22
31,5	22	44
63	44	88
125	88	176
250	176	353
500	353	707
1000	707	1414
2000	1414	2825
4000	2825	5650
8000	5650	11300
16000	11300	22500

2.3.1 Frekans İçeriğine Göre Sınıflandırma

Gürültüyü oluşturan değişik frekanslardaki bileşenlerinin sayısı ve taşıdıkları enerjilerine (düzeylerine) göre sınıflandırma yapıldığında, en basit gürültünün daha önce de tanımlandığı gibi arı ses denilen ve tek frekans içeren basit harmonik basıncı dalgalanmaları olduğu anlaşılır. Televizyon istasyonlarının programa başlamadan hemen önce yaydıkları düşük sesi türünde pilot sinyal sesi (frekansı 1000 Hz'tir) bu tür sesin en tanınan örneklerinden biridir.

Frekansları birbirleriyle ilintili sınırlı sayıda bileşenin oluşturduğu sese periyodik ses denir. Birbirlerinin harmoniği olan bu frekanslardaki sesler en belirgin olarak müzikte ortaya çıkmaktadırlar. Bir gitar telinden ve nefesli bir çalgıdan çıkan sesler bu tür seslere en güzel örneği oluşturmaktadırlar.

Frekansları birbirine yakın ancak birbirleriyle genellikle ilintisiz sınırlı sayıda bileşenin baskın olduğu seslere dar kuşak gürültü denir. Frekansları geniş bir aralığa yayılmış çok sayıda bileşenin oluşturduğu gürültü geniş kuşak gürültü olarak bilinir. Program yayınlanmayan boş televizyon kanalından yayılan hisirtici şeklindeki gürültü geniş kuşak gürültünün en çok bilinen örneklerindedir. Dar kuşak gürültü, geniş kuşak gürültüden belli bir frekans aralığında süzülme şeklinde elde edilebildiği gibi (örneğin radyo programlarında uzay efektleri) uygulamada birden fazla farklı ses kaynağının birbirine yakın frekanslarda arı sesler yayması sonucunda oluşabilir.

2.3.2. Ses Düzeyinin Zamanla Değişimine Göre Sınıflandırma

Ses düzeylerinin zamanla hiç değişmediği ya da hemen hemen aynı kaldığı gürültü türüne kararlı gürültü adı verilir. Sabit hızda çalıştırılan bir vantilatörden veya yine sabit hız ve güçte çalışan

bir elektrik motorundan yayılan gürültü bu tür gürültüye en güzel örnekleri oluştururlar. Ses düzeylerinin zamana bağlı olarak değişimler gösterdiği gürültüleri kararsız gürültü başlığı altında toplamak olasıdır. Kararsız gürültü, bir uçağın ya da bir arabanın geçerken çıkardığı geçiş gürültüsü, çekiçle çivi çakılırken yayılan darbe gürültüsü, tüfekte ateş ederken çıkan patlama gürültüsü, sürekli çalıştırıldığında kararlı gürültü yayabilme yeteneğine sahip olan bir kaynağın kesik kesik çalıştırılmasıyla oluşan kesikli gürültü, ses düzeylerinin periyodik olarak değiştiği dalgalı gürültü şekillerinde olabilir. Bunların yanısıra endüstriyel makinalardan yayılan sık aralıklı darbe gürültüsü (otomatik preslerden ve perçin makinalarından yayılan gürültü vb) ve yüzey taşıma işlemlerinden yayılan dalgalı gürültü özellikle işyerlerinde karşılaşılan kararsız gürültü türlerine örnek oluştururlar.

Gürültünün kararlı olarak nitelendirilebilmesi için gürültü düzeyindeki değişimin 5 dB içinde kalması yeterlidir. Eğer ölçülen gürültü düzeyleri, zamanla 5 dB'i aşan sapmalar gösteriyorsa bu tür gürültü kararsız olarak nitelendirilecektir. Darbe ve patlama gürültüleri ise yüksek genliklerinin yanısıra 1 saniyeden daha kısa sürmeleri ile tanınırlar.

Gürültü ölçümü yapılırken gürültü türüne bağlı olarak ölçüm parametreleri belirlenir. Kararsız gürültüyü kararlı gürültü ölçümünde kullanılan ölçüm parametreleri ile ölçmeye çalışmak doğaldır ki yanlış ölçüm sonuçlarına neden olur. Ölçüm yapmadan önce gürültünün türü ile ilgili gözlem ve saptamalarda bulunmak doğru parametrelerin seçimini kolaylaştırır.

2.4 İşitme Sisteminin Öznel Davranışı

2.4.1 Eş Gürlük Eğrileri

İşitme sistemi, sesleri kulak zarına, yakın bölgede oluşturdukları genliklerine ya da ilgili ses basıncı düzeylerine, frekans içeriklerine (pes ya da tiz olmalarına) ve biçimlerine (harmonik, darbe, kesikli vb.) göre değişik yüksekliklerde algılar. Ses gürlüğü ya da yüksekliği, ses basıncı düzeyinin, frekansının ve dalga biçiminin farklı bileşimlerinin insanda oluşturduğu öznel ya da subjektif duyguyu belirginleştirmek ve tanımlamak için geliştirilmiş bir kavramdır. Bu öznel kavrama göre tanımlanacak standart, ölçüt, yönetmelik vb dökümanlarda belirtilecek değerlere göre karşılaştırılacak herhangi bir gürültü denetim önerisinin başarımını değerlendirmek olasıdır. Bir diğer öznel kavram ise ses enerjisinin frekansa göre dağılımı ile ilgili olan ses kalitesidir. Çizelge 2.2'de işitme sisteminin ses basıncı düzeyindeki değişimlere verdiği öznel davranışı özetlemektedir.

İşitme sisteminin gürlük olarak nitelendirilen

Çizelge 2.2 Ses Basıncı Düzeyindeki Değişimlerin Öznel Etkisi

Ses Basıncı Düzeyi Değişimi (dB)	Ses Gücü Değişimi		Görünür Gürlük Değişimi Etkisi
	Azalma	Artma	
3	1/2	2	Algılanma Sınırında
5	1/3	3	Açıkça Farkedilme
10	1/10	10	Yarıyarıya ya da İki Misli Gür

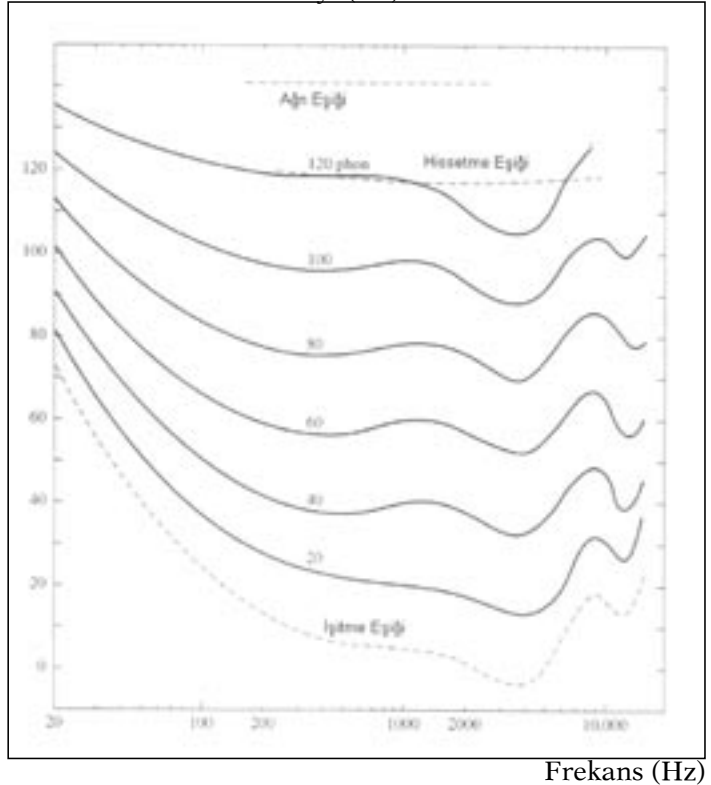
bu öznel davranışını incelemek için 18 ile 25 yaş arasında gürültüden etkilenmemiş genç denekler üzerinde bir dizi deneyler yapılmıştır. Ses kaynağı serbest alan koşullarında deneklerin tam karşısına yerleştirilmiş ve her iki kulaktan dinleme koşulları oluşturulmuştur. Ses basıncı düzeyleri ise deneklerin yokluğunda ölçülmüştür. Deneklere değişik frekanslarda farklı ses basınç düzeylerine ya da farklı enerjiye ya da şiddete sahip arı ses ya da saf ton sesler dinletilmiş ve öznel tepkileri kaydedilerek büyük bir grup için ortalama davranışları elde edilmiştir.

Yapılan kontrollü deneylerde arı sesler kullanılarak, deneklerden farklı ses basıncı düzeyi ve frekans bileşimlerinde seslerin oluşturduğu gürlük duygusunu değerlendirmeleri istenmiş ve deneklerde eşit gürlük oluşturan bileşimler kaydedilerek Şekil 2.3'te verilen eş gürlük ya da ses yüksekliği eğrileri elde edilmiştir. Ayrıca işitme eşiği ve ağrı eşiği davranışlarının frekansa göre değişimi belirlenmiş ve işitme sisteminin en duyarlı olduğu frekansın 4000 Hz'in biraz altında olduğu anlaşılmıştır. Bu frekanstan düşük frekanslarda işitme eşiğinin azalan frekans ile yükseldiği ortaya çıkarılmıştır. Örneğin, 30 Hz gibi düşük bir frekansta işitilebilir bir ses üretebilmek için gereken ses gücünün 4000 Hz'te gerekenden yaklaşık bir milyon kat daha fazla olacağı anlaşılmıştır. Yüksek frekanslarda (4000 Hz üstü) yaş ile büyük değişimler gösterebilen işitme eşiği bir kesilme noktasına kadar hızla yükselir. Ses şiddeti artırıldığında gürlük hissi giderek artar ve 120 dB dolayında bir gıdıklanma hissi oluşur. Hissetme eşiği olarak nitelendirilebilen bu düzeyden sonra ses şiddetinin daha da artırılması durumunda ise gıdıklanma hissi, 140 dB dolayında ağrı eşiği olarak tanımlanan ağrı hissine dönüşür. Yüksek ses şiddetlerinde eşdeğer gürlük eğrileri frekansa göre daha düz şekil alırlar.

Eş gürlük eğrileri değişik frekanslardaki arı seslerin aynı ses gürlüğü hissini oluşturması için gerekli ses basıncı düzeylerindeki farklılığa da işaret ederler. Düşük ve çok yüksek frekanslardaki seslerin aynı gürlüğü verebilmeleri için orta frekanslara oranla daha yüksek ses basıncı düzeylerine sahip olmaları gerekir. Her bir eş gürlük eğrisi,

phon cinsinden gürlük düzeyini ifade etmekte ve eğri üzerindeki noktalarla tanımlanan arı sesler aynı gürlük düzeyine sahip olmaktadır. Gürlük düzeyi birimi olan phon, ses basıncı düzeyi tanımında kullanılan desibel ölçeği ile uyumlu bir gürlük düzeyi tanımı için geliştirilmiştir ve sayısal olarak 1000 Hz frekansına sahip bir arı sesin ses basıncı düzeyine eşit olarak tanımlıdır.

Ses Basıncı Düzeyi (dB)



Şekil 2.3 Eş Gürlük Eğrileri

Gürlük kavramının tanımlanmasında kullanılan sone, 1000 Hz frekansında ve 40 dB ses basıncı düzeyine sahip bir arı sesin oluşturduğu gürlük olarak ifade edilir. Diğer bir deyişle bundan m misli gür olan sesin gürlüğü de m sone olacaktır. Gürlük birimi olan sone (S) ile gürlük düzeyi birimi olan phon (P) arasında

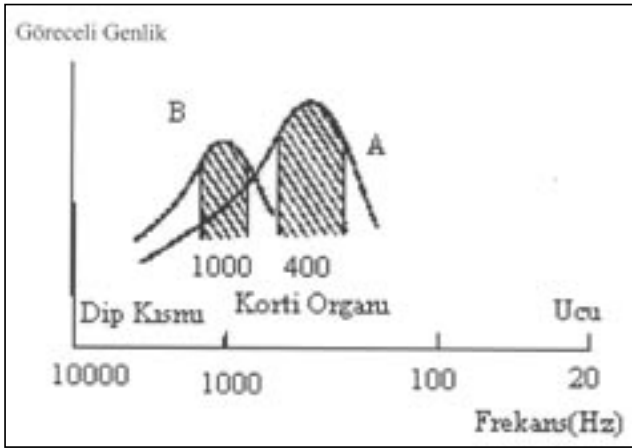
$$S = 2^{(P-40)/10} \quad (2.10)$$

şeklinde bir ilişki yazmak mümkündür. Karmaşık seslerin oluşturduğu gürlük hissi ise gürültünün oktav bant çözümlenmesinden her bir frekans bantındaki bant basıncı düzeylerine karşılık gelen gürlük değerleri temel alınarak hesaplanabilir.

2.4.2 Maskeleye

Maskeleye ya da perdeleme, bir sesin işitme eşiğini artırarak diğer bir sesin işitilmesini engellemesi olarak açıklanabilir. Günlük hayatta

karşılaşılan en yaygın örnek olan büyük şehirlerimizde trafiğin yoğun olduğu cadde, meydan vb bölgelerde telefon kulübelerinde yaşanan ve trafik gürültüsünün telefon konuşmasını perdelemesi şeklinde ortaya çıkan bu olumsuzluk korti organının frekansları algılaması ile ilgilidir. Yüksek frekansların algılanması korti organının dip kısmında gerçekleşirken düşük frekanslar uç kısmına yakın bölgeleri uyarılmaktadır. Şekil 2.4 'te 400 Hz ve 1000 Hz'te iki ayrı arı sese verilen tepki davranışı A ve B ile gösterilmektedir. Eğer yalnızca 400 Hz'te uyarı yapılmışsa, diğer bölgelerde ne tür uyarı olduğuna bakılmaksızın A ile gösterilen davranış kaydedilecektir. Her iki uyarının birlikte yapılması durumunda ise 400 Hz'te daha yüksek genlikli uyarının bulunması nedeniyle işitme eşiği yükseldiğinden 1000 Hz'teki arı sesin algılanması ya da fark edilmesi ancak genliğinin artırılması ile mümkün olacaktır. Bu özelliğin yanı sıra kulak birbirinden yeterli derecede ayrı olan iki frekans algılayabilmektedir. Bir arı ses ancak Şekil 2.4'te gösterilen taralı frekans aralığına karşılık gelen korti organındaki küçük bir bölgeyi uyarabilir. Bu frekans aralığı kulağın kritik bant genişliği olarak tanımlanır. Eğer kritik bant genişlikleri örtüşmezse iki ayrı frekanstaki sesler ayrı olarak algılanabilir. Bu iki kritik bant genişliği örtüşürse bu iki ayrı frekanstaki ses teker teker algılanamayacağı gibi, daha yüksek genliğe sahip olan arı sesin genliği değişime uğramış şekliyle algılanabilir.



Şekil 2.4 Korti Organının 400 Hz ve 1000 Hz'te Arı Seslerle Uyarılması

Perdeleme ya da maskeleyen düzeyi işitme eşiğindeki artış ile özdeşleştirilir. Perdeleyen sesin varlığı ve yokluğu arasında kaydedilecek işitme eşiği farkı perdeleme düzeyini işaret edecektir. Çok frekanslı karmaşık seslerle yapılan uyarılar arı sestenden daha etkin perdelemeye yol açar. Bu bağlamda aşağıda verilen saptamalar yapılabilir:

- i) Dar bant gürültü, korti organında daha geniş bir bölgeyi uyaracağı için merkez frekansına eşit frekanslı arı sestenden daha etkin

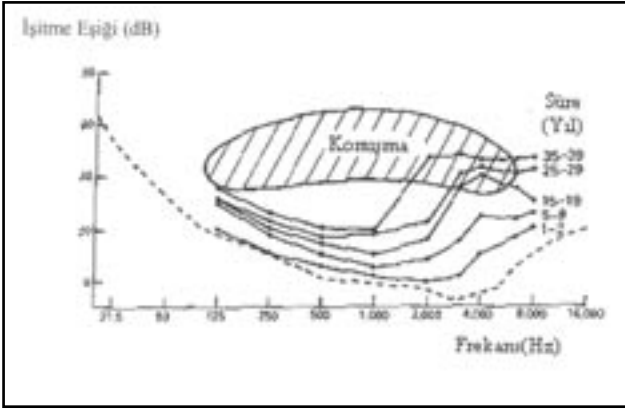
perdelemeye neden olur.

- ii) Dar bant gürültü merkez frekansından daha yüksek frekanslarda arı sestenden daha etkin perdeleme yapar.
- iii) Kulak korti organı üzerindeki etkinlik bölgeleriyle ilgili belli kritik bant genişliklerinin tanır. Dar bant gürültünün bant genişliği sürekli artırıldığında, belli bir bant genişliği değerinin üstünde, gürültü merkez frekansına eşit frekanslı bir arı sesin perdelenmesine daha fazla bir katkısı olmayacaktır.
- iv) Perdelenen arı sesin işitme eşiği, eğer merkez frekansı bu sesin frekansına eşit olan kritik bant genişliğinde bulunuyorsa perdeleyen sesin düzeyine ulaşabilecektir.
- v) Enerjisi, perdeleyen sesin bir kaç desibel üzerinde olan bir arı ses, sanki perdeleyen ses yokmuşçasına gür hissedilecektir.

Bir arı ses kendi frekansından yüksek frekansdaki sesleri düşük frekanslardaki seslere oranla daha etkin olarak perdeler. Konuşmanın perdelenmesinde en etkin arı sesin frekansı, konuşmada kullanılan seslerin ortalama temel frekansı olarak nitelendirilen 500 Hz dolayındadır.

2.5 İşitme Hasarı Risk Ölçütü

İşitme kaybı yaşanma ile ilgili doğal sürecin yanı sıra gürültüden etkilenim ile de oluşur. Yüksek düzeyde gürültüden etkilenim sonucunda başlangıçta, genellikle işitme sistemi duyarlılığının en yüksek olduğu 4000 Hz ile 6000 Hz arasındaki frekanslarda işitme kaybı oluşmaya başlar. Yüksek düzeyde gürültüden kısa bir süre etkilenen kişilerde işitme duyarlılığında geçici bir kayıp gözlenir. Bu türden bir etkilenim süresi sonrasında kulakta çınlama ile birlikte işitmede hafif bir körelme hissi oluşur. Bu geçici işitme duyarlılığı kaybı geçici eşik değişimi ya da artışı ile özdeşleşir. Gürültüden etkilenime son verildiğinde, eğer etkilenim çok şiddetli değilse genellikle işitme duyarlılığı etkilenimden önceki durumuna geri döner. Gürültüden etkilenimin şiddetli olduğu ya da geçici etki tamamen giderilmeden yeterince sıklıkla tekrarlandığı durumlarda, gürültü kaynaklı kalıcı bir işitme kaybı oluşur. İşitme kaybı arttıkça başlangıçta 4000 Hz- 6000 Hz aralığında başlayan kayıp düşük ve yüksek frekanslara da yayılır. İşitme duyarlılığının giderek kötüleşmesi ile en yüksek kayıp 4000 Hz dolayında gelişir. Gürültüden etkilenim ortadan kalktığında ise geriye dönüş söz konusu olmamakla birlikte işitme duyarlılığında daha da kötüleşme yaşanmaz. İç kulakta oluşan hasar nedeniyle süreç geri döndürülemez. Şekil 2.5'te bir kenevir dokuma fabrikasında işçi kadınların yıllar boyu süren etkilenim sonrasında işitme eşiklerindeki değişim verilmektedir.

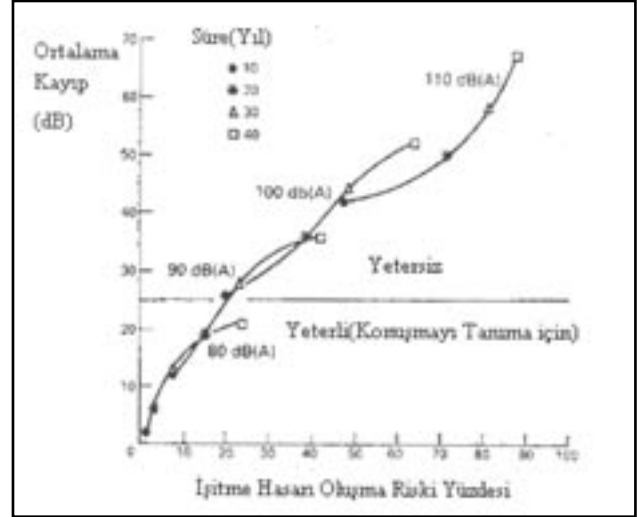


Şekil 2.5 Gürültüden Etkilenim ile Eşik Değişimi

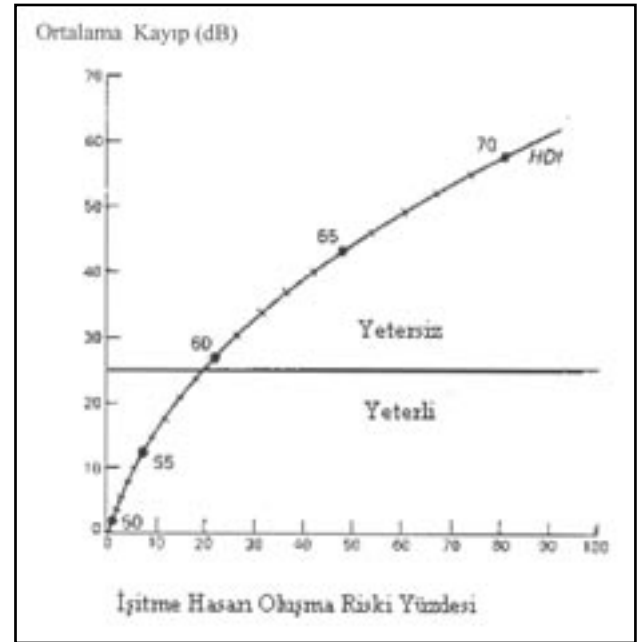
Gürültüden etkilenen herkesi işitme aralığı içinde yer alan tüm frekanslarda işitme eşiklerinde kötüleşmeye uğramaktan korumak günümüzde neredeyse imkansız görünmektedir. Bir uzlaşma ara çözümü olarak 500 Hz ile 2000 Hz aralığındaki konuşma frekanslarına yoğunlaşılması üzerinde birleşilmiştir. Değişik ülkeler yapılarına göre değişik tanımlarla bu amaçlı bir koruma için risk ölçütlerini belirlemişlerdir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri bu amaç doğrultusunda işitme kaybının sınırını belirlerken 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz’te oluşan kayıpların aritmetik ortalamasının belirleyici olacağı varsayımı ile hareket etmiştir. Bu şekilde tanımlanan 25 dB işitme kaybının işitme duyarlılığı açısından konuşmayı tanıma sınırını belirleyeceğine karar verilmiştir. Diğer bir deyişle ortalama 25 dB işitme kaybına uğrayan bir işçinin konuşmayı bir kayıp olmaksızın algıyabileceği kabul edilmiştir. Öte yandan ortalama 92 dB işitme kaybı ise işitme duyusunun tamamen kaybolduğu anlamını taşımaktadır. Ortalama işitme kaybı 25 dB ile 92 dB arasında olan bir kişinin işitme duyusu hasarına uğradığı öngörülmüştür. Şekil 2.6 etkilenim süresi ve etkisinde kalınan gürültü düzeyleri ile işitme hasarı riski ilişkisini özetlemektedir.

Şekil 2.6 incelendiğinde işitme duyusunun kötüleşmesinin ilk 10 yıl etkilenim süresi içinde daha hızlı geliştiği anlaşılmaktadır. Gürültü düzeylerinin 80 dBA’yı aştığı durumda ise, bu hız düzeylerdeki artışa bağlı olarak giderek daha da kötüleşmektedir. Ayrıca, yapılan istatistiksel ilişkilendirme çalışmalarından işitme hasarı riskinin uzun süre inanılanın aksine ses basıncı karesinin değil ses basıncının zamana göre integrali ile orantılı olduğu anlaşılmıştır. Ses basıncının zamana göre integrali (işitmenin kötüleşme indisi olarak tanımlanır) olan ve HDI ile gösterilen bu parametreye göre işitme hasarı riski ve ortalama işitme kaybının, ses basıncı düzeyindeki her 6 dB artış için etkilenim süresi yarıya düşürülürse, değişmeyeceği belirlenmiştir. Eğer işitme hasarı enerji ile orantılı olsa idi, ses basıncı düzeyindeki her 3 dB artış için etkilenim süresinin yarıya inmesi gerekirdi. Şekil

2.7’den de anlaşılacağı gibi kişinin yaşam süresince HDI=59’dan daha az bir etkilenim geçmişti, işitme kaybını belirtilen sınır değerlerin altında tutacaktır. ABD ilgili yönetmeliklerinde 6 dB yerine 5 dB artış kullanmış, buna karşılık Avrupa ülkeleri ve Avustralya 3 dB seçeneğini yeğlemişlerdir.



Şekil 2.6 İşitme Hasarı Riski ile Etkilenim Süresi ve Gürültü Düzeyleri Arasındaki İlişki



Şekil 2.7 HDI Parametresinin Ortalama İşitme Kaybı ve İşitme Hasarı ile Değişimi

Gürültüden etkilenim nedeniyle işitme duyusunda oluşan hasar, gürültü düzeylerinin olduğu kadar etkilenim süresinin birikimsel sonucudur. İşitme hasarı riski ölçütü, kişilerin yaşam biçimleri ve çalışma koşulları çerçevesinde etkilendikleri gürültüden oluşan hasarın izin verilen sınırlar içinde kalacağı gürültü düzeyi olarak tanımlanır. Bu ölçüt doğaldır ki gürültü düzeyleri ve etkilenim süreleri birlikte gözönüne alınarak geliştirilmelidir.

Geniş bantlı kararlı gürültüden günlük 8 saat etkilenim için işitme hasarı riski ölçütü 90 dBA olarak belirlendiğinde, Şekil 2.6'dan da anlaşılacağı gibi, bu etkilenim şekli 30 sene boyunca etkilenen kişilerin %25'inde işitme hasarı oluşturacaktır. Öte yandan, hala yüksek olarak nitelendirilen bu riski düşürmek için endüstriyel işyerlerinin tasarımı aşamasında daha düşük bir ölçüt hedeflenmelidir. Örneğin, günlük 8 saat etkilenim için 80 dBA ölçütü belirlendiğinde, konuşma için çok küçük hatta gözardı edilebilir bir risk hala söz konusu olacaktır. 80 dBA'dan yüksek seçilen ölçütler ise gürültü denetimi maliyeti ile işitme hasarı riski ve buna bağlı tazminat arasında bir uzlaşma oluşturur. İşitme duyusunda tüm frekansları kapsayan koruma sağlamak söz konusu olduğunda günlük 24 saat süreli etkilenim için ölçütün 70 dBA'yı aşmaması gerekmektedir. Bu denli düşük gürültü düzeylerini hedeflemek gereğinden fazla tutucu ve ekonomik açıdan gerçek dışı görülebilir. Gürültü dozunun %100'e ya da bir'e eşit olması, 90 dBA gürültü düzeyinde günlük 8 saat etkilenime karşılık gelmektedir. Çoğu Avrupa Birliği ülkesinde kullanılan 85 dBA gürültü düzeyi ve 8 saat günlük etkilenim kuşkusuz %100'den daha düşük bir gürültü dozunu ifade eder.

Avrupa ülkeleri, Avustralya ve uluslararası standartlarda günlük 8 saat etkilenim süresinden düşük sürelerde kullanılacak işitme hasarı riski ölçütü, eş enerji ilkesi temel alınarak belirlenmek-

tedir. İşçinin etkisinde kalmasına izin verilen süre, kararlı gürültü düzeyinde (gürültü enerjisinin ikiye katlanması olarak anılan) her 3 dBA artışa karşı etkilenim süresinin yarıya indirilmesi yoluyla hesaplanır.

Kesikli gürültü söz konusu olduğunda, işitme sisteminin gürültü öncesi durumuna geri dönmedeki başarımı nedeniyle eş enerji ilkesi oldukça tutucu bir kestirime yol açmaktadır. Bu tür gürültü için her etkilenim süresi yarılandığında izin verilen gürültü düzeylerine 3 dBA yerine 5 dBA eklenmesinin daha gerçekçi olacağı bildirilmiştir. Eşdeğer sürekli ses düzeyleri cinsinden belirlenecek gürültü düzeylerinin hesaplanmasında ABD'nde iş güvenliği ve işçi sağlığı ile ilgili mevzuat, her 5 dBA artışa karşılık etkilenim süresinin yarıya indirilmesi ilkesini kullanmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Bies,D.A. ve Hansen,C.H., Engineering Noise Control, Unwin Hyman Ltd, Londra,1988.
2. Kinsler,L.E., Frey,A.R.,Coppens,A.B. ve Sanders,J.V., Fundamentals of Acoustics, 4. Baskı, John Wiley & Sons,Inc.,New York, 2000.
3. Harris,C.M., Handbook of Noise Control, 2. Baskı, McGraw-Hill Book Co., New York, 1979.
4. Kryter, K.D., The Effects of Noise on Man, Academic Press, New York, 1970.

Bölüm III

GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Mehmet Çalışkan

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü

3.1 Ölçüm Parametreleri

Ortamın denge basıncına göre çok küçük genliklere sahip olan ses basıncı değişimlerinin Basınç dalgalanmalarının rms değerinin karesini uluslararası referans olarak alınan duyma eşiğinin karesine oranının 10 tabanına göre logaritmasının alınarak 10 ile çarpılmasıyla bulunan değer ses basıncı düzeyi olarak tanımlanır ve desibel (kısaltılmışı dB) cinsinden ifade edilir. Ses basıncı düzeyi L_p

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P_{ms}^2}{2(10^{-5})} \right) \quad (3.1)$$

eşitliği ile tanımlanmıştır. Burada düzey ya da seviye sözcüğü, basınç dalgalanması bir referans değere göre alındığı için kullanılmaktadır. Düzeyleri nicelendirmede kullanılan desibel ölçeği ise duyma eşiği $[2(10^{-5}) \text{ Pa}]$ ile ağrı eşiği (200 Pa) arasındaki büyük değer farkını, kullanım açısından basit, yararlı ve uygulama kolaylığı getiren 0 dB ile 140 dB aralığına dönüştürmektedir. Ses basıncı düzeyi, ortam koşullarına (açık ya da kapalı alan vb), ölçüm konumuna ve ses kaynağından uzaklığa bağlı olarak değişebilmektedir. Ses basıncının iki kat artması, ses basıncı düzeyinde 6 dB artışa neden olacaktır.

Bir makina, cihaz ya da süreçten yayılan sesin gücü, ilgili donanımın mekanik ya da elektrik gücünün çok küçük bir yüzdesidir. Bu güç makinanın hızı, kapasitesi vb., parametrelere bağlı olup, ortam koşulları ne olursa olsun bu parametreler değişmedikçe hep aynı kalacaktır. Ses gücünün, uluslararası standartlarla belirlenmiş bulunan referans güç değeri 10^{-12} Watt'a (kısaltılmışı W) oranının on tabanına göre logaritmasının 10 katı ses gücü düzeyi L_w olarak tanımlanmaktadır.

Ses gücü düzeyi

$$L_w = 10 \log \left(\frac{W}{10^{-12}} \right) \quad (3.2)$$

ifadesi ile tanımlı olup, yine desibel (dB) ölçeği kullanılarak ölçülmektedir. Örneğin, 1 W'lık ses gücü değeri 120 dB ses gücü düzeyine karşılık gelmektedir. Ses gücü değerinde iki kat artış ise ses gücü düzeyinde 3 dB artışa neden olmaktadır.

Tipik bir dizi ses basıncı ve ses gücü düzeyleri Çizelge 3.1'de sergilenmektedir. Bu çizelgede verilen ses basıncı düzeyleri için ölçüm koşullarının belirtilmesi göze çarpmakta olup, koşullar değiştiğinde değerlerin de değişmesi kaçınılmaz olmaktadır.

Çizelge 3.1 Ses Gücü ve Ses Basıncı Düzeyleri

Tanım	L_w (dB)	Tanım	L_p (dB)
Satürn Roketi	195	Top atışları, topçu konumu	140
Turbojet Uçak Motoru	160	50 BG'ne sahip siren, açık havada 30 m uzakta	130
75 çalgılı senfoni orkestrası	130	Uçak kalkışı, açık havada 60 m uzakta	125
100 BG, 2600 dev/dak hızında elektrik motoru	105	Perçinleme makinası, operatörün kulak konumunda	110
Otoyolda hızla seyreden Otomobil	100	Tekstil Endüstrisi dokuma salonu, tezgahların arasında operatör kulak konumunda	100
Bağırma	90	Metro treni, 6 m uzakta	90
Elektrik Süpürgesi	85	80 km/h hızla seyreden spor arabasının içinde	80
Normal Sesle konuşma	70	Elektrik süpürgesi, kapalı odada 3 m uzakta	70
Fısıltı	30	Süpermarket, lokanta vb iç mekanlar	60
		Şehir dışında trafiğe uzak ev odaları, Arka plan gürültüsü	40
		Film ve kayıt stüdyoları, Arka plan gürültüsü	20

İşitme sistemi, sesleri kulak zarına, yakın bölgede oluşturdukları genliklerine ya da ilgili ses basıncı düzeylerine, frekans içeriklerine (pes ya da tiz olmalarına) ve biçimlerine (harmonik, darbe, kesikli vb.) göre değişik yüksekliklerde algılar. Ses gürlüğü, gürültü ya da sesin ses basıncı düzeyine, frekansına ve biçimine göre insanda oluşturduğu öznel ya da sübjektif duyguyu belirginleştirmek ve tanımlamak için geliştirilmiş bir kavramdır. Örneğin, 100 Hz frekanslı ve 80 dB ses basıncı düzeyine sahip bir arı ses (basit harmonik ses) ile 1000 Hz frekanslı ve yine 80 dB ses basıncı düzeyine sahip arı sesin oluşturduğu ses yükseklikleri farklıdır. İşitme sisteminin bu özelliğini açıklığa kavuşturmak amacıyla özellikle gürültüden etkilenmemiş genç insanlar üzerinde uzun yıllar sürdürülen araştırmalar sonucunda işitme sisteminin ortalama özellikleri belirlenmiş ve eş gürlük ses eğrileri olarak adlandırılan bu özellikler bir dizi uluslararası standart ile yönetmeliklerin hazırlanmasında temel alınmıştır. İşitme eşliğinin de frekansa bağımlılığı bu çalışmalarla ortaya konulmuştur. Ayrıca işitme sisteminin düşük ve yüksek genlikli seslere karşı tepkisinin farklılığı da bu çalışmalarda belirlenmiştir.

Uluslararası standartların hemen hepsinde referans olarak alınan 1000 Hz frekansa sahip bir arı sesin insanda iki kat ses yüksekliği oluşturabilmesi için ses basıncı düzeyinde yaklaşık 10 dB mertebesinde bir artışa gerek duyulacağı da ayrıca belirlenmiştir. Havadaki ses dalgalarının genliğinin iki kat artmasının ses basıncı düzeyinde 6 dB bir artışa neden olacağından yola çıkarak, 1000 Hz frekansında bir arı sesin insanda iki kat daha fazla ses yüksekliği oluşturabilmesi için genliğinin 3,2 kat ya da % 320 artırılması gerekmektedir. Düşük frekanstaki seslerin oluşturacağı ses yüksekliğindeki artışlar için ses basıncı düzeyinde bu denli büyük artışların gerekmediği anlaşılmıştır. İşitme sisteminin duyarlılığının (hassasiyetinin) en fazla olduğu frekansların 1000 Hz ile 5000 Hz arasındaki bölgede bulunduğu ayrıca belirlenmiştir.

Sesin algılanması ve insanlar üzerindeki etkileri ses dalgasının genliği (ya da ses basıncı düzeyi), frekansı ve biçimi (dalga şekli) gibi üç ayrı değişkenin bileşimlerine (kombinasyonlarına) bağlı olması uygulama açısından çeşitli zorluklar taşımaktadır. Bu üç ayrı değişkenin etkilerini de içine alan tek bir sayı ile ses dalgalarının hem fiziksel özelliklerinin hem de işitme sisteminde oluşturduğu öznel etkilerin ifade edilmesi uygulama açısından yeğlenmektedir. Örneğin, 500 Hz frekansında 70 dB ses basıncı düzeyine sahip arı ses biçiminde bir ses dalgasının oluşturduğu etkiye eşdeğer demek yerine, tek bir rakam vererek tüm bu değişkenlerin etkilerini tanımlamak çok daha yerinde, kolay ve uygulanabilir bir yöntem olarak gözükmektedir. Bu amaçla işitme sisteminin frekans, genlik ve

dalga şekli ya da biçimi açılarından duyarlılık özelliklerini simgeleyen eş ses yükseklik eğrileri'nden yararlanılmış ve fiziksel olarak ölçümlerle elde edilen basınç dalgalanmalarına, değişik eş ses yüksekliği eğrileri kullanılarak, işitme sisteminin özellikle frekans ve genlik bağımlılığı yansıtılmıştır. Fiziksel basınç dalgalanmalarının, temel alınan eş ses yükseklik eğrisine göre değiştirilmesi ve yeniden biçimlendirilmesiyle elde edilen düzeylere, bu değişimi vurgulamak amacıyla ses düzeyi adı verilmiştir. Fiziksel basınç ile ilişkinin bulunmamasını yine belirginleştirmek için, ses basıncı düzeyi teriminden basınç sözcüğü düşürülmüş ve elde edilen yeni düzeyler uluslararası standartlarla tanımlı ilgili eş ses yükseklik eğrisine özgü şekilde, A-ağırlıklı, B-ağırlıklı, C-ağırlıklı vb., ses düzeyi olarak tanımlanmıştır. Burada ağırlıklama terimi, ölçülen fiziksel basınç dalgalanmasının frekansa bağımlı olarak değiştirilmesi işlemi simgelemek için kullanılmıştır. Elde edilen ses düzeyleri ise, uygulanan ağırlıklama (A, B, C gibi) ya da biçimlendirme işleminin tipine bağlı olarak dBA, dBB, dBC vb., cinsinden ifade edilmektedirler. Ağırlıklama türleri uluslararası standartlarla tanımlı olup, ses ölçümü yapmakta kullanılan cihazlarda elektronik devreler aracılığıyla ses basıncı düzeylerine uygulanırlar ve ölçüm sonuçları dBA, dBB, dBC vb., olarak elde edilirler.

Gürültü denetimi çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan A ağırlıklı ses düzeyleri, işitme sisteminin düşük yeğinlikteki seslere karşı davranışını temel almaktadır. A ağırlıklama işlemi, (Çizelge 3.2) işitme sisteminin duyarlı olduğu frekans aralığındaki (1000 Hz ile 5000 Hz) seslerin bileşenlerinin etkisini vurgulamakla birlikte, bu aralık dışında kalan frekanslardaki seslerin toplam düzeye olan etkisini, işitme sisteminin özelliklerini de dikkate alarak azaltmaktadır. Uzun yıllar boyunca sürdürülen çalışmalar sonucunda, kişilerin gürültüden kaynaklanan işitme kaybı hasarlarının A ağırlıklanmış ses düzeyleri ile ilişkilendirilmesinin en sağlıklı yaklaşım olduğu ortaya çıkarılmış ve diğer ağırlıklama biçimleri gürültü denetimi ve gürültüden etkilenim çalışmalarında yeğlenmeye başlanmıştır.

Eşdeğer sürekli ses düzeyi ya da kısaca eşdeğer ses düzeyi kararsız gürültünün ölçümü ve değerlendirilmesinde kullanılır. Genellikle ölçüm süresine karşılık gelen belli bir süre boyunca kararsız gürültü ile aynı toplam akustik ya da ses enerjisine sahip sabit düzeydeki sesin ses düzeyi olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle, kararsız gürültünün ses enerjisi açısından eşdeğeri olan kararlı gürültü ile ifade edilmesinin bir şekli olarak görülebilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, eşdeğer ses düzeyinin, kararsız gürültü düzeylerinin büyüklüğüne olduğu kadar ölçüm süresine de bağlı olduğudur. Örneğin, trafiğin gündüz çok yoğun,

Çizelge 3.2 A ve C Ağırlıklama Değerleri (dB)

	Oktav Bant Merkez Frekansı (Hz)								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A ağırlıklama	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,6	0,0	+1,2	+1,0	-1,1
C ağırlıklama	-3,0	-0,8	-0,2	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,8	-3,0

geceleyin ise oldukça seyrek olduğu bir caddede ki trafik gürültüsünün gündüz saatleri süresince ölçülecek eşdeğeri ile 24 saat boyunca ölçülecek eşdeğeri farklı olacaktır.

Eşdeğer ses düzeyi gürültü denetimi uygulamalarında A-ağırlıklı ses düzeyi olarak dBA cinsinden ifade edilmektedir. Kararsız gürültünün yönetmelik ve standartlara göre değerlendirilmesinde sıkça kullanılan eşdeğer ses düzeyinin en yaygın uygulama alanı trafik ve çevre gürültüsü ile endüstriyel gürültüdür.

Ses etkilenim düzeyi ise geçiş gürültüsü olarak tanımlanan, çok kısa süren ve birden yükseldikten sonra düşen gürültünün ölçümü ve değerlendirilmesinde kullanılır. Eşdeğer ses düzeyinde olduğu gibi A-ağırlıklı ses düzeyi olarak dBA cinsinden ifade edilir. Ses etkilenim düzeyi, geçiş gürültüsünün 1 saniye süren ve aynı ses enerjisine sahip olan sabit eşdeğer düzeyi olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle, geçiş gürültüsünün enerjisine sahip 1 saniye süren eşdeğer ses düzeyi, ses etkilenim düzeyi olarak adlandırılmaktadır. Uygulamada, değişik geçiş gürültülerinin (örneğin önümüzden geçen bir motosiklet ile bir arabanın oluşturduğu geçiş gürültüleri) karşılaştırılmasında ve değişik türden kararsız gürültülerin belli bir konumda oluşturacağı eşdeğer ses düzeylerinin hesaplanmasında kullanılır. Bir gürültünün L_{eq} olarak gösterilen eşdeğer ses düzeyi ile SEL olarak gösterilen ses etkilenim düzeyi arasından, saniye cinsinden ölçüm süresi T aracılığıyla

$$L_{eq} = SEL - 10\log T \quad (3.3)$$

şeklinde bir bağıntı yazılabilir. Değişik ses etkilenim düzeylerine (SEL) sahip N sayıda ayrı sesin toplam T saniyedeki eşdeğer ses düzeyi L_{eq}

$$L_{eq} = 10\log \sum_{i=1}^N 10^{(SEL_i/10)} - 10\log T \quad (3.4)$$

şeklinde yazılabilir. Ses etkilenim düzeyi, bir anlamda, eşdeğer ses düzeyinin Ölçüm süresi bağımlılığını gidermekte, özellikle geçiş gürültüsü gibi ölçüm süresine çok bağlı olan gürültü türünün ölçümü ve değerlendirilmesinde büyük kolaylıklar getirmektedir.

Örnek 3.1: Atatürk Bulvarının Kızılay kesiminde çalışan bir Milli Piyango bayisinin 8 saatlik bir çalışma süresi içinde etkisinde kaldığı

eşdeğer sürekli ses düzeyi hesaplanmak isteniyor. Bu süre içinde, önünden her birinin ortalama ses etkilenim düzeyi 80 dBA olan 20000 otomobil ile ortalama ses etkilenim düzeyi 86 dBA olan 1600 otobüs geçişi saptanıyor.

Tüm otomobil ve otobüs geçişlerinin bu kişide, 8 saatlik (8x3600 saniyelik) süre dikkate alındığında oluşturacağı eşdeğer ses düzeyi, Eşitlik (3.4)'ten

$$L_{eq} = 10\log\{20000(10^{80/10}) + 1600(10^{86/10})\} \\ - 10\log[8(3600)]$$

79,6 dBA olarak hesaplanabilir. Diğer bir deyişle, bu kişi 8 saat boyunca 79,6 dBA düzeyinde sabit, kararlı bir gürültünün etkisinde kalsaydı yine aynı gürültü dozunu almış ya da aynı gürültü enerjisini algılamış olacaktı.

Örnek 3.2: Bir çelik konstrüksiyon atelyesinde dairesel hız testeresi operatörü 8-saat vardiya boyunca 100 U-profil ve 200 I-profil kesiyor. Her bir kesme işlemi sırasında, U-profil için ortalama 110 dBA, I-profil için ise ortalama 106 dBA değerinde ses etkilenim düzeyi etkisinde kaldığı ölçülüyor. Operatörün 8 saat boyunca etkisinde kaldığı eşdeğer sürekli ses düzeyinin hesaplanması isteniyor.

Operatörün 8 saat süren vardiya çalışması boyunca etkisinde kaldığı kararsız gürültülerin enerjileri toplanarak 8 saat içindeki ortalama eşdeğeri Eşitlik (3.4) yardımıyla hesaplanabilir. Böylelikle sürekli eşdeğer ses düzeyi

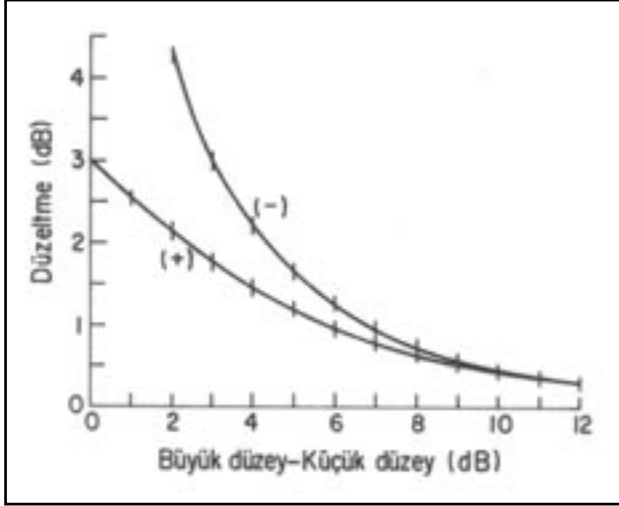
$$L_{eq} = 10\log [(100)(10^{110/10}) + (200)(10^{106/10})] - 10\log[8(3600)]$$

ifadesinden yaklaşık 88 dBA olarak bulunur. Bu ise, yukarıda ayrıntısı verilen kararsız gürültünün etkisinde kalan operatörün, 8 saat vardiya süresince sabit 88 dBA'ya eşit bir gürültünün etkisinde kalmışçasına, eşdeğer bir gürültü enerjisine maruz kalmış olması anlamını taşımaktadır.

3.2 Düzeylerle İşlem

Ses basıncı, ses gücü ve ses düzeyleri logaritmik bir ölçek ile desibel cinsinden ifade edildiğinden, bu düzeylerin kendi aralarındaki toplama ve çıkarma türünden işlemlerin logaritmik olarak yapılması gerekmektedir. Frekans içerikleri birbirinden farklı olan düzeylerle ilgili toplama ve çıkarma işlemleri, ses enerjisinin (basınç dalgalarının

rms değerlerinin karesi) toplanmasına ve çıkarılmasına dayandırılmaktadır. Bu işlemlerin matematik ayrıntılara girilmeden kolayca yapılabilmesi için Şekil 3.1'de verilen iki grafik hazırlanmıştır. Grafiklerden (+) ile gösterileni toplama, (-) ile işaretlenmiş olanı çıkarma işlemlerinde kullanılacaktır. Şekilde yatay eksen iki düzey arasındaki dB olarak fark cinsinden düzenlenmiş olup, düşey eksen ise büyük olan düzeye eklenecek (toplama işleminde) veya büyük düzeyden çıkarılacak (çıkarma işleminde) miktarı dB cinsinden vermektedir. Bu işlemler aşağıda örneklerle açıklanacaktır.



Şekil 3.1 Düzeylerle Toplama ve Çıkarma İşlemlerinde Kullanılan Grafikler

Örnek 3.3: İki farklı ses kaynağı ayrı ayrı çalıştırıldıklarında bir konumda 75 dB ve 77 dB ses basıncı düzeyleri ölçülüyor. Bu iki kaynak birlikte çalıştırılırsa aynı konumda ölçülecek toplam ses basıncı düzeyi, aşağıda anlatılan bir dizi işlem yardımıyla hesaplanabilir:

- Büyük olan 77 dB ses basıncı düzeyinden küçük düzey 75 dB'in aritmetik olarak çıkarılması ile elde edilen 2 dB fark yatay eksene girilir.
- Toplama işlemi yapılacağı için (+) işaretli grafik kullanılacaktır.
- Yatay eksende 2 dB ile gösterilen noktadan düşey bir doğru çizilir. Bu doğru (+) işaretli grafik ile kesiştirilir.
- Kesişme noktasından yatay bir doğru (yatay eksene paralel) çizilerek düşey eksen ile kesiştirilir ve düşey eksen üzerinde bu kesişme noktasına karşılık gelen sayı 2,1 dB olarak okunur.
- Değeri büyük olan ses basıncı düzeyi 77 dB'e bu 2,1 dB sayısının aritmetik olarak eklenmesiyle toplam ses basıncı düzeyi 79,1 dB bulunur. Logaritmik olarak yapı-

lan bu toplama işleminden de anlaşılacağı gibi toplam ses basıncı düzeyi, düzeylerin aritmetik toplamı olan 152 dB (75 + 77) değil, desibel toplam olarak ta nitelendirilen 79,1 dB çıkmaktadır.

Örnek 3.4: Örnek 3.2'de verilen ses kaynaklarına ek olarak üçüncü bir ses kaynağının tek başına aynı konumda oluşturduğu ses basıncı düzeyi 70 dB olarak ölçülürse, üç ses kaynağının birlikte çalıştırıldıklarında yine aynı konumda oluşturulacakları toplam ses basıncı düzeyi aynı şekilde bulunabilir. İki ses kaynağının birlikte oluşturduğu 79,1 dB, bu kez üçüncü ses kaynağının oluşturduğu 70 dB ile desibel toplama işlemi olarak da adlandırılan yöntemle, bir önceki örnekte belirtildiği şekilde, toplanacaktır.

- 79,1 dB ile 70 dB arasındaki 9,1 dB fark yatay eksene girilir.
- Toplama işlemi nedeniyle yine (+) işaretli eğri kullanılacaktır.
- Yatay eksende 9,1 dB noktasından çizilen düşey doğru (+) işaretli eğri ile kesiştirilir.
- Kesişme noktasından çizilen yatay doğru düşey ekseni 0,5 dB'de kesecektir.
- Büyük düzeye (79,1 dB) 0,5 dB sayısının aritmetik olarak eklenmesiyle üç ses kaynağının birlikte çalıştırıldıklarında aynı konumda oluşturacakları toplam ses basıncı düzeyi 79,6 dB olarak hesaplanır. Burada da toplam ses basıncı düzeyi, her bir düzeyin aritmetik toplamı 222 dB değil, desibel toplamı 79,6 dB şeklinde ifade edilmektedir.

Bu işlemlerde dikkat edilmesi gereken nokta desibel toplama işlemi sırasında her bir düzeyin yalnızca bir kez kullanılması gerektiğidir. Böylelikle, birbirine frekans içerikleri açısından benzemez sonsuz sayıdaki düzeyin ikiye ikiye, zincirleme bir şekilde desibel toplamaları yapılarak toplam düzey hesaplanabilir. Desibel toplama ve çıkarma işlemleri, ağırlıklı düzeyler de dahil olmak üzere, desibel ile nicelendirilen tüm düzeylere uygulanabilir.

Örnek 3.5: Arka plan gürültüsünün A-ağırlıklı ses düzeyinin 60 dBA olarak ölçüldüğü bir konumda, bir ses kaynağının çalıştırılmasıyla ses düzeyi 65 dBA'ya yükseliyor. O konumda bu ses kaynağının arka plan gürültüsünden arınmış olarak oluşturacağı ses düzeyini hesaplayabilmek için desibel çıkarma işleminin yapılması gerekmektedir. Bu örnekte toplam ses düzeyi ve buna katkıda bulunan iki ses düzeyinden (kaynak ve arka plan) birisi (arka plan) verilmiş bulunmakta, diğerinin hesaplanması istenmektedir. Hesaplama işlemi ba-

samakları aşağıda özetlenmiştir:

- i) Büyük olan düzeye (65 dBA) küçük düzeyin aritmetik olarak çıkarılmasıyla elde edilen 5 dBA yatay eksene girilir,
- ii) Desibel çıkarma işlemi yapılacağı için (-) işaretli eğri seçilecektir.
- iii) Yatay eksen üzerindeki 5 dBA noktasından çizilen düşey doğru (-) eğrisi ile kesiştirilir.
- iv) Kesişme noktasından çizilen yatay doğru düşey eksen 1,7 dBA noktasında kesecektir.
- v) Toplam ses düzeyi 65 dBA'dan Şekil 3.1'den bulunan 1,7 dBA'nın aritmetik olarak çıkarılmasıyla, sözü edilen ses kaynağının tek başına bu konumda oluşturacağı ses düzeyi 63,3 dBA olarak hesaplanır. Bu işlemin sağlanması 60 dBA ile 63,3 dBA değerlerindeki iki ses düzeyinin desibel toplamı yoluyla yapılabilir. Görülmektedir ki aritmetik olarak aralarında 5 dBA fark olan 65 dBA ve 60 dBA değerlerinde frekans içerikleri farklı iki ses düzeyinin desibel çıkarma işlemi sonucunda aralarındaki gerçek fark 63,3 dBA olarak belirmektedir.

Gürültünün oktav bant çözümlemesi sonuçlarından toplam ses basıncı düzeyi ve buna karşılık gelen A ve C ağırlıklanmış ses düzeyleri Şekil 3.1'deki (+) eğrisi kullanılarak elde edilebilir. Bant basıncı ya da bant düzeyleri ikiye ikiye alınarak toplam düzey değerine ulaşıncaya kadar desibel toplama işlemi gerçekleştirilir. Burada unutulmaması gereken her bant basıncı ya da bant düzeyinin bu işlemler sırasında ancak bir kez kullanılması gerektiridir.

Örnek 3.6: Kapalı bir mekanda belli bir konumda bir gürültü kaynağının çalıştırılması sonucunda yapılan oktav bant çözümlemesinin sonuçları Çizelge 3.3'te verilmiştir. Aynı konumda ölçülmesi beklenen toplam ses basıncı düzeyi ile toplam A ağırlıklı ses düzeyi istenmektedir.

Her bir oktav bant için verilen bant basıncı düzeylerinin birbirinden farklı içerikte ses yayan kaynaklardan ölçüm konumuna ulaştığı varsayımı ile bu düzeylerin ikiye ikiye desibel toplamı yapılır ve toplam ses basıncı düzeyi yukarıda anlatıldığı gibi hesaplanır. Aynı işlem oktav bant çözümlemesi sonuçlarına Çizelge 3.2 yardımıyla

Çizelge 3.3 Örnek Gürültünün Oktav Bant Çözümlemesi

	Oktav Bant Merkez Frekansı (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
L_{pi} (dB)	53	56	51	48	42	36	29
A ağırlıklama	-26,2	-16,1	-8,6	-3,6	0,0	+1,2	+1,0
L_{Ai} (dBA)	26,8	39,9	42,6	44,4	42,0	37,2	30,0

A ağırlıklama işlemi yapıldıktan sonra yinelenerek toplam ses düzeyi dBA olarak elde edilir.

İlk sıradaki bant basıncı düzeylerinin (L_{pi}) ikiye ikiye desibel toplamı işlemine tabi tutulmasıyla toplam ses basıncı düzeyi 58,3 dB olarak hesaplanır. Bant basıncı düzeylerine ikinci sırada verilen değerlerle A ağırlıklama işlemi uygulandıktan sonra elde edilen ve üçüncü sırada dBA olarak verilen bant düzeylerine de aynı işlemler uygulandığında toplam ses düzeyi 48,9 dBA olarak elde edilir. Örnekte konu edilen ses basıncı ve ses düzeyleri arasındaki fark gürültünün enerjisinin düşük frekanslarda toplanmış olmasından kaynaklanmaktadır. Eğer gürültü orta ve yüksek frekanslarda baskın enerji düzeyine sahip olma özelliği gösterse idi, toplam ses basıncı ve ses düzeyleri birbirine yakın olacaktı. Diğer bir deyişle A ağırlıklama düşük frekansları eksilterek vurguladığı için düşük frekanslardaki yüksek enerji, toplam A ağırlıklı ses düzeylerine katkıda bulunmamaktadır.

3.3 Ses Düzeyi Ölçer

Ses basıncı ve ağırlıklanmış ses düzeylerinin ölçümünü yapan cihazlara ses düzeyi ölçer denir. Sonometre ya da desibelmetre gibi adlarla da anılan bu cihazlar, temelde ses dalgalarını algılayarak elektrik sinyaline dönüştüren bir mikrofon, mikrofondan gelen sinyalleri güçlendiren yükselteç (amfi) donanımı, elektronik olarak ağırlıklama işleminin yapılmasına olanak sağlayan devreler ve ölçülen değerlerin okunduğu gösterge ve ilgili donanımdan oluşmaktadır. Pille çalışan, telsiz görünümü bu cihazların ucunda bulunan mikrofon, ses düzeyi ölçerlerin tamlik derecesine bağlı olarak sığasal (kapasitif), dinamik, basyükenimli (piezoelektrik) türlerinden bir türde olabilir. Ses düzeyi ölçerler, genelde ses basıncı düzeylerini ölçme olanaklarının yanında en az bir ağırlıklanmış ses düzeyini ölçme yeteneği ile donatılırlar. Uygulamada en çok A-ağırlıklı ses düzeyleri kullanıldığı için, ses düzeyi ölçerlerin hepsinde A-ağırlıklama ölçüm olanağı bulunmaktadır (Şekil 3.2).

Kararsız gürültü düzeylerini ölçebilmek için gösterge biriminin, iki ayrı F (fast-hızlı) ve S (slow-yavaş) yanıt özelliklerini taşıması ilkesi gözönünde tutulmuştur. Cihaz üzerinde bulunan ilgili düğmenin konumunun F'ye getirilmesi ile kararsız gürültü düzeyleri hızlı olarak izlenebilmektedir.

Eğer gürültü kararlı ise, diğer bir deyişle düzeylerde büyük sapmalar yoksa, bu düğme S konumuna alınarak gürültü ölçümleri yapılmaktadır. Bu düzeyler, ağırlıklama ile ilgili başka bir düğmeyi istenen konuma getirerek, ses basıncı düzeyi (Lin olarak gösterilmektedir), A-ağırlıklı ya da C-ağırlıklı ses düzeyi olarak ölçülebilir. Bazı özel ses düzeyi ölçerler F ve S'nin yanısıra, F'den de hızlı I ile gösterilen üçüncü bir yanıt karakteristiğine sahip olarak tasarlanmışlardır. Darbe türü gürültüler ancak ilgili düğme I konumunda iken doğru olarak ölçülebilirler. Örneğin, Gürültü Kontrol Yönetmeliğinde darbe türü gürültü ile ilgili olarak verilen 140 dBA sınırı, gürültü düzeyleri ancak I yanıt karakteristiği ile yapılan ölçümlere uygulanabilmektedir.



Şekil 3.2 Ses Düzeyi Ölçer

Gelişmiş ses düzeyi ölçerler, ses düzeylerinin zamana göre integralini almağa olanak sağlayan elektronik devreler ile donatılmıştır. Bu tür ses düzeyi ölçerler yardımıyla Eşdeğer Sürekli Ses Düzeylerini (L_{eq}) ve Ses Etkilenim Düzeylerini (SEL) ölçüm olanağı bulunmaktadır. Her iki ölçüm için gerekli integrasyon işlemi, cihaz üzerinde bulunan bir başlatma (RESET) düğmesine basılarak başlatılır. SEL ölçümü için, gürültü çıkaran işlem ya da araç gürültü yaymayı sürdürdüğü sürece ölçüm alınır. L_{eq} ölçümü ise genellikle belli bir süre için, örneğin 5 dakika, sürdürülür. Cihaz üzerindeki bir düğme, anlık ses basıncı ya da ses düzeyleri, SEL ya da L_{eq} konumlarından birine getirilerek istenen ölçüm yapılır. Burada genel çizgileri ile özetlenen ses düzeyi ölçerlerin en iyi şekilde kullanımı için yapımcı firmanın hazırladığı kullanım kılavuzlarından yararlanılması gerekmektedir.

Ölçülen düzeylerin desibel ölçeğiyle okunduğu gösterge, üzerinde bir ibre taşıyan analog veya rakamların doğrudan okunduğu sayısal (LED) tipi olabilir. Bazı gelişmiş ses düzeyi ölçerlerde ölçülen ses basıncının manyetik teyp üzerine kaydedilmesine ya da bir yazıcıdan çıktı alınabilmesine

olanak sağlayan kaydedici çıkış terminalleri ya da uçları bulunmaktadır. Yine gelişmiş ses düzeyi ölçerler, dışardan kolayca takılabilen ya da üzerlerinde mevcut elektronik süzgeç (filtre) devreleri ile ölçülen gürültünün oktav bant çözümlemesini yapma olanağına sahiptirler. Bu çözümleme ayrı ayrı her frekans bandı için yapılabildiği gibi sayısal cihazlarda tüm frekanslar için aynı anda da yapılabilmektedir. Sayısal cihazlar oktav bant çözümlemesi, dar bant frekans çözümlemesi vb ölçüm sonuçlarının gösterilmesi amacıyla bir ekran ile donatılmışlardır. Son yıllarda üretilen cihazlarda bilgisayar bağlantısı için gerekli arayüzler ve terminaller bulunmaktadır.

Ses düzeyi ölçerler, dört ayrı tamlık derecesi sınıfına ayrılmaktadırlar. Tip 0 diye bilinen ses düzeyi ölçerler, laboratuvar referans standardı olarak nitelendirilmekte ve diğer ses düzeyi ölçerlerinin kalibrasyonu ve denetimi için kullanılmaktadır. Tip I ses düzeyi ölçerler, laboratuvar çalışmalarında ve denetimli ses alanlarında kullanıma yönelik Tip 0'dan daha az hassas cihazlardır. Genel amaçlı ses düzeyi ölçerler Tip 2 olarak adlandırılmakta ve genel olarak laboratuvar dışı, saha çalışmaları için kullanılmaktadırlar. Ön çalışmalar ve gürültü düzeyleri hakkında bir fikir edinmek için kullanılabilen ses düzeyi ölçerler ise Tip 3 olarak nitelendirilmektedirler. Burada verilen sınıflandırma, ses düzeyi ölçerlerin elektronik özelliklerine ve mikrofonunun hassasiyetine göre yapılmaktadır.

Sayısal elektronik teknolojisinin son yıllardaki gelişmesinin sonucunda, belli bir ölçüm süresi içinde ölçülen en yüksek ve en düşük düzeylerin değerleri sayısal teknoloji ile üretilmiş özel ses düzeyi ölçerlerin belleklerinde saklanabilmekte ve istendiğinde göstergeden okunabilmektedir.

3.4 Gürültü Ölçümü

Gürültü ölçümünde izlenecek işlem sırası burada iki ayrı başlık altında verilecektir. İlk kısımda ses düzeyi ölçer üzerinde yapılacak işlemler özetlenecek, ses düzeyi ölçerlerin ölçüm ortamında kullanım şekli ile ilgili işlemler ikinci kısımda tartışılacaktır.

3.4.1. Ses Düzeyi Ölçer Üzerinde Yapılacak İşlemler

Her gürültü ölçümünden önce ve sonra ses düzeyi ölçer üzerinde yapılması gereken işlem sırası aşağıda verilmiştir:

- Ölçüme başlamadan önce ses düzeyi ölçerinin içindeki pillerin durumu kontrol edilmelidir. Bu işlem piller yerinde takılı dururken, ses düzeyi ölçerinin göstergesi üzerinde, imalatçı tarafından verilen kullanım kılavuzu izlenerek yapılmalıdır.

- b) Çoğu ses düzeyi ölçer içindeki elektronik devreleri aracılığıyla bir elektriksel kalibrasyon sinyali üretir. Bu sinyal mikrofon-yükselteç devresine beslenir. Bunun sonucunda, göstergede ibre sapmakta ya da sayısal değerler (sayısal olanlarda) gözükmeledir. Bu sapma göstergede belirtilen sınırlar arasında ise, ya da beliren değer imalatçının verdiği değerle aynı ise, cihazın elektriksel kalibrasyonu tamamdır. Eğer farklılıklar varsa, dışardan, çoğu kez bir küçük tornavida ile kullanım kılavuzunda belirtilen vida döndürülerek kalibrasyon işlemi tamamlanmalıdır.
- c) Akustik kalibrasyon, ses düzeyi ölçerin mikrofonunda, belli bir frekansta bilinen bir ses basıncı düzeyi veren bir ses kaynağı, diğer bir deyişle kalibratör yardımıyla yapılır. Ses düzeyi ölçerin göstergesinin, bu ses basıncı düzeyini göstermemesi durumunda bir önceki işlemde olduğu gibi yine dışarıdan ayarlama ile göstergenin bu düzey değerini göstermesi sağlanmalıdır.
- d) Ölçülecek gürültünün özelliklerine bağlı olarak, ses düzeyi ölçerin ayar düğmeleri doğru konumlarda tutulmalıdır. Bu işlem için imalatçı firmanın kullanım kılavuzu yakından izlenmelidir.

3.4.2 Ses Düzeyi Ölçerin Ölçüm Ortamında Kullanımı

Ölçüme hazır duruma getirilen ses düzeyi ölçer ile gürültü ölçümleri yapmadan önce aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir:

- a) Ölçüm yapmadan önce, ölçüm yapılan ortamdaki gürültü kaynakları, yansıtıcı yüzeyler ve ölçüm konumu bir kroki üzerine işlenmelidir.
- b) Ölçüm donanımı öğelerinin marka, tip ve seri numaraları kaydedilmelidir. Ayrıca, kullanılan mikrofonun ölçüm özellikleri ya da karakteristiği bilinmelidir.
- c) Ses düzeyi ölçer, ölçüm yapan kişiden kol boyu uzaklıkta kımıldatmadan tutulmalıdır. Böylelikle ölçülen ses alanına vücudun etkisi en az düzeyde tutulmuş olacaktır.
- d) Ses düzeyi ölçer sehpa üzerine monte edilerek ölçümler yapılacaksa, zeminin titreşimsiz olmasına dikkat edilmelidir. Titreşim etkisinde kalan mikrofonlar, ölçülecek gürültü ile ilgisiz sinyaller üreterek hatalı ölçüme neden olabilmektedir. Ses düzeyi ölçerin yüksek düzeyde gürültü etkisinde kalması durumunda kalibrasyonunda değişiklikler oluşabilmektedir. Bu durumda kalibrasyonunun sürekli yinelen-

mesi zorunlu olmaktadır.

- e) Ölçüm konumu belirlenirken ses düzeyi ölçerin manyetik alanlardan uzak tutulmasına özen gösterilmelidir.
- f) Ölçüm yapılan ortam hafif rüzgarlı bile olsa ölçümleri etkileyebilmektedir. Açık havada ve hava akışı içinde ölçüm alınırken, mikrofon üzerinde özel mahfazasının ya da koruganın takılı olması gerekmektedir.
- g) Mikrofonların çok hassas olması nedeniyle tozlu ve nemli ortamlarda ölçüm alınırken, kullanım kılavuzunun izlenmesi gerekmektedir. Aynı özen, yüksek sıcaklık-taki ortamlarda ölçüm alınırken de gösterilmelidir.
- h) Ölçüm konumu yansıtıcı yüzeylerden uzakta seçilmelidir. Konum belirlenirken ilgili standartlara ve yönetmeliklere uyulmalıdır. Örneğin, bir şantiyeden kaynaklanan gürültünün en yakın evin duvarının 1 metre dışında ölçülmesi gereği Gürültü Kontrol Yönetmeliğinin 6. Maddesinde belirtilmiştir. Motorlu araçlardan kaynaklanan gürültünün ölçülmesi için, TS 2214 numaralı standart ile verilen ölçüm koşullarının gözönüne alınması gereği bulunmaktadır. Ölçüm konumunu belirlerken, o ortamda gürültüden etkilenen kişilerin kulak konumları da gözönüne alınmalıdır.
- i) Gürültü ölçümünden önce ve ölçümler tamamlandıktan sonra ortamdaki arka plan gürültüsü ölçülerek kontrol edilmelidir. Eğer ölçülen düzeyler ile arka plan gürültüsü arasındaki fark 10 dB'den fazla ise herhangi bir işlem yapmağa gerek bulunmamaktadır. Bu fark 10 dB'den az ise, desibel çıkarma işlemi ile ölçülen düzeyleri arka plan gürültüsünden arındırmak gerekmektedir. Sözü edilen farkın 3 dB'den az olduğu durumlarda ise güvenilir ölçüm yapmak olanağı yoktur.
- i) Ses düzeyi ölçer üzerindeki ayar düğmelerinin konumları seçilirken ölçülecek gürültünün türü gözönünde bulundurulmalıdır. Gürültü düzeyleri çoğunlukla A-ağırlıklı olarak ölçüldüğünden, ağırlıklamayı belirleyen düğme dBA konumunda tutulacaktır. Kararlı gürültünün ölçümü söz konusu ise gösterge karakteristiğinin S olarak alınması ve anlık A-ağırlıklı ses düzeylerinin ölçülmesi yeterlidir. Dalgalı, kesikli ve sık aralıklı darbe gürültülerinde F gösterge karakteristiğinde, L_{eq} dBA olarak ölçülmelidir. Geçiş gürültüsü tek bir olay ise (örneğin, bir uçak geçişi) SEL konumuyla dBA olarak, trafik gürültüsünde

olduğu gibi dalgalı olma özelliğine yaklaşıyorsa L_{eq} ölçümü yapılmalıdır. Tek darbe ve patlanma gürültüsü I gösterge konumu ile dBA olarak ölçülmelidir.

- j) Ölçüm tutanağına yukarıda sözü edilen kroki ile birlikte ölçüm koşulları (sıcaklık, rüzgar, nem vb), ölçülen gürültü düzeyleri ve frekans çözümlemesi sonuçları (özellikle kararlı gürültünün çözümlenmesinde kullanılmak üzere) kaydedilmelidir.

3.4.3. Gürültü Dozu Ölçümü

Kişilerin etkisinde kaldıkları gürültü dozu, dozölçer ya da doz metre olarak adlandırılan cihazlar yardımıyla ölçülür. Dozölçer içinde zamana göre integral alma özelliği ile donatılmış ve belli bir süre içinde etkisinde kalınan gürültüyü yönetmelik, standart vb yasal belge ve dökümanlarda referans olarak belirtilen değerlere göre yüzdelik bir doz şeklinde gösteren bir cihazdır. Günde 8 saatlik çalışma süresince değişik sürelerle farklı gürültü düzeyleri ile karşı karşıya kalan işçinin aldığı gürültü dozunu L_{eq} ölçmeden doğrudan hesaplar. Ancak dozölçer ile elde edilen sonuçlar endüstriyel çalışma ortamlarında sürekli değişen gürültü düzeyleri ve çalışma koşulları nedeniyle okunan değerler yinelenemez olmayabilir. Güvenilirliği artırmak için çok sayıda kişisel ölçümler gerekebilir.



Şekil 3.3 Dozölçer

Kişisel bazda gürültüden etkilenimin belirlenmesinde önemli bir görev üstlenen dozölçerler cihaza kısa bir kablo ile bağlı bir mikrofon ile donatılmış olup, küçük ve hafif olmaları nedeniyle, günlük çalışma süresi boyunca taşıyan kişiye rahatsızlık vermeden ve çalışma fonksiyonlarına engel olmadan kişinin aldığı gürültü dozunu belirlerler. Mikrofon kulağa yakın bir konumda, örneğin gömlek yakası üzerine iliştirilmiş şekilde ölçüm yapılır. Endüstriyel çalışma alanlarında gü-

rültü düzeylerinin etkisini yakından izleyebilmek için sabit bir konumda konuşlandırılan türleri de bulunmaktadır. Gelişmiş modelleri bir veri toplayıcısı olarak işlev görebilmekte ve içindeki belleğine depoladığı gürültü dozu bilgisini üzerinde bulunan arayüz ve bağlantı olanakları ile bilgisayara aktarabilmektedir.

Dozölçer kullanımında dikkat edilecek noktalar aşağıda verilmiştir:

- Cihazın pillerinin her kullanımdan önce denetlenmesi gereklidir.
- Cihazın üst gömlek cebine, düşmeyecek şekilde konulmasına ve mikrofonunun kulağa yakın bir konuma tutturulmasına özen gösterilmelidir.
- Gürültü denetimi ile ilgili alınması gerekli kararlar ölçümlerin yinelenebilirliği ve güvenilirliği sağlandıktan sonra alınmalıdır. Bu da çok sayıda ölçüm yapılarak istatistiksel ortalamalarının alınması yoluyla gerçekleştirilebilir.
- Cihazın kullandığı referans doz değeri kontrol edilmelidir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletlerinde üretilmiş bir cihaz 8 saatlik bir çalışma süresinde 90 dBA eşdeğer sürekli ses düzeyinden etkilenim için %100 doz değerini temel almasına karşın bir Avrupa ülkesinde üretilmiş cihazlar 8 saatlik sürede 85 dBA eşdeğer sürekli ses düzeyi %100 doz olarak esas almaktadırlar.

3.5 İşyeri Gürültü Haritalarının Çıkarılması

İşyeri gürültü haritaları endüstriyel gürültü denetiminde, özellikle etkilenim değerlendirmelerinde ve işyerinde makinalar ya da gürültü kaynakları arasında denetim öncelik sıralamasının belirlenmesinde büyük önem taşır. Bu haritaların çalışma bölgeleri ve sirkülasyon alanları ile buralarda çalışan işçi sayıları ile karşılaştırılması sonucunda yapılacak değerlendirmelere bağlı olarak işyerinde gürültü denetim stratejileri oluşturulur. İşyerlerinde kararlı gürültü koşulları var ise her türlü ses düzeyi ölçer harita çıkartma amaçlı ölçümlerde kullanılabilir. Kararsız gürültü koşullarında mutlaka zamanda integral alabilme yetkinliği olan ve sürekli eşdeğer ses düzeylerini ölçebilen ses düzeyi ölçerlerin kullanılması gerekir. Bu türden gürültünün var olması durumunda değişik sürelerle farklı zamanlarda eşdeğer sürekli ses düzeylerinin ölçülmesi ve ölçüm yinelenebilirliği ve güvenilirliğinin sınanması gereklidir.

Ölçüm noktaları belirlenirken, ses düzeylerinin işyeri sınırı içindeki değişimleri gözönüne alınarak değişken uzaklık ve konumlarda ölçüm noktaları saptanabildiği gibi, işyeri büyüklüğüne bağlı ola-

rak seçilen eşit uzaklıkta ve bir karolaj oluşturan noktalar da kullanılabilir. Ölçüm konumlarının, gürültü kaynakları ya da makinalar ile duvar vb yansıtıcı yüzeylerin çok yakınında seçilmesi doğru değildir. Şekil 3.4'te Ankara'da bir hastanenin makina tesisat dairesinde 1mx1m karolaj ile ölçülmüş gürültü haritası gösterilmektedir. Renkli harita çıkarılması öngörüldüğünde renk ayrımlarının insan işitme sistemi özellikleri düşünülerek belirlenmesi yeğlenmelidir. İşitme sisteminin 2 dBA'dan daha az ses düzeylerindeki farklılığı algılayamadığından hareketle renk anahtarının ve ayırımının en az 2 dBA'lık dilimlerde yapılması yaygın bir uygulamadır. Şekil 3.5'te ise aynı gürültü haritasına temel oluşturan gürültü düzeylerinin değerleri seçilen karolaj sistemi üzerinde gösterilmiştir. Visual BASIC vb yazılımlar bilgisayarda Şekil 3.4'te verilen gösterimi elde etmede kullanılabileceği gibi Şekil 3.6'da verilen ve bir makina atelyesi içindeki ses düzeyleri dağılımını gösteren haritalar EXCEL yazılımı yardımıyla da kolaylıkla oluşturulabilir.

Kararsız gürültünün etkisinde olan büyük hacimli işyerlerinde gürültü haritası yerine yapılan ön ölçümlerle sorunlu olduğu belirlenen konumlarda ayrıntılı ölçümlerle etkilenim değerlendirilmesi ve gürültü kaynağı sıralaması gerçekleştirilebilir.

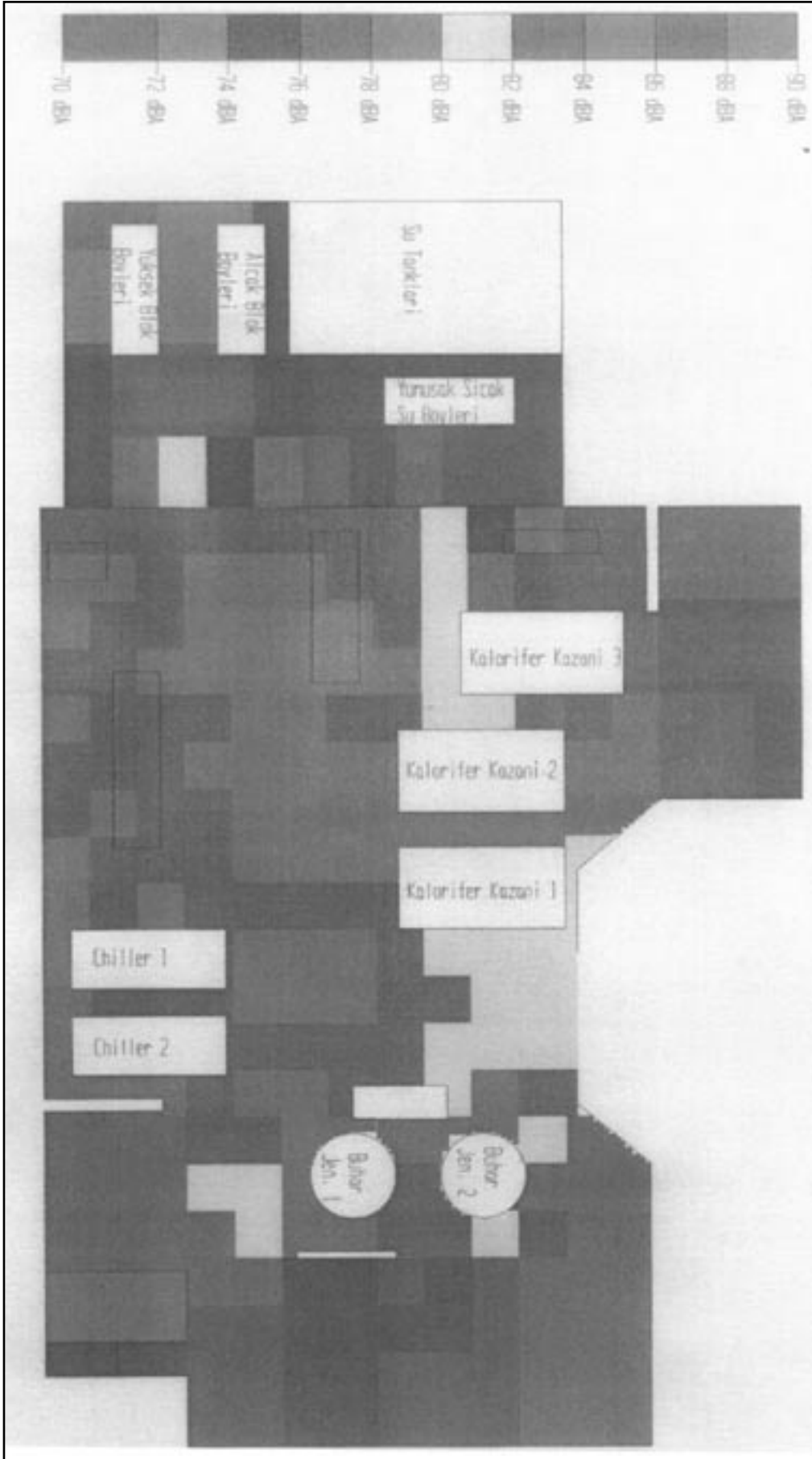
Ölçüm için gereken süreleri indiren bu yaklaşım özellikle kararsız gürültünün sürekli, kesikli, darbe vb farklı bileşenlerinin olması durumunda çekici bir çözüm olarak ortaya çıkar. Bir çelik çekme boru fabrikası üretim hollerinde yapılan bu türden çalışma bölgelerindeki gürültü etkilenim çalışması sonuçları Çizelge 3.4'te özetlenmiştir. Burada verilen kararsız gürültü değerleri, üretim kapasitesi de dikkate alınarak hesaplanmış ve 8 saat vardiya süresine göre uyarlanmış gürültü bileşeni eşdeğer ses düzeyleridir. Yapılan ölçümlerde baskın gürültü kaynağı olarak dairesel hız testereleri (sürekli ve kesikli-97/100dBA), tavlama fırını (sürekli-95 dBA) uç ve dip kesme testereleri (kesikli, SEL= 108 dBA) ve boruların taşıyıcı oluklara düşmesi şeklinde malzeme hareketleri (darbe, SEL= 107-112 dBA) belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

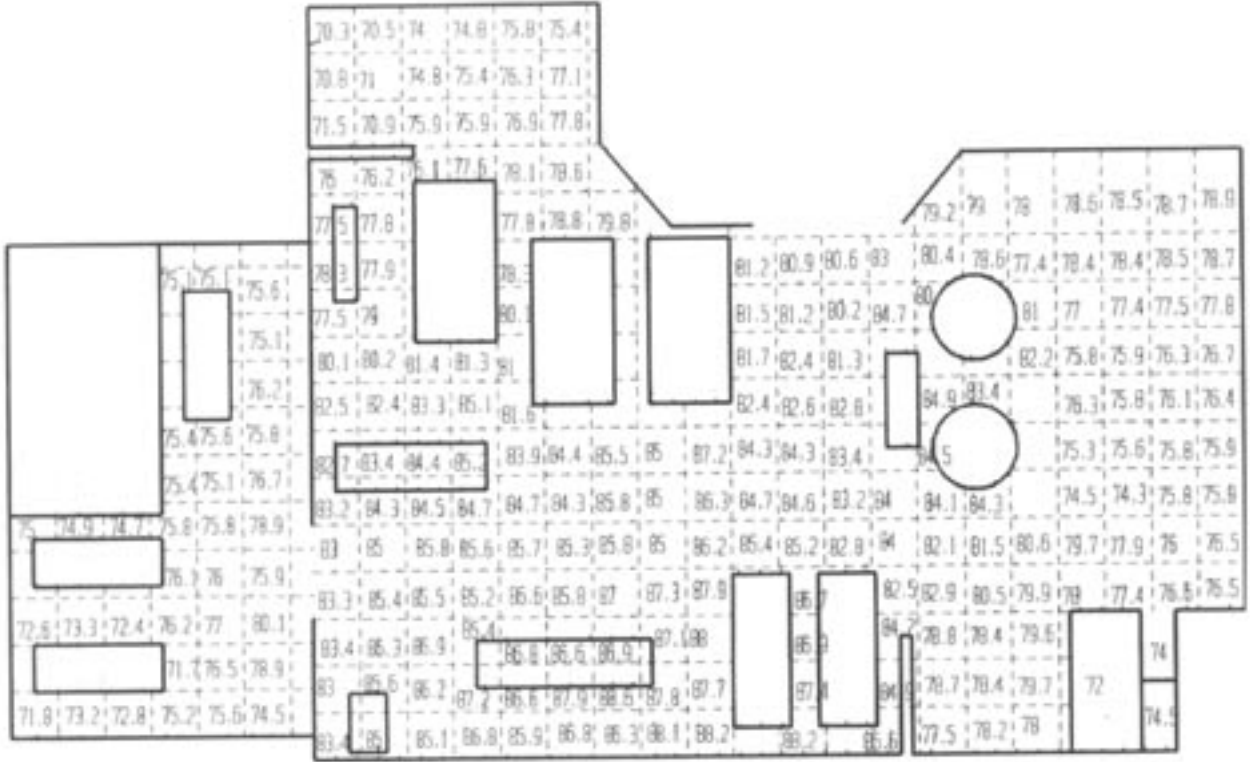
1. Kinsler,L.E., Frey,A.R.,Coppens,A.B. ve Sanders,J.V., Fundamentals of Acoustics, 4. Baskı, John Wiley & Sons,Inc.,New York, 2000.
2. Beranek,L.L., Noise and Vibration Control, McGraw-Hill Book Co., New York, 1971.
3. Bies,D.A. ve Hansen,C.H., Engineering Noise Control, Unwin Hyman Ltd, Londra, 1988.

Çizelge 3.4 Kararsız Gürültü Etkilenim Değerlendirmesi Eşdeğer Ses Düzeyleri (dBA)
(8 saat vardiya süresine uyarlanmış olarak)

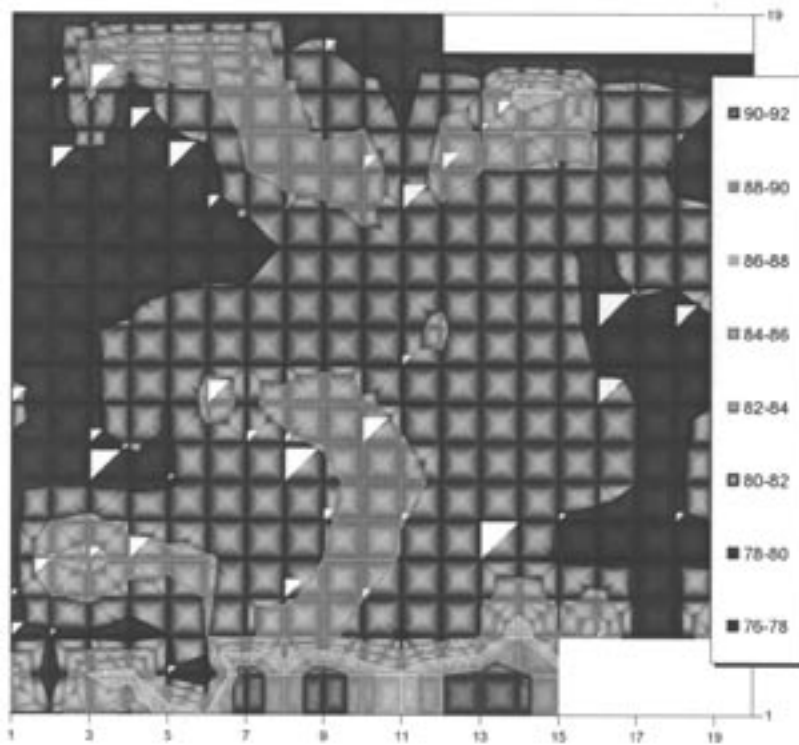
Çalışma Konumu	Sürekli Gürültü	Kesikli / Kısa Süreli Gürültü	Darbe Gürültüsü	Toplam
Taşlamacı	82	84	67	86
Tornacı	82	84	67	86
Kaynakçı	81	83	71	85
İndüksiyon Bobincisi	83	75	-	84
Yatık Pres Çevresi	90	85	77	91
Dik Tornacı	86	87	-	90
Fırın Gözcüsü	82	86	78	88
Çekme Haddesi Tornacısı	83	75	78	85
Dairesel Hız Testeresi Operatörü	91/97	96/98	-	97-100



Şekil 3.4 Ankara'da Bir Hastanenin Makina Tesisat Dairesinin Gürültü Haritası



Şekil 3.5 Ankara'da Bir Hastanenin Makina Tesisat Dairesinde ölçülen ses düzeyi değerleri



Şekil 3.6 Bir Makina Atelyesinin Gürültü Haritası

Bölüm IV

GÜRÜLTÜDEN TEKNİK KORUNMA YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. Mehmet Çalışkan

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü

4.1 Giriş

Gürültüden korunma yöntemleri olarak nitelendirilebilen Gürültü Denetimi ya da Gürültü Kontrolü, etkisinde kalınan gürültünün zararlı etkilerinden korunmak için alınabilecek tüm önlemleri içerir. Bu önlemler teknik ve yönetsel içerikli olabilir. Bir taşıttan yayılan gürültüyü denetlemek için uygun susturucunun tasarımı ve imalatı, yapıların ses yalıtımının geliştirilmesi vb., teknik önlemlerin yanı sıra trafik gürültüsünü denetlemek amacıyla hız kontrolü ve sinyalizasyon düzenlemeleri vb., yönetsel önlemler bu türden önlemlere örnek olarak gösterilebilir.

Başlangıçta çalışmakta olan makinaların gürültüsünü azaltmayı amaçlayan bu çalışmalar sonucunda makinaların tasarımı aşamasında gerekli önlemler için bilgi birikimi sağlanmış ve üretilen makina ve araçlar için hazırlanan teknik özellikler listelerinde gürültü ile ilgili sınır değerler de yer almaya başlamıştır. Örneğin, otomobillerin teknik özellikler listesinde kabin içinde sürücünün etkisinde kalacağı gürültü düzeyleri yer almaktadır. Bunun yanı sıra birçok ülkede işçilerin etkisinde kalacakları günlük gürültü düzeyleri ve etkilenme süreleri, bilimsel verilere dayanarak hazırlanmış yönetmeliklerle belirlenmiştir. Endüstriyel işletmeler de, hem işçi sağlığı, hem de verimliliği artırma açısından konuya eğilmiş ve uzmanların öncülüğünde çeşitli düzenlemelerin (işçilerin işitme duyusunun değişimlerinin ve iş yerindeki gürültü düzeylerinin sürekli izlenmesi vb.) geliştirilmesine katkıda bulunmuşlardır.

Endüstriyel işyerlerinde uygulanacak gürültü denetimi önlemleri, yönetsel (idari) önlemler ve teknik (mühendislik uygulamaları içeren) önlemler olmak üzere başlıca iki şekilde gerçekleştirilebilir. Yönetsel önlemler, işçilerin etkisinde kaldıkları gürültü düzeylerini düşürebilmek amacıyla işletme yönetiminin alacağı önlemler dizisi olarak ta nitelendirilebilir. Çıkardıkları gürültünün yönelme

özelliklerine göre makinaların konumlarının ve yönlerinin üretim süreçlerini etkilemeyecek şekilde değiştirilmesi, sürekli çalışmayan gürültülü makinaların çalışma saatlerinin düzenlenmesi ve üretim süreçlerinin planlanmasında gürültünün bir parametre olarak ele alınması türünden önlemler, makinaları kapsayan yönetsel önlemleri oluştururlar. Uzmanlaşmayı gerektirmeyen, gürültü düzeyleri yüksek işlerde kısmi statüde (part time) çalışacak işçi kiralanması (her ne kadar uygulanması yasal gerekçelerle kısıtlı olabiliyorsa da) ile gürültülü kısımlarda çalışan işçilerin, etkisinde kaldıkları gürültü enerjisi ve gürültü dozu temel alınarak, günlük çalışma sürelerinin bir kısmı gürültü düzeyi daha düşük işlerde geçirmelerinin sağlanması, işçilere yönelik yönetsel önlemlere örnek verilebilir. Tüm bu önlemlerde çalışanların etkisinde kalacağı gürültü düzeyi (enerjisi) ve etkilenme sürelerinin birlikte değerlendirildiği gürültü dozunun düşürülmesi temel amaç olarak görülmelidir. Birden fazla olası uygulanabilir önlemin varlığı durumunda en düşük gürültü dozuna neden olması beklenen önlem(ler) yeğlenmelidir.

İşyerlerinde mühendislik uygulamaları ile gerçekleştirilecek teknik içerikli endüstriyel gürültü denetimi, yönetsel önlemlerin uygulanabilir veya yeterli olmadığı durumlarda gündeme gelir. Bu tür önlemler her ne kadar mühendislik uygulamaları adı altında toplanmışsa da yürürlüğe konulmaları için yönetsel olarak bir karar düzeneğinin gerekliliği yadsınmaz. Gürültü denetim mühendisliğinin ilgi alanının büyük bir kısmına temel oluşturan bu önlemler uygulandıkları yere göre adlandırılırlar. Bu önlemler gürültünün

- kaynakta denetimi,
 - kaynak ile alıcı (etkilenen kişi) arasında kalan yolda denetimi,
 - alıcıda denetimi
- olmak üzere üç ana başlık altında incelenebilirler.

Bir endüstriyel işyerinde gürültü denetim çalışmasında en uygun ve en etkin önlemi belirlemek için aşağıdaki konuların dikkate alınması gereklidir:

- i) gürültü düzeyleri, gürültü enerjisinin frekanslara göre değişimini gösteren gürültü spektrumu ve çalışanları gürültüden etkilenimi ile ilgili değerlendirmeler,
- ii) gürültü yayan ses kaynaklarının sayısı ve önem sıralaması,
- iii) gürültü kaynaklarının gürültü yayma biçimleri ya da mekanizmaları,
- iv) üretim süreçlerinin ve makinalarının çalışma özellikleri ve karakteristikleri,
- v) işyerinin kapalı mekan akustiği ile ilgili özellikleri,
- vi) işyerinin yürütülen üretim işlevi açısından özellikleri,
- vii) önlemleri getireceği mali yük olarak tanımlanabilen gürültü denetim ekonomisi.

Makina ya da süreç tasarımı ile doğrudan ilişkisi olan, gürültünün kaynaқта denetimi tüm endüstriyel gürültü denetimi yöntemlerinin en etkili olanıdır. Burada güdülen temel amaç ses kaynağından yayılan ses gücünün ya da ses gücü düzeyinin mühendislik uygulamaları ile düşürülmesidir. Eğer makinaların ya da süreçlerin tasarımı aşamasında gürültü için herhangi bir önlem alınmamış ve gürültünün kaynaқта denetimi seçeneği seçilmiş ise, öncelikle makina üzerindeki ya da süreç ile ilintili gürültü kaynakları, bu kaynakların toplam gürültüye katkıları ve gürültü çıkarma düzenekleri araştırılmalıdır. Günün teknolojik koşullarında gerçekleştirilebilecek tasarım değişiklikleri ve bunların birlikte getireceği gürültü düzeyindeki azalmalar önceden hesaplanarak desibel (dB ya da dBA) olarak saptanmalıdır. Ayrıca, bu tür değişikliklerin veya geliştirmelerin Türk Lirası cinsinden maliyeti belirlenmeli ve her gürültü kaynağı için elde edilen tutarı o kaynaқтаki değişikliklerden sonra beklenen gürültü düzeyi azalmasına bölerek (TL/dB ya da TL/dBA) cinsinden kaynaқта gürültü denetim ölçütü (KGDÖ) oluşturulmalıdır. En düşük KGDÖ değerini içeren olası değişiklik veya geliştirme seçeneği öncelikle uygulamaya konulmalıdır. Diğer bir deyişle önlemin gerçekleştirilme maliyeti ve elde edilmesi beklenen gürültü azalması birlikte düşünülmelidir.

Gürültünün alıcı ile kaynak arasında kalan yolda denetlenmesi tam veya yerel odacıklar (hücre, kabin), ses engelleyici perdeler (bariyerler), susturucular, ve işyeri ortamının akustik özelliklerinde (ses yutma kapasitesinde) değişiklikler aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Ayrıca, işçi ile gürültü kaynağı arasındaki uzaklığın arttırılması da bu tür denetim yöntemlerinden biridir. Sözü edilen önlemlere, genel olarak, üretimde olan makinalar üzerinde tasarım değişikliği yapılmak istenmediği, ve/veya

gürültünün kaynaқта denetimi için gerekli teknolojinin bulunmadığı durumlarda başvurulur. Ortam akustiğinde yapılacak değişikliklerin (duvarların ve tavanın ses yutucu malzeme ile kaplanması gibi) gürültülü makina başında çalışan ve makinadan doğrudan gelen seslerin etkisinde olan işçiye çok sınırlı ölçüde yararı olacağı bilinmelidir. Daha büyük yarar, gürültülü makinadan uzakta çalışan ve işyeri yüzeylerinden yansıyan seslerin baskın olarak etkisinde kalan kişiler üzerinde duyulacaktır.

Gürültünün alıcıda denetimi yönteminin, diğer önlemlerin yeterli olmadığı ya da uygulanmadığı durumlarda, ya da hızlı ve acil çözüm gerektiğinde, tek çıkar yol olarak kullanılması önerilmektedir. Gürültünün etkisinde kalan çalışanlara kulaklık, manşon ve kulak tıkacı vb kişisel koruyucular kullanılmak en yaygın denetim şeklidir. Ancak etkisinde kalınan gürültüye uygun en etkili kişisel koruyucunun belirlenmesi teknik uzmanlık gerektirir. Bunun için işyerinde çalışanların etkisinde kaldıkları gürültünün izgesel çözümü (spektrel analizi) ve kişisel koruyucuların ses azaltma özelliğinin frekansa göre değişimi bilinmelidir. Diğer bir denetim şekli ise işçilerin makinaların başında bulunmalarının gerekli olmadığı durumlarda uygulanabilir. İşyeri içinde gürültülü bölgelerde yapılacak bir gürültü yalıtım odası ya da kabin içindeki çalışanlar, daha az gürültü dozunun etkisinde kalarak içeriye yerleştirilecek göstergelerden üretimi rahatça denetleyebilirler.

4.2 Gürültünün Kaynağında Denetimi

Denetimi yapılacak olan gürültü kaynakları mekanik sürtünmeden darbeye, mekanik titreşimden akışkan türbülansına kadar değişik nitelikli olabilirler. Ayrıca, bu kaynaklar birbirlerine neden-sonuç ilişkileri ile de bağlıdır. Örneğin, bir preste oluşan darbe kuvvetleri diğer parçaların (gövde plakaları gibi) titreşimine neden olabilirler ve yağlamanın düzenli yapılamadığı yerlerde sürtünme ile gürültü doğurabilirler. Hava kanallarındaki akışkan hareketinin doğurduğu türbülansın kanalların titreşmesine neden olabilmesi de bu tür etkileşimin bir diğer örneğidir.

Titreşen bir cismin yaydığı akustik ya da ses gücü (W) [Watt] cinsinden, o cismin alanı (S) [m²], havanın yoğunluğu (ρ) [kg/m³], sesin havada yayılma hızı (c) [m/s], hem zaman hem de yüzey üzerinde alınan ortalama yüzey titreşim hızı (V) [m/s] ve sesin boyutsuz yayılım verimliliği (σ) cinsinden aşağıdaki eşitlikte verilmiştir:

$$W = \sigma \rho c S V^2 \quad (4.1)$$

Bu eşitlikte frekans bağımlılığın yüzünden saptanmasında güçlüklerle karşılaşılacak verimlilik değişkeni bir yana bırakılır ve yüzey alanı dışındaki bütün değişkenler aynı kalırsa, titreşen cismin

yüzey alanının yarıya indirilmesi ses gücü düzeyinde 3 dB'lik bir azalmaya neden olacaktır. Aynı şekilde, titreşim alanının yerine yüzey titreşim hızının yarıya düşürülmesi ses gücü düzeyinde bu kez 6 dB'lik bir azalmayı getirecektir. Havanın yoğunluğunun etkisini azaltmak için titreşen cismi vakumda çalıştırmak ya da sesin yayılma hızını düşürmek için ortamı soğutmak bugünün koşullarında uygulanabilir görünmemektedir.

Hava jetlerinin doğurduğu ses gücü, havanın lüleden çıkış hızının sekizinci kuvveti ile doğru orantılıdır. Bu hızın yarıya indirilmesi ses gücü düzeyinde 24 dB'lik bir azalmaya neden olacaktır. Üfleçler (fan ,blower vb) ise havanın hızının beşinci kuvveti ile doğru orantılı olarak ses gücü üretirler. Üflenen hava hızının yarıya düşürülmesiyle ses gücü düzeyinde 15 dB'lik bir azalma görülecektir.

Birden ivmelenmeden doğan darbe gürültüsünün gücü ise, ulaşılan ivmenin karesiyle doğru orantılı olarak değişmekte olup, bu ivmenin yarıya indirilmesi ses gücü düzeyinde 6 dB'lik bir düşüşü doğuracaktır. Darbe kuvvetlerinin neden olacağı titreşimler de gözönüne alındığında, bu değişikliğin etkisi, ses gücü düzeyinde daha büyük azalma şeklinde ortaya çıkacaktır.

Sürtünmenin neden olduğu gürültü için herhangi bir çözümsel yaklaşım bulunmamakla birlikte uygulamada edinilmiş deneyler, düzenli bir yağlama programının geliştirilmesi durumunda, örneğin dişlilerde 2 dB'e kadar, gürültü azalması sağlanacağını göstermiştir. Ayrıca, sürtünme bölgesinde farklı malzemeler kullanılmasının ve sürtünme yüzeylerinin düzgünleştirilmesinin gürültü düzeylerinde düşmeye neden olacağı gözlenmiştir. Dişlilerin üzerinde bulunduğu millerin paralellığının ayarlanması yoluyla elde edilebilen 8 dB'e kadar bir gürültü düzeyi düşüşü, düzenli bir bakım programının gürültü denetimi için ne kadar gerekli olduğunu ortaya koymaktadır.

Gürültüye neden olan parçanın, malzemesi farklı bir eşyle veya aynı işlevi göreceğ bir eşdeğeri ile değiştirilmesi başarılı olarak denenmiş gürültünün kaynağa denetimi yöntemlerinden biridir. Çizelge 4.1 dişliler için böyle bir yaklaşımı özetlemektedir .

Çizelge 4.1 Dişlilerde Malzeme veya Parça/Süreç Değişimi Yoluyla Elde Edilen Gürültü Düzeyi Azalması

Değişiklik	Azalma (dB)
Çok aşınan yerine yenisi	3 ile 10
Daha iyi kalite	5 ile 15
Düz dişli yerine spiral veya helis dişli	2 ile 6
Metal yerine metal olmayan dişli	3 ile 5
Dişli yerine kayış	5 ile 15

Titreşim denetimi yöntemlerinin uygulanmasıyla makina elemanlarının titreşim özyapısında oluşturulan değişiklikler ilgili elemandan yayılan ses gücü düzeyini genelde düşürürler. Bu yöntemler

- titreşim kaynağında,
- titreşimin iletim köprüsünde,
- gürültüye neden olan yüzeylerde

olmak üzere üç değişik yerde uygulanabilirler. Titreşim kaynağında alınacak önlemler dengeleme bozukluğu, darbe, sürtünme, akışkan türbülansı gibi nedenlerden doğan titreşim kuvvetlerinin genliklerinin düşürülmesine ya da baskın frekanslarının mühendislik tasarımı yöntemleri kullanarak değiştirilmesine yöneliktir. Titreşim iletim köprüsünde üzerinden enerji iletimini azaltmak için uygun direngenlik (elastikiyet) özelliklerini taşıyan bağlayıcı elemanlar kullanmak ve köprüye sönümleyici malzeme eklemek alınması olası mühendislik önlemleridir. Gürültüye neden olan yüzeylerde titreşim denetimi, kütle arttırımı, yüzeye tabaka şeklinde sönümleyici malzeme tutturulması, yüzeyin direngenliğinin değiştirilmesi gibi önlemlerle gerçekleştirilir. Sönümleyici malzemelerin etkinliği, yüzeylerin doğal frekanslarında (diğer bir deyişle rezonanslarında) titreşmeleri ile etkileyen kuvvetlerin darbe, geçişli veya rasgele (enerjisi çok geniş frekans aralığına dağılmış) özelliğini taşımaları durumlarında oldukça artar.

Makinaların üzerine oturdukları yüzey ile aralarına yerleştirilen, yay ve sönümleyici özellikleri taşıyan bağlantı elemanları, makinalarda üretilen titreşim kuvvetlerinin oturdukları yüzeye iletiminin sınırlandırılmasına olanak sağlarlar. Titreşim Yalıtımı adı verilen çalışmalar kapsamında tasarımı yapılan ya da seçilen uygun bağlantı elemanları (ya da çok kullanılan deyimle pabuçlar) yardımıyla yüzeye iletilen kuvvetlerin olabildiğince azaltılması mümkündür. Titreşim yalıtımı özellikle düşük frekanslarda gürültü azalmasına neden olarak gürültü denetimine katkıda bulunur.

4.3 Gürültünün Kaynak ile Alıcı Arasındaki Yolda Denetimi

Gürültünün kaynak ile alıcı arasındaki yolda denetlenmesi, gürültünün kaynağında denetlenmesinin mümkün olmadığı durumlarda gündeme gelir. Halihazırda çalışmakta olan bir endüstriyel işletmede gürültüyü kaynağında denetlemek üretim süreçleri ve yöntemleri ile ilgili temel değişiklikleri zorunlu kıldığı durumlarda gürültüyü yayılma alanında ya da patikasında denetlemek kaçınılmaz hale gelir. Gürültüyü kaynağında denetleme seçeneği ile karşılaştırıldığında daha hızlı, daha ekonomik ve daha kolay uygulanabilir çözümler sunar.

Üretim süreçlerine müdahalede bulunmayan bir gürültü denetimi yaklaşımı olarak değerlendirilir ve bu özelliği nedeniyle kapsamındaki yöntemlerin çekiciliği belirgin hale gelir.

Gürültünün kaynak ile alıcı arasındaki yolda denetimi yaklaşımı kapsamındaki önlemlerin değerlendirilmesinde Gürültü Azalması (NR) ve Gürültü Kaybı (IL) parametreleri kullanılmaktadır. Gürültü azalması bir kabinin ya da hücrenin duvarının iç ve dış yüzeylerinde ölçülecek gürültü düzeylerinin farkı ya da her hangi bir duvarın iç ve dış yüzeyleri arasında oluşacak gürültü düzeylerinin farkı olarak tanımlanır. Frekansa göre değişim gösteren gürültü azalması dB ya da dBA cinsinden ifade edilir. Gürültü azalması gibi frekansın bir fonksiyonu olarak değişen Gürültü Kaybı (IL), belirlenmiş bir konumda ölçülecek, gürültü denetim önlemi alınmadan ve gürültü denetim önlemi alındıktan sonra oluşan gürültü düzeylerinin farkı olarak tanımlanır. Örneğin, gürültü kaynağı bir makinanın üzerine inşa edilen bir hücrenin uzığında bir konumda hücre yerine konulmadan önce ve konulduktan sonra oluşan gürültü düzeyleri arasındaki fark bu gürültü denetim önleminin neden olduğu gürültü kaybını verir. Hücrenin iç ve dış yüzeylerinde oluşan gürültü düzeyi farkı ise hücrenin gürültü azalmasını verecektir.

4.3.1 Gürültü Kaynağı ile Alıcı Arasındaki Uzaklığın Artırılması

Gürültü kaynağı ile alıcı arasındaki uzaklığın artırılması ile alıcı ya da etkilenen kişinin etkisinde kaldığı gürültü düzeyleri azalır. Serbest alan (yansıtıcı yüzeylerin bulunmadığı ya da bu tür yüzeylerin etkilerinin ihmal edilebilir boyutlarda olduğu durum) koşullarının geçerli olduğu bölge ya da konumlarda ters kare yasası diye bilinen bir bağıntı yardımıyla kaynaktan değişik uzaklıklarda bulunan kişilerin etkisinde kaldığı gürültü düzeyleri kolaylıkla hesaplanabilir. Gürültü kaynağından r_2 uzaklıkta ölçülmesi beklenen L_{p_2} düzeyi r_1 uzaklığında bilinen L_{p_1} düzeyi cinsinden dB olarak

$$L_{p_2} = L_{p_1} - 20 \log (r_2 / r_1) \quad (4.2)$$

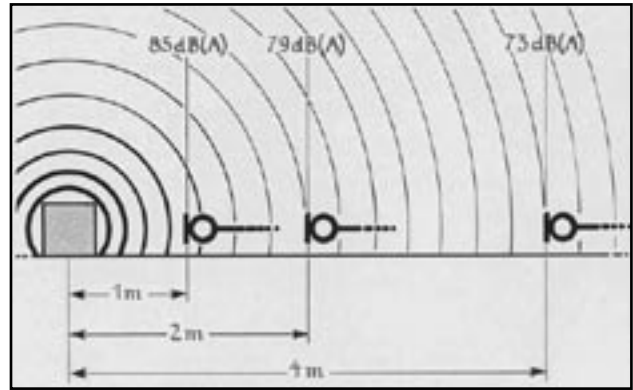
ile verilen ters kare yasası bağıntısı ile bulunabilir. Havanın özellikle 1000 Hz'in üzerindeki yüksek frekanslarda etkili olan ses yutumunun ihmal edildiği bu yaklaşım ile özellikle düşük frekanslarda enerjisi yoğun olan gürültünün kestirimini yapmak olasıdır. Yüksek frekanslarda ve uzak mesafelerde havanın ses yutumu, yayılan gürültü enerjisini azaltmakta etkili olacağından bu durumda Eşitlik 4.2 ile serbest alan koşullarında hesaplanacak düzeylerin gerçek düzeylerden daha yüksek olması beklenir. Serbest alan koşulları yalnızca buğday tarlası vb açık alanlarda geçerli olmayıp üretim holleri vb kapalı mekanlar içinde de oluşabilir. Ancak bu koşulların kapalı mekanlar içinde varlığının ölçümler yoluyla doğrulanması gerekir.

Serbest alan koşulları kaynaktan olan uzaklığın ikiye katlanması durumunda gürültü düzeylerinde elde edilecek 6 dB azalma ile özdeşleşmiştir. Ölçümlerde bu özellik benzeri bir doğrulama amaçlanır (Şekil 4.1) .

Havanın ses yutumu miktarını hesaplamak için 20 °C ortam sıcaklığı için geliştirilen aşağıdaki eşitlik kullanılabilir:

$$D = (7,4)(10^{-8})(f^2 \cdot r) / \phi \quad (4.3)$$

Burada D, dB cinsinden ses (basıncı) düzeyinde oluşacak azalmayı, f sesin frekansını, r ilgili konumun gürültü kaynağından metre cinsinden uzaklığını, ϕ ise yüzde olarak havanın bağıl nem'i'ni simgelemektedir. Ses düzeyindeki düşme miktarı frekansın karesiyle doğru orantılı olduğu için yüksek frekanslar daha belirgin olarak yutulacak ve ses uzakta boğuk olarak işitilecektir. Havanın bu özelliğinin gürültü denetiminde kullanımına uygulamada sıkça rastlanmaktadır. Şekil 4.2'de gösterilen baca üzerindeki fanın çıkardığı gürültünün baskın frekansı fanın dönme hızı ile kanat sayısı çarpımına eşit olacaktır. Uzaktaki yerleşim birimlerinde gürültü rahatsızlığı doğuran bu durum (üstteki şekil), fanın kanat sayısı artırılarak baskın frekansın yükseltilmesi (alttaki şekil) ve havadaki ses yutumunun yeni yüksek frekansta daha da artırılması ile aşılabilecektir.

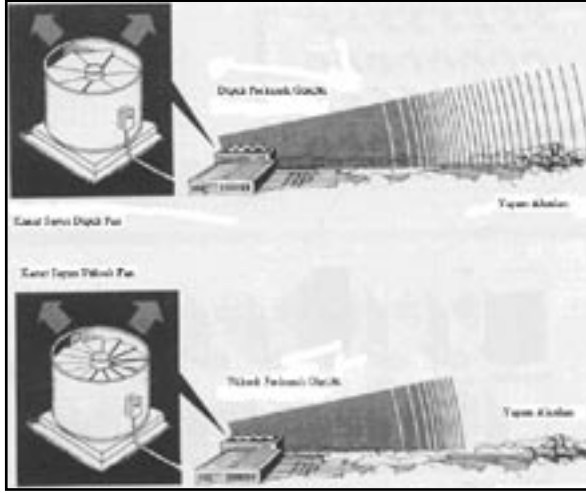


Şekil 4.1 Ses Dalgalarının Serbest Alanda Yayılması

4.3.2 Mekanların Akustik Özelliklerinin Değiştirilmesi

Kapalı mekanların akustik özelliklerinin değiştirilmesi ile ses yutma kapasitelerinin mekanlara ses yutucu malzeme ve öğeler eklenerek artırılması amaçlanır. Burada ana felsefe, mekanı çevreleyen duvarlardan ve diğer yapı elemanlarından yansarak mekan içine dönen seslerin enerjisinin ses yutumu ya da soğurma diye adlandırılan bir sönümlenme mekanizması marifetiyle azaltılması olarak özetlenebilir. Bu süreçte ses enerjisinin azalma miktarına eşdeğer bir enerji ısı enerjisine dönüştürülür. Ses yutucu olarak nitelendirilen malzemeler genellikle lifli yapı içerdiklerinden bu dönüşüm ses

dalgaları ve lif/elyaf ile liflerin birbirleriyle göreceli hareketi sonucunda oluşan sürtünme mekanizması yoluyla gerçekleşir. Ses dalgaları çok düşük enerji içerdiklerinden dönüşüm sonucunda malzemede ve ortamda kayda değer ölçüde bir sıcaklık artışı yaşanmaz. Etkili ses yutucu malzemelere örnek olarak camyünü, taşıyünü vb lifli malzemeler ile açık gözenekli köpük türünden malzemeler verilebilir. Diğer bir ses yutma mekanizması ses dalgalarının havada yayılması sırasında oluşur. Havanın vizkozitesi ile hava içindeki ısı iletimi bu oluşumun başlıca nedenleridir. Yüksek frekanslarda etkili olan bu türden ses yutumu sıcaklık ve havadaki neme bağlı olarak değişir. Ayrıca, kapalı mekan içindeki kişiler, eşyalar vb öğeler ses yutma özelliği de gösterir. Kişilerin ses yutumu giyinme şekillerine, elbiselerinin kalınlığına ve türüne, kapladıkları alana göre değişim gösterir.



Şekil 4.2 Fan Gürültüsünün Havanın Ses Yutumu ile Denetimi

Malzemelerin ve yüzeylerin ses yutma özelliğini, ses yutma katsayısı olarak bilinen ve α ile gösterilen bir parametre ile nicel olarak ifade etmek olasıdır. Yüzey ya da malzeme tarafından yutulan sesin enerjisinin yüzey üzerine düşen ya da çarpan ses enerjisine oranı ses yutma katsayısı olarak tanımlanır. Yutulan ses enerjisi yüzeye gelen ses enerjisinden daha küçük olacağı için ses yutma katsayısı değeri 0 ile 1 arasında değişir (Çizelge 4.2).

Malzemelerin ses yutma katsayısı aşağıda verilen parametrelere bağlı olarak değişim gösterir:

i) **Frekans:** Ses yutma katsayısı genellikle sesin frekansı ile artan bir değişim gösterir. Diğer bir deyişle

ses yutma katsayısı frekansa bağlıdır ve düşük frekanslardaki değeri daha düşüktür. Ses yutma katsayıları uluslararası standartlara göre ölçülür ve genellikle 125 Hz ile 4000 Hz arasındaki oktav bantlarda gösterilir.

- ii) **Malzeme Özellikleri:** Ses yutma katsayısı genellikle malzemenin yoğunluğu ve kalınlığı arttıkça artar. Malzemenin gözenekli ve/veya lifli yapısı ses yutma katsayısını artırır. Malzemenin etkin porositesi (hava ile bağlantılı gözeneklerin hacminin toplam malzeme hacmine göre büyüklüğü) ses yutma katsayısını baskın olarak etkiler.
- iii) **Malzemenin Montaj Şekli:** Ses yutma katsayısı malzeme arkasındaki yüzeyden (rijit duvar ya da başka bir yapı elemanı) uzakta, bir hava boşluğu bırakılarak yerleştirildiğinde genellikle artar. Süpermarket, ofis vb mekanlarda asma tavan uygulaması buna en belirgin örneği oluşturur. Ancak, ses yutucu malzemenin arkasındaki boşluğun derinliğine bağlı olarak bazı frekanslarda ses yutma katsayısında düşmeler gözlemlenebilir. Bu durum, aradaki hava boşluğunda oluşan durağan ses dalgaları ile ilintilidir.
- iv) **Kapalı Mekanın Geometrisi ve Boyutları:** Ses yutucu malzemeler geometrisi ve boyutları farklı olan kapalı mekanlarda değişik ses yutma performansları gösterebilir. Geometri ve boyutlar arasındaki ilişki kapalı mekan içinde yansıyan seslerin ses yutucu malzeme üzerine gelme/düşme açılarını, dolayısı ile malzemenin ses yutma başarımını (performansını) etkiler.
- v) **Malzemenin Kapalı Mekan İçinde Konumu:** Mekanın yalnızca bir yüzeyi üzerine yerleştirilen ses yutucu malzeme, birbirine komşu iki yüzeye toplam yüzey alanı aynı tutularak yerleştirilmesine oranla daha düşük ses yutma performansı gösterir.

Çizelge 4.2 Bazı Malzemelerin Ses Yutma Katsayıları

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

Kapalı mekanlarda ses yutucu malzeme ekleyerek ses yutma kapasitesini artırmak yoluyla uygulanan gürültü denetim önleminin değerlendirilmesi, oluşan Gürültü Kaybı (IL) değerlerine göre yapılır. Gürültü Kaybı değerleri de frekansa bağlı olarak bir değişim gösterecektir. Gürültü Kaybı aşağıda verilen eşitlik yardımıyla dB cinsinden hesaplanabilir:

$$IL = 10 \cdot \log \left[\frac{\left[\frac{Q_0}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{R_0} \right]}{\left[\frac{Q_n}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{R_n} \right]} \right] \quad (4.4)$$

Burada r , istenen gürültü kaybına konu olan alıcı konumunun gürültü kaynağından uzaklığını metre cinsinden ifade etmektedir. R_0 ve R_n ise kapalı mekanda ses yutucu eklemesi yapılmadan önce ve yapıldıktan sonra oda sabiti değerlerini göstermektedir. Başlangıç durumunda oda sabiti her frekans bandında

$$R_0 = \frac{S \cdot \alpha_0}{1 - \alpha_0} \quad (4.5)$$

eşitliğinden elde edilebilir. Burada S , mekan iç yüzeylerinin toplam alanını, α_0 ise mekanın başlangıçtaki ortalama ses yutma katsayısını simgeler. Ses yutucu malzeme eklemesi yapıldıktan sonra elde edilen mekanın yeni ortalama ses yutma katsayısı α_n başlangıç değerinden daha yüksek olacaktır. Yeni durumda oluşan mekanın yeni oda sabiti R_n ise

$$R_n = \frac{S \cdot \alpha_n}{1 - \alpha_n} \quad (4.6)$$

eşitliğinden hesaplanabilir. Yeni oda sabiti de başlangıç değerinden daha yüksek olacaktır. Kapalı mekanın ortalama ses yutma katsayısı α , S_i yüzey alanına sahip i yüzeyinin α_i ses yutma katsayısı cinsinden

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i S_i}{\sum_{i=1}^N S_i} \quad (4.7)$$

eşitliğinden hesaplanabilir. Yönelme Faktörü θ_q ise ses (gürültü) kaynağı ile doğrudan ilgili olup kaynağın yönlere göre ses yayma özelliğini ya da

tercihini ifade etmektedir. Boyutsuz bir büyüklük olan yönelme faktörü, 'belli bir ses gücüne sahip bir ses kaynağından r uzaklıkta ve θ açısız konumda oluşan ses basıncının karesel ortalamasının aynı ses gücünde her yöne düzgün ve eşit şiddette ses yayan küresel bir kaynağın aynı r uzaklığında oluşturacağı ses basıncının karesel ortalamasına oranı' şeklinde tanımlanır ve frekansa bağlı olarak değişir. Bu nedenle özetlenen tüm hesaplamaların her oktav bantı için ayrı ayrı yapılma zorunluluğu vardır. Her yöne düzgün ses yayan küresel bir ses kaynağının kapalı mekan içinde yerleştirildiği konuma göre farklı yönelme özelliği göstermesi kaçınılmazdır. Yönelme faktörü, kaynak havada asılı şekilde çalıştırıldığında 1, bir yüzey (tavan, döşeme, duvar vb) üzerine yerleştirildiğinde 2, iki yüzeyin kesişme çizgisine konulduğunda 4 ve köşelere konulduğunda 8 değerini alır.

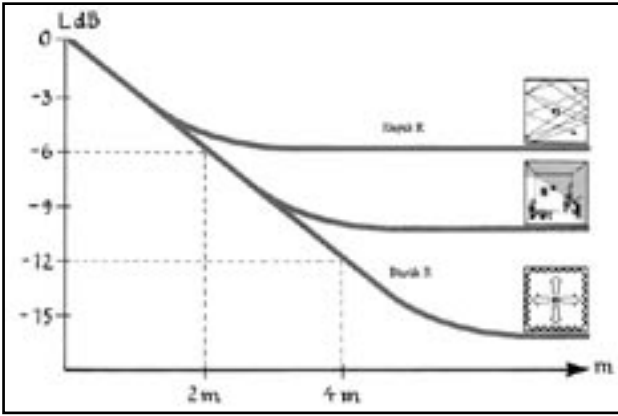
Yukarıda belirtildiği üzere bu tür denetim yöntemi mekan iç yüzeylerinden yansıyan seslerin enerjisini ses yutma yoluyla azaltmayı amaçladığından en büyük yararı mekan içindeki gürültü kaynaklarından uzakta bulunan ve işyeri duvarları ile tavanından yansıyan seslerin baskın olarak etkisinde kalan çalışma bölgelerinde sağlayacaktır. Ortam akustiğinde yapılacak değişikliklerin (duvarların ve tavanın ses yutucu malzeme ile kaplanması gibi) gürültülü makina başında ya da çok yakınında çalışan ve makinadan baskın olarak doğrudan gelen seslerin etkisinde olan işçiye çok sınırlı ölçüde yararı olacaktır.

Belli bir ses gücü düzeyine (L_w) sahip bir ses kaynağının kapalı bir mekanda çalıştırılması ile mekan içinde oluşacak ses basıncı düzeylerinin kaynaktan uzaklığa ve oda sabiti değerlerine göre değişimi Şekil 4.3'te verilmektedir. Ses basıncı düzeyinin ya da ($L_p - L_w$) değerlerinin sabit kaldığı veya kaynaktan uzaklığa bağlı olarak değişmediği dağılık alan adını alan bölgeler, yansıyan ses dalgalarının kaynaktan doğrudan gelen ses dalgalarına baskın olduğu konumları simgelemektedir. Şekil 4.3'ün incelenmesi sonucunda aşağıdaki gözlem ve irdelemeler yapılabilir:

- i) Oda sabitinin çok büyük değerler alması durumunda mekan içinde ortalama ses yutma katsayısı da çok yüksek değerler alacağından serbest alan koşullarına yaklaşılabilecek (uzaklığın iki kat artması ile ses basıncı düzeylerinde 6 dB düşme) ve ses alanı kaynaktan doğrudan gelen ses dalgalarının baskın olması ile özdeşleşecektir.
- ii) Kaynağa sabit uzaklıktaki bir konumda oda sabiti artırıldıkça daha düşük ses basıncı düzeyleri ölçülecektir.
- iii) Ses kaynağına yakın konumlarda oluşacak ses basıncı düzeyleri oda sabitindeki değişimlerden çok az etkileneyecektir. Diğer bir

deyişle oda sabitinin artırılması gürültü kaynağı olan makinalara yakın çalışan işçi ve operatörlere hissedilir bir yarar sağlamayacaktır.

- iv) Ses kaynağından uzaklaştığında, oda sabitinin çok büyük değerleri dışında, yansımaların baskın olduğu dağınık alan koşulları geçerlilik kazanmaya başlayacaktır. Oda sabiti arttırıldıkça dağınık alan kaynağın daha uzağında oluşmaya başlayacaktır.
- v) Kaynağın uzağında dağınık alan koşullarının geçerli olduğu bölgelerde, oda sabitinin 2 kat artırılması ses basıncı düzeylerinde 3 dB azalmaya neden olacaktır. Diğer bir deyişle üretim hollerinde gürültülü makinalardan uzakta çalışanların etkilenimi böyle bir uygulama sonucunda 3 dB düşecektir.



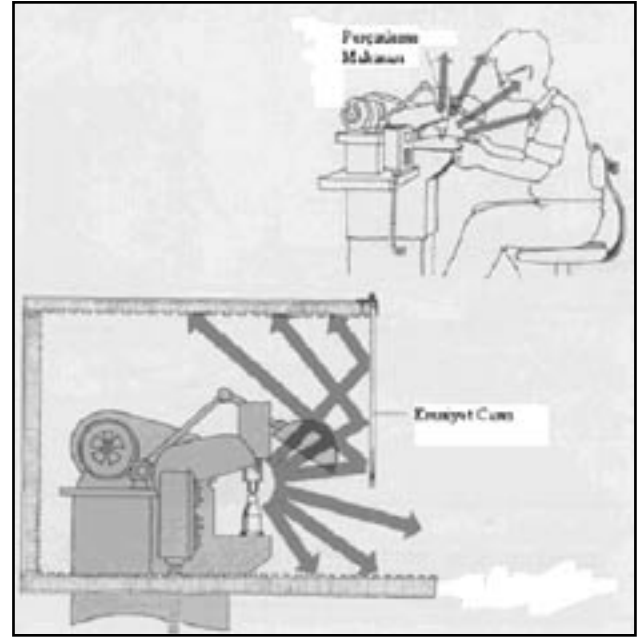
Şekil 4.3 Ses Basıncı Düzeylerini Oda Sabiti ve Uzaklığa Göre Değişimi

4.3.3 Hücre Uygulamaları

Hücre ya da kabin uygulamaları endüstriyel gürültünün denetiminde en çok başvurulan yöntemlerden biridir. Gürültülü makinaların ve süreçlerin üzerini tamamıyla (hücre/kabin) kapatarak veya yalnızca makinaların gürültülü bölgeleri üzerini (yerel hücre/kabin) kapatarak gürültü enerjisinin hücre dışına çıkışına engel olurlar. Özellikle jeneratör vb yüksek güçlü makinalardan kaynaklanan gürültünün denetlenmesinde çok yarar sağlarlar. Gürültü enerjisinin özellikle orta ve yüksek frekanslarda yoğunlaştığı durumlarda oldukça etkilidirler.

Hücre çeperleri marifetiyle ses iletiminin engellenmesi hücrenin sağladığı gürültü kaybının ve gürültü azalmasının temel mekanizmasıdır. Kapalı bir mekanı çevreleyen yüzeylere çarpan ses dalgalarının enerjisinin bir kısmı yansıma yoluyla mekan içine döner, bir kısmı yüzeylerde yutularak sönümlenir; bir kısmı ise yüzeyler üzerinden yapıya geçerek yapı elemanları içinde yayılan dalga hareketine neden olur. Bu enerjinin bir diğer kısmı

ise mekanı çevreleyen duvarların ve tavanın öbür



Şekil 4.4. Hücre Uygulaması

tarafına geçer. Ses iletimi ya da ses geçişi diye tanımlanan bu fiziksel olgu sesin frekansı ve malzeme özellikleri ile doğrudan ilintilidir. Duvarın öteki tarafına geçen sesin enerjisinin duvarın ön yüzüne düşen sesin enerjisine oranı ses iletim katsayısı (τ) olarak tanımlanır. Uygulamada kullanılan yapı malzemeleri düşünüldüğünde bu katsayının değeri çok küçük olup 0,01 ile 0,00001 arasındadır. Doğrusal ölçekte bu mertebeden büyüklüklerin kullanımında zorluklar yaşanacağından yine desibel (dB) ölçümlendirme sistemine gerek duyulacaktır. Ses iletim katsayısının bir akustik enerji oranı olduğu gerçeğinden hareketle ses iletim kaybı ya da ses geçiş kaybı (TL)

$$TL = 10 \log (1 / \tau) \quad (4.8)$$

şeklinde tanımlanır. Bir duvar elemanın ses iletim kaybı, yaklaşık analitik yöntemlerle kabaca kestirilebilmesine karşın, gerçek değeri ancak ses iletim kaybı suit'i olarak adlandırılan özel laboratuvar koşullarında uluslararası standartlara (ISO 140) göre yapılacak ölçümlerle belirlenebilir. Çok katmanlı duvarlar için analitik yaklaşımlar dikkatle kullanılmalıdır. Ses iletim katsayısı ses iletim kaybı cinsinden

$$\tau = 10^{-TL/10} \quad (4.9)$$

şeklinde yazılabilir.

Bazı malzemelerin havada yayılan ses için sahip oldukları ses iletim kaybı değerleri Çizelge 4.3'te verilmektedir. Burada dikkat çeken nokta iyi ses yutucu olan camyünü vb malzemelerin düşük ses iletim kaybı değerlerine sahip olmaları nedeniyle aynı zamanda iyi ses yalıtıcı olarak nitelendirilemeyecekleri olgusudur. Aynı şekilde kötü ses

Çizelge 4.3 Bazı malzemelerin Ses İletim Kaybı(TL) Değerleri (dB)

Malzeme	Oktav Bant Merkez Frekansı(Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Kontraplak-9 mm kalın	14	18	22	20	21	26
Alçı Plaka-12,5 mm kalın	15	20	25	31	33	27
Alçı Plaka-2x12,5 mm kalın	19	26	30	32	29	37
Çelik Sac-1 mm kalın	12	14	15	21	21	25
Kurşun Plaka-0,8 mm kalın	15	21	27	33	39	45
Camyünü Çatı Şiltesi	6	9	11	16	20	25
Sıvalı Beton Duvar-15 cm kalın	39	42	50	58	64	67
Betonarme Döşeme-10 cm kalın	48	42	45	56	57	66
Pencere Camı-3 mm kalın	18	21	26	31	33	22

yutucu/ iyi ses yansıtıcı malzemeler (çelik sac vb) havada yayılan seslere karşı iyi ses yalıtıcı olarak işlev görmektedirler.

Hücrenin sağladığı gürültü kaybı ile hücre ile ilgili gürültü azalması hücre çeperlerinin ses iletim kaybı ile doğru orantılıdır. Ses iletim kaybı, frekansa bağlı olmasının yanı sıra, yoğunluk ile malzemenin kalınlığının çarpımına eşit olarak tanımlanan ve malzemenin yüzey yoğunluğu olarak adlandırılan malzeme özelliğine, malzemenin iç yapısal sönümleme özelliğine ve duvar malzemesinin montaj ya da tutturulma biçimine bağlı olarak değişim gösterir. Hücre duvarları üzerinde olası delik, açıklık, kapı-pencere menteşe ya da çalışma aralıkları ve imalat sırasında montaj, kaynak vb işlemlerdeki hatalar nedeniyle beklenen ses iletim kaybı değerleri büyük ölçüde düşebilir. Hücre üzerinde bu tür açıklıklar havalandırma vb zorunlu gereksinimler dışında bırakılmamalı; kapı ve pencere çerçeveleri lastik contalarla dönülmelidir. Hücre içi sıcaklık artışının önlenmesi amacıyla havalandırma zorunluğu ortaya çıkarsa emme ve besleme kanal açıklıkları birbirini görmeyecek şekilde düzenlenmeli, her iki havalandırma kanalının iç yüzeylerine ses yutucu malzeme uygulanmalıdır. Hücre iç yüzeylerine ses yutucu malzeme yerleştirilmesi, hücre içinde oluşan gürültü enerjisinin bir kısmının iç yüzeylerde yutulması açısından uygulamada yaygın ve geçerli olarak değerlendirilmektedir. Ancak, son yıllarda yapılan araştırmalar havalandırma kanallarının iç yüzeylerinin ses yutucu malzeme ile kaplanmasının da eşdeğer ölçüde etkili olduğunu göstermiştir. Cam pencerelerden içerdeki makinayı ya da süreci denetlemek amacıyla hücre yüzeyleri değişik malzemeden yapılmış (çelik sac plaka ve cam örneğinde olduğu gibi) ise hücrenin ortalama ses iletim katsayısı, kapalı mekanların ortalama ses yutma katsayısının hesaplanmasında kullanılan yöntemle elde edilerek ortalama ses iletim kaybının belirlenmesi gerekir.

Hücrenin hemen dışındaki bölgelerde oluşan gürültü kaybı değerleri kabaca yaklaşık olarak, her frekans bandı için, hücre içi ortalama ses yutma katsayısı α ve hücre duvarları ortalama ses iletim katsayısı τ fonksiyonu olarak dB cinsinden

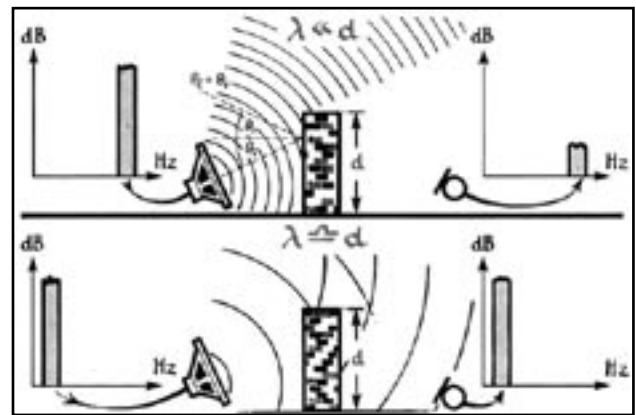
$$IL = 10 \log (\alpha / \tau) \quad (4.10)$$

eşitliği yardımıyla hesaplanabilir. Buradan hücre uygulaması ile elde edilecek gürültü kaybının ses iletim kaybına doğru orantılı olarak bağımlı olduğu kolayca anlaşılır. İç yüzeyleri 25 mm kalınlıkta ses yutucu (taş yünü) malzeme ile kaplı 2 mm kalınlıkta çelik sactan yapılmış ve uygun havalandırma açıklıkları bırakılmış bir jeneratör hücresinin gürültü kaybı başarımı 20 dB'nin üzerindedir.

4.3.4 Ses Engelleyici Duvar (Bariyer) Uygulaması

Ses engelleyici duvar ya da bariyer, gürültü kaynağı ile etkilenen kişi ve bölge arasına yapılan duvar olarak nitelendirilir. Duvarın arkasında oluşan akustik gölgede kalan bölgelerde etkili olurlar. Genellikle açık havada kullanıldıklarında 10 dB'nin üzerinde gürültü kaybı sağlarlar. Kapalı mekanlar içinde kullanıldıklarında etkili gürültü kaybı ancak bariyerin üzerindeki tavan yüzeylerinin ses yutucu malzeme ile kaplanması yoluyla sağlanabilir. Otoyol kenarları, açık plan ofisler ve endüstriyel işyerleri en yaygın kullanım alanlarıdır. Duvar yüksekliğine bağlı olarak özellikle yüksek frekanslarda etkili olurlar.

Hava içinde yayılmaları sırasında sonlu büyüklükte bir engel ile karşılaşan ses dalgaları eğer dalgaboyları engelin karakteristik boyutundan daha uzunsa engelin etrafından dolaşarak yollarına devam ederler. Kırınım olarak adlandırılan bu olay özellikle uzun dalgaboyu-düşük frekanslara özgüdür. Dalgaboyları engelin karakteristik boyutundan daha kısa olan ses dalgaları ise yansıyarak engelin arka tarafında akustik gölge oluştururlar. Bu oluşum engelin akustik gölgesinde kalan bölgelerde yüksek frekanslarda gürültü kaybına neden olur.



Şekil 4.5 Bariyer ve Akustik Gölge

Bariyer uygulamalarından özen gösterilmesi gerekli hususlar aşağıda özetlenmiştir:

- i) Bariyer boyutları gürültü kaynağının boyutlarından ve denetlenecek gürültünün enerjisinin yoğun olduğu frekansların en düşüğüne karşılık gelen dalgaboyundan daha büyük seçilmelidir.
- ii) Bariyer konumlanırken ya gürültü kaynağına ya da etkilenen kişilere yakın yerleştirilmelidir.
- iii) Bariyer üzerinde akustik sızıntı yaratacak delik, açıklık vb bulunmamalıdır.
- iv) Çevresinde olası yansıtıcı yüzeylerden uzağa konulmalı ve gürültü kaynağına bakan yüzü ses yutucu malzeme ile kaplanmalıdır.
- v) Mümkünse etkilenen kişileri veya gürültü kaynağını çepeçevre çevirecek şekilde yerel ya da kısmi bir hücre gibi konumlandırılmalıdır.
- vi) Kapalı mekanlarda bariyerin gürültü kaybı performansını artırmak için öncelikle tavan yüzeylerine ses yutucu malzeme ekleyerek oda sabiti artırılmalıdır.

4.4 Gürültünün Alıcıda Denetimi

Kulak tıkacı ve/veya manşon ya da kulaklık türü kişisel koruyucular, gürültü denetim mühendisliği açısından son çare olarak görülmelerine karşın, etkili koruma sağlamaları, hızlı ve ekonomik çözümler sunmaları ve kolay uygulanabilirlikleri nedeniyle endüstriyel gürültü denetimi çalışmalarında işletmeler tarafından çoğunlukla yeğlenmektedirler. Uygun koruyucu türü (tıkaç ya da manşon) ve tipini belirlemede

- a) işyerindeki toplam gürültü düzeyi,
- b) gürültü enerjisinin frekansa göre değişimi,
- c) koruyucunun sağlayacağı gürültü kaybı,
- d) ortamda kullanım rahatlığı,

gibi etkenler gözönüne alınır. Kişisel koruyucunun sağlayacağı gürültü kaybı imalatçısı tarafından her oktav bandı için belirtilir. Uygulanmalarında farklılıklar yaşanabileceği için, ortalama olarak belirtilen bu değerler yine her oktav bandı için ayrı bir standart sapma değeri ile birlikte verilmektedir. Genel olarak manşon türü koruyucular, düşük frekanslarda kulak tıkaçlarına oranla daha az etkili olmalarına karşın sağladıkları toplam gürültü kaybı açısından üstünlük gösterirler.

Kulak tıkaçları taşıma ve saklama kolaylığı ile gözlük, başlık vb başka amaçlı koruyucularla birlikte kullanım

kolaylıklarıyla ayırt edilmektedirler. Bir diğer üstünlüklerinin sıcak ortamda sağladıkları rahatlık olduğu söylenebilir. Ekonomik açıdan bakıldığında, sürekli kullanılabilen tipleri için ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması çekicilik olarak görülmektedir. Belirtilen bu üstünlüklerine karşın, kulak tıkaçlarının sağladığı gürültü kaybının kulak içine yerleştirilmelerine bağlı olarak değişmesi, yerleştirme sırasında oluşabilen tahriş ve kulak kanalına yabancı madde kaçma olasılığı, toplam gürültü kaybı değerinin daha düşük olmasının yanısıra vurgulanabilecek zayıf yönleridir. Ayrıca işyeri ortamında uzaktan görülmesi ve denetlenmesi zor olduğundan parlak ve çarpıcı renklerde üretilmektedirler.

Gürültüden daha etkili korunma sağlayabilen **kulaklık** ya da **manşonların** ilk kullanıma alışma ve uzaktan denetleme kolaylıkları açılarından tıkaçlara üstünlük sağladığını söylemek mümkündür. Başka amaçlı koruyucularla birlikte kullanım zorluğu, sıcak ortamda kullanımının rahatsızlığı, dar çalışma alanlarında kafanın hareketini sınırlayıcı etkisi ve kafa üzerinden geçen bandın zamanla esneyerek kulak üzerinde uygulanan baskının değişmesi sonucunda başlangıç gürültü kaybı değerlerinde kaydedilecek olumsuz gelişmeler, manşonların gözardı edilemeyecek zayıf yönleri olarak nitelendirilmektedirler. Ayrıca, düşük frekanslarda tıkaçlara oranla daha az etkin olmaları ile taşınma ve saklanmalarındaki göreceli zorlukları bu olumsuzluklarına eklemek mümkündür.

Kişisel koruyucu imalatçısı tarafından her oktav bandı için verilen kişisel koruyucuların sağladığı ortalama gürültü kaybı değerleri, gürültülü ortamda yapılan gürültünün oktav bant ölçüm değerlerinden çıkarılarak kişinin koruyucu kullandıktan sonra etkisinde kalacağı ortalama gürültü düzeyleri hesaplanabilir. Mekikli dokuma tezgahlarının (Draper X3 modeli) çalıştığı bir dokuma fabrikasında yapılan kişisel koruyucu uygulaması Çizelge 4.4'da özetlenmektedir.

Çizelge 4.4 Dokuma Salonunda Kişisel Koruyucu ile Sağlanan Gürültü Denetimi

	Oktav Bant Merkez Frekansı(Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
Bant Basıncı Düzeyi(dB)	92	95	102	102	103	100
A-Ağırlıklama(dB)	-16	-9	-3	0	+1	+1
A-Ağırlıklı Bant Düzeyi(dBA)	76	86	99	102	104	101
Kişisel Koruyucu Gürültü Kaybı(dB)	-23	-25	-29	-32	-35	-43
Koruyucu ile Etkisinde Kalınan Bant Düzeyi(dBA)	53	61	70	70	69	58

Bu yolla başlangıçta 108 dBA olan etkisinde kalınan toplam gürültü düzeyi 75 dBA'ya düşürülerek toplamda ortalama 33 dBA mertebesinde bir gürültü kaybı sağlanmıştır.

Çalışanları duvarları yalıtımlı bir mekan içine alarak gürültüden korumayı amaçlayan yalıtım odalarının çalışma ilkesi hücre uygulamasında olduğu gibidir. Tek farklılık burada dışarıdan gelen gürültü enerjisinin yalıtım odasına girmesinin engellenmesidir. Yalıtım odası duvarlarının ses iletim kaybı özellikleri ve oda yüzeylerinde açıklık bulunmaması yalıtım odası ile elde edilecek gürültü kaybı başarımını belirleyecektir. Bu tür bir uygulama ile 20 dB'nin üzerinde gürültü kaybı rahatlıkla sağlanabilir.

4.5 Uygulama Örnekleri

4.5.1 Tekstil Endüstrisi

Tekstil endüstrisinde en yüksek gürültü düzeyleri mekikli dokuma tezgahlarının bulunduğu dokuma salonlarında görülmektedir. Bir tezgahın tek başına çıkardığı gürültü düzeyi operatör kulak düzeyinde, tezgahın yaşına ve ayarlarına bağlı olarak 90-100 dBA arasında değişebilmekte ve 10 dBA'lık oda artış katsayısı (mekanın akustik özelliklerinden kaynaklanan artış) ile bir dokuma işçisi 100-110 dBA arasında gürültü düzeylerinin etkisinde kalabilmektedir. Son yıllarda üretilmekte olan mekiksiz dokuma tezgahlarının tasarımı, gürültü denetimi yöntemleri de düşünülerek yapıldığı için bu tür (kılıçlı, hava jeti, su jeti) tezgahlar daha düşük gürültü düzeylerine neden olmaktadır. Çizelge 4.5'de verilen dokuma salonu frekans çözümüyle değişik türdeki tezgahlar arasındaki farklılığı göstermesi açısından önemlidir.

Çizelge 4.5 Dokuma Salonu Gürültüsünün Frekans Çözümü (dB)

Tezgah Türü	Oktav Kuşak Merkez Frekansı (Hz)						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Draper-X3 Mekikli	92	95	102	102	103	100	91
Draper-X2 Mekikli	89	92	95	97	97	92	83
Draper-Kılıçlı	92	92	90	89	89	82	77
Sulzer-Mekikcik	90	90	89	87	87	83	78
Su Jeti	76	76	78	78	78	79	72

Mekikli dokuma tezgahlarının gürültüsünü gelişmiş ülkelerde (ABD) sekiz saatlik iş günü için uygulanmakta olan 90 dBA'ya düşürme girişimleri, 10-20 dBA'lık çok büyük bir azalmayı gerektirmesi, gürültü kaynaklarının sayısının çok fazla olması ve gürültü enerjisinin işitme duyusunun en duyarlı olduğu 500 Hz ile 4 kHz arasında yoğunlaşması nedenleriyle başarılı olamamıştır. Gürültü kaynaklarının çoğunun mekik atma düzeneği ile ilgisi olması ve üretim hızlarının düşüklüğü sonucu son

yıllarda geliştirilen tezgahlarda yaklaşık 0,5 kg ağırlığındaki mekik kullanımı terkedilmiş, atkı düzeneği olarak hava jeti, kılıç (kanca) ve mekikçik içeren düzenekler yeğlenmiştir. Çizelge 4.6'da mekikli dokuma tezgahlarının gürültüsünü düşürmeye yönelik değişiklikler ve elde edildiği öne sürülen gürültü düzeyi azalmaları verilmiştir.

Çizelge 4.6 Mekikli Dokuma Tezgahlarında Gürültü Denetimi

Değişiklik	Azalma
Bellibaşlı çarpma noktalarında plastik malzeme	2 dB (500 Hz-2000 Hz)
Mekik atma düzeneğinde plastik malzeme	5-7 dBA
Vurma kolunu durdurmak için hava damper ve plastik malzeme	5 dBA
Yaylı özel hamut	2 dBA
Vurma kolunun yerine özel mekanik düzenek	3 dBA
Mekik yuvalarını içeren yerel odacık	10 dBA

Çizelge 4.6'da en etkili yöntem olarak beliren mekik yuvalarını içeren yerel odacık seçeneği, mekik yuvalarını kapatılarak operatörün mekik hareketini izlemesini olanaksız kıldığından uygulanabilirliği oldukça kısıtlıdır. Şimdiye kadar geliştirilen gürültü denetimi yöntemlerinin hiçbiri, gerekli gürültü azalmasını sağlayamadığı için bütün tezgahların gürültüsü üzerindeki araştırmalar durdurulmuş ve çalışmalar diğer tezgahlara yöneltilmiştir.

Tekstil endüstrisinde diğer bir gürültülü ortam iplik üretimi yapılan salonlardır. Halka (ring) eğirme ve açık uç eğirme olarak başlıca iki yöntemle yapılan iplik üretiminde daha hızlı ve yeni bir yöntem olan açık uç eğirme makinalarının bulunduğu odalarda gürültü düzeyleri 88-91 dBA olarak değişmektedir. Bu değer ABD'de sınır sayılan 90 dBA etkilenim düzeyine yakın olduğundan bu makinalar üzerindeki gürültü denetimi çalışmalarına teknik yazında çok rastlanmamaktadır. Ancak makinaların yaşlarının ilerlemesiyle ilerde gürültü sorunuyla karşılaşabileceği sanılmaktadır. Çizelge 4.6'de, daha eski, daha yavaş ve daha gürültülü (< 95 dBA) olan halka eğirme makinalarını barındıran üretim alanlarda etkisinde kalınan gürültü düzeylerinin frekans çözümüyle diğer iplik üretim süreçleriyle birlikte verilmiştir.

Üretimdeki önemleri ve sayılarının çokluğu nedeniyle halka eğirme makinaları öncelikle ele alınmış ve aşağıdaki gürültü kaynakları saptanmıştır:

- iğ-bobin sistemi
- halka (ring) - kopça sistemi
- vakum toplayıcı(süpürge)
- dişliler
- avara kasnakları

İğ-bobin ikilisinin doğurduğu gürültünün dönme hızına, bobinin ağırlık merkezinin kaçıklığına ve iğın yuvasına oturtulma şekline bağlı olduğu bulunmuştur. Elastomer conta şeklindeki yalıtım halkalarının yatak titreşimlerini yalıtımda yararlı olduğu belirlenmiştir. Dolu bobinlerle üretimde boş bobinlerle olandan 1-2 dBA'lık bir artış görülmektedir. Halka-kopça sisteminin toplam gürültüye olan katkısının, halkanın yeni veya aşınmış olmasına bağlı olarak, 1-5 dBA arasında değiştiği ayrıca gözlenmiştir. Halka titreşimlerinin halkanın üzerinde oturduğu raya iletilmesini önlemek için araya elastomer contalar yerleştirmenin de iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir. Yeni takılan şerit kayışların eskilerine oranla 1 dBA kadar fazla gürültü düzeyine neden olacağı da belirlenmiştir. Ayrıca dar yapay maddeden yapılan kayışların eski, geniş, doğal maddeden (pamuk) üretilmiş kayışlardan daha sessiz çalıştığı görülmüştür. Vakum Toplayıcı (süpürge) gürültüsü ise toplayıcının bulunduğu uca yakın konumlarda belirginlik göstermiştir. Bir diğer gürültü denetim çalışmasında avara kasnakların rulmanları, makaralı rulmanlar ile değiştirilmiş ve yüzeylerine sönümleyici malzeme yapıştırılmıştır. Dişlilerin gürültüsünün ise düzenli bir bakım ve yağlama programı ile düşürülebileceği Çizelge 4.1'de daha önce verilmiştir.

Çizelge 4.7'de son iki süreç için verilen oktav kuşak değerlerinde göze çarpan ortak nokta özellikle yüksek frekans kuşaklarında gürültü düzeylerinin yüksek olmasıdır. Bunun nedeni ise bu iki süreçte basınçlı hava kullanılması sonucu aerodinamik gürültü kaynaklarının oluşmasıdır. Siren türünden gürültü çıkaracak deliklerin kapatılması ve susturucu kullanılması uygulanabilir önlemler olarak düşünülmelidir.

Örgü makinalarının gürültüsü ise, dokuma tezgahları ile iplik makinalarının gürültüsüne oranla

daha düşüktür. Gürültü kaynakları çoğu kez vakum sistemleri veya malzeme hareketiyle ilgilidir.

4.5.2 Ağaç İşleme Endüstrisi

Ağaç işleme endüstrisinde gürültünün büyük bir kısmı ya kesici takımdan ya da işlenen malzemedan kaynaklanmaktadır. Kesici takımlar dairesel hız testereleri ve kesici kafalar olmak üzere iki grupta toplanabilirler. Dairesel hız testereleri rölantide çalışırken dişlerin neden oldukları türbülans ve hız testerelerinin titreşimleri yollarıyla gürültü çıkarırlar. Kesme ve biçme sırasında ise hem testere hem de kesilen malzeme titreşerek gürültüye neden olurlar. Kesici kafalarda görülen farklılık, işleme sırasında gürültünün büyük bir kısmının malzemenin titreşiminden doğmasıdır. Bu iki ana kaynağın yanısıra dişliler, elektrik motorları, üfleyiciler, rulman yatakları gibi elemanlar da kendilerine özgü gürültü çıkarma düzenekleriyle ağaç işleme makinaları gürültüsüne katkıda bulunurlar.

Dairesel hız testerelerinin rölantide çıkardığı aerodinamik (hava hareketi ile ilgili) gürültünün frekansı, dişlerin çizgisel hızının testerelerin kalınlığına oranı ile değişmektedir. Testere, genelde sönümleme özelliğinin düşük olması nedeniyle, bir veya birden fazla doğal frekansta titreşebilir. Aerodinamik gürültü, testere dış geometrisinin düzenlenmesi ve dış çizgisel hızının düşürülmesiyle denetim altında tutulabilir. Testerenin her iki yanına, testere çapının yarısına eşit çapta sönümleyici malzeme tutturularak, testere rölantide çalışırken aerodinamik veya dengeleme bozukluğundan kaynaklanan kuvvetlerin etkisiyle oluşan gürültü düzeylerini düşürme olanağı bulunmaktadır (Şekil 4.6). Kesme sırasında hem testere, hem de iş parçası, frekansı dış geçiş frekansı ile harmoniklerine eşit olan zorlanmış bir titreşim yaparlar. Eşitlik 4.1'de verilen ses gücünü düşürmede alınan önlemler, burada iş parçası ile dairesel hız testerelerine uygulanabilir.

Planya tipi ağaç işleme makinalarının kullandığı kesici kafanın rölantide çıkardığı aerodinamik gürültünün denetimi için çizgisel hızın düşürülmesi, kafanın sabit makina parçalanndan uzaklığının artırılması ve kafanın yeniden tasarımı gibi önlemler alınabilir. Eğer kesici bıçaklar düz ve kafa eksenine paralel ise, kesme işlemi kesikli olarak bıçağın darbelerle iş parçasına vurmasıyla gerçekleşeceği için iş parçası bu darbelerle zorlanmış titreşim yapacak ve gürültü yayacaktır. Bu yüzden bıçaklar silindirik şeklindeki kafa üzerinde bir helis yapacak şekilde yerleştirilerek kesme işlemine süreklilik getirilmiş ve kesikli darbe kuvvetlerinin günlükleri düşürülerek iş

Çizelge 4.7 İplik Salonu Gürültüsünün Frekans Çözümlemesi (dB)

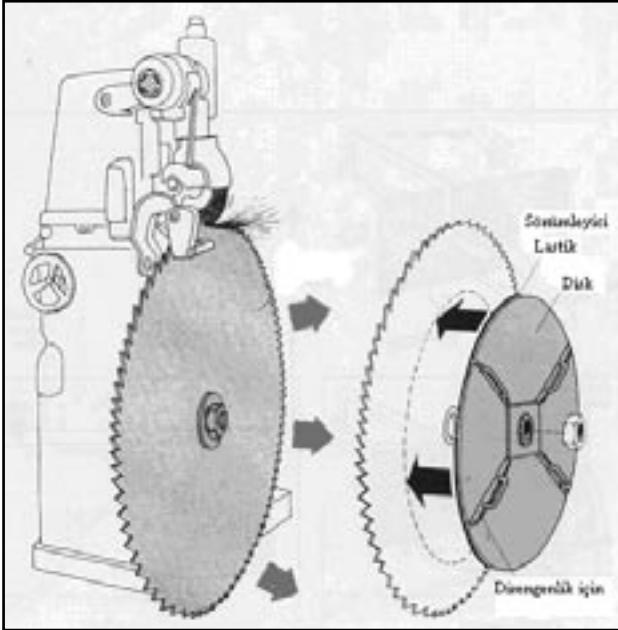
Süreç	Oktav Kuşak Merkez Frekansı (Hz)						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Halka eğirme	85	88	89	87	85	81	78
Büküm verme	86	87	89	90	88	88	90
Tekstrüzyon	78	78	81	85	88	87	90
Yalancı büküm	80	80	80	83	90	90	95

parçası titreşiminden doğan gürültü 15-20 dBA azaltılmıştır.

Yukarıda açıklanan gürültünün kaynaktan denetimi yöntemlerinin yeterli gürültü düzeyi azalması sağlayamadığı durumlarda, kaynak ile alıcı arasındaki yolda denetim önlemleri alınması bu endüstri dalında oldukça yeğlenmektedir. Özellikle iş beslemelerinin bantlı konveyörler ile yapıldığı planya vb. makinaların doğurduğu gürültü, makinaları tam odacıklar içine almakla istenen düzeylere indirilebilmektedir. Örnek bir mobilya işletmesinde çeşitli ağaç işleme tezgahlarının neden olduğu gürültü düzeyleri, alınan önlemler ve sonuçta elde edilen gürültü düzeyleri Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Ağaç İşleme Makinalarının Rölanti/Kesme Gürültü Düzeyleri (dBA) ve Gürültü Denetimi Uygulamaları

Makina Türü	Önce	Denetim Yöntemi	Sonra
Kesme Testereleri	94/97	Geliştirilmiş ve Sönümlenmiş Testere	82/91
Yüzey Düzleme Tezgahları	94/97	Tam Odacık	83/85
Kaba Talaş Planyaları	94/100	Tam Odacık	83/86
Bıçkı Testereleri	88/94	Geliştirilmiş ve Sönümlenmiş Testere	86/91
Perdah Planyaları	100/105	Yerel Odacık ve Helis Kesici Kafa	80/88
Zıvana Testereleri	92/104	Tam Odacık (Kabin)	84/92



Şekil 4.6 Dairesel Hız Testeresinde Titreşim Yalıtımı ile Gürültü Denetimi

Kereste fabrikalarındaki gürültü düzeylerinin daha yüksek olması ve tezgahların odacıklar içine alınamaması gibi nedenler yüzünden olası önlemler tezgah başında çalışan operatörün bir yalıtım

odası içine alınması ile sürekli hareket durumunda bulunan yardımcı işçilere kulaklık veya kulak tıkacı gibi kişisel koruyucular kullanırılmasından oluşmaktadır. İlk tür önlemlere örnek olarak, kabuk soyucuların operatör kulak düzeyinde oluşturduğu 104 dBA'lık gürültü düzeyini düşürmek için yapılan yalıtım odaları gösterilebilir. Bu önlemler operatörün etkisinde kaldığı düzeylerin 85 dBA'ya kadar düşürüldüğü öne sürülmüştür. Aynı yöntemle katrak tezgahlarının gürültüsünden (109 dBA) de korunma olanağı bulunmaktadır.

4.5.3 Metal İşleme Endüstrisi

Metal işleme endüstrisinde gürültü çoğunlukla malzemelerin kesme ve şekillendirme sürecinde oluşur. Malzeme ve iş parçası hareketlerinden oluşan gürültü ise özellikle çarpma ve düşme türü eylemlerin yoğun olduğu durumlarda önem kazanır. Darbe türü bu gürültünün ölçümü ve değerlendirmesi enerji eşdeğerliliği açısından yapılmalıdır. Diğer bir deyişle malzeme hareketi ya da üretim süreci kaynaklı her bir darbe-çarpma/düşme eyleminin neden olduğu ses etkilenim düzeyleri belirlenerek oluşan eşdeğer sürekli ses düzeyleri hesaplanmalı ve etkilenim değerlendirmeleri buna göre yapılmalıdır. Bu arada oluşan darbe gürültüsünün tepe değerlerinin de yürürlükteki yönetmelik ve standartlarda belirtilen sınır değerleri aşıp aşmadığı ayrıca denetlenmelidir. Darbe oluşumu sürecinde titreşimin iletildiği yüzeylerin yaydığı gürültünün denetimi titreşim denetimi, titreşim iletim köprülerinin yalıtımı ve yüzey alanlarının küçültülmesi yöntemleri ile yapılabilir. Şekil 4.7' de bir preste volan ve kayış sisteminin üzerinde korugan olarak işlev gören düz sac plakadan yayılan gürültünün malzeme değişimi yoluyla delikli sac plaka ve telörgüden yapılmış korugan kullanılarak denetlenmesi gösterilmiştir.

İş parçasının üretim sürecinden geçerken ve hareket ettirilirken yaptığı titreşimlerin neden olduğu gürültünün denetimi sönümleyici etki ve malzemeler kullanılarak gerçekleştirilir. Kurşun tespahi olarak nitelendirilen ve bir taşıyıcı ip vb üzerine dizilerek tespah şekline dönüştürülen kurşun parçalarının, titreşen iş parçası ile temas ettirilerek kurşun sönümlemesi adı verilen bir yöntem aracılığı ile yayılan gürültüyü denetlemede kullanımı oldukça yaygındır. Bu yöntemin uygulamada 10 dBA'ya varan gürültü kaybı sağladığı gözlenmiştir. İş parçasının üretim sırasında, örneğin dairesel hız testeresi ile çelik profil kesimi, tezgahdaki mengene tablasına tutturulmasında ahşap (gürgen vb) malzeme kullanımının çelik çeneli mengeneye göre

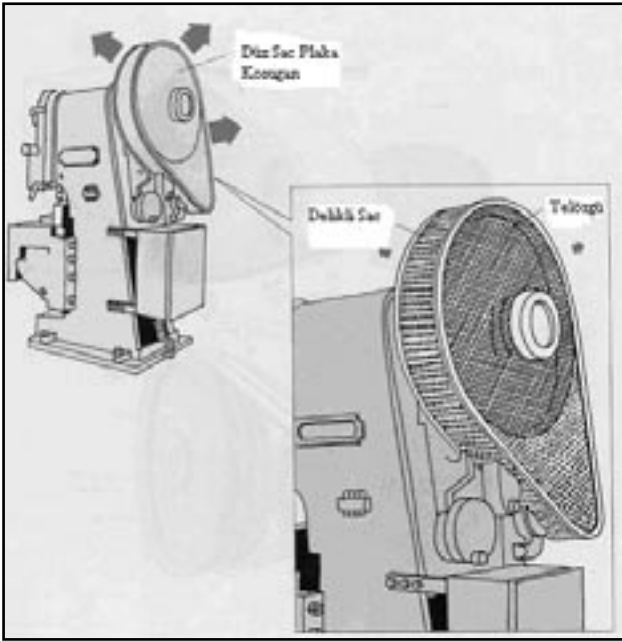
3 dBA mertebesinde bir gürültü kaybı sağladığı ölçümlerle belirlenmiştir.

Darbe gürültüsünün denetlenmesi için uygulanması gerekli teknik içerikli önlemler

- i) darbe sırasında kesici ve iş parçası arasındaki hızların azaltılması,
- ii) darbeden etkilenen yüzeylerin olabildiğince düşük dirençli özelliğine sahip olacak şekilde tasarlanması,
- iii) darbe sonrasında titreşerek ses yayacak yüzeylere sönümleyici malzeme eklenmesi,
- iv) darbe süresinin düzenlenerek darbe kuvvetinin zaman içinde olabildiğince düzgün gelişiminin uygun kesici vb parçaların tasarımı ile sağlanması

şeklinde özetlenebilir.

Özellikle pres gürültüsünün denetlenmesinde kesici makina takımlarının tasarımının önemli bir yeri vardır. Çizelge 4.9'da 40 tonluk bir presin operatör konumunda oluşturduğu gürültünün frekans çözümü verilmiştir. Buradan orta ve yüksek



Şekil 4.7 Titreşen Yüzeyin Değiştirilmesi ile Gürültü Denetimi

frekanslarda gürültü enerjisinin yoğun olduğu anlaşılmaktadır. Halihazırda mevcut çalışan pres üzerinde kesici dışındaki gürültü denetim çabalarından edinilen gürültü kaybı kazanımlarının çok sayıda bu tür makinaların çalıştırıldığı üretim bölgelerinde çoğu zaman 100 dBA'yı aşan gürültü düzeylerini sağlık açısından uygun düzeylere indirmede yetersiz kaldığı bir olgudur. Bu nedenle gürültü denetiminde çoğunlukla kaynak ile etkilenenler arasındaki yolda denetim önlemlerine (hücre vb) yaygın olarak başvurulmaktadır.

Çizelge 4.9 Pres(40 Ton) Gürültüsünün Frekans Çözümü (dB)

	Oktav Kuşak Merkez Frekansı (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
40 TonPres	85	88	93	95	90	92

KAYNAKLAR

1. Emerson, P.H., Bailey, J.R. ve Hart, F.D., Manual of Textile Industry Noise Control, North Carolina State University, Raleigh, NC, 1978.
2. Harris, C.M., Handbook of Noise Control, 2. Baskı, McGraw-Hill Book Co., New York, 1979.
3. Cudworth, A.L., "Cutting Out Noise from the Whole Cloth: Noise Control in the Textile Industry", Noise Control Engineering, Cilt 1, Sayı 1, s. 24-31, 1971.
4. Hart, F.D. ve Stewart, J.S., "Noise Control Technology for Selected Woodworking Machinery", Center for Acoustical Studies, North Carolina State University, Teknik Rapor, Aralık 1976.
5. Hart, F.D. ve Stewart, J.S., "Noise Control Demonstration for the Furniture Industry", Proceedings of Noise-Con., s. 317-322, 1981.
6. Brüel & Kjaer, Noise Control, Principles and Practice, Brüel & Kjaer, Lynby, 1982.

Bölüm V

İŞİTME SAĞLIĞININ İZLEMİ

*Dr. G.Aydan Genç,
Uzm. Ody. Maviş Emel Kulak Kayıkçı
Hacettepe Üniversitesi KBB ABD Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Ünitesi*

Kısaltmalar

CAOHC	Council of Accreditation in Occupational Hearing Conservation
SSO	Saf Ses Ortalaması
dB	Desibel
Hz	Hertz
ILR	İpsi Lateral Refleks
KLR	Kontra Lateral Refleks
SRT	Speech Reception Threshold – Konuşmayı Anlama Eşiği
SD	Speech Discrimination – Konuşmayı Ayırtma
UCL	Uncomfortable Loudness – Tedirgin Edici Ses Yüksekliği
OKB	Orta Kulak Basıncı
OHC	Occupational Hearing Conservation
ANSI	American National Standards Institute

HCA	Hearing Conservation Amendment
HL	Hearing Level – İşitme Seviyesi
SPL	Sound Pressure Level
TTS	Temporary Threshold Shift (Geçici Eşik Değişikliği)
PTS	Permanent Threshold Shift (Kalıcı Eşik Değişikliği)
NIPTS	Noise-Induced Permanent Threshold Shift
OSHA	Occupational Safety and Health Act and Administration
STS	Standard Threshold Shift – Standart Eşik Değişikliği
TWA	Time-Weighted Average
ISO	International Standards Organization
GED	Geçici Eşik Değişikliği
KED	Kalıcı Eşik Değişikliği
MPANL	Maximum Permissible Ambient Noise Level

İŞİTME ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Kişinin odyolojik açıdan değerlendirilmesinde amaç, sahip olduğu işitme bozukluğunu saptamak ve bu bozukluğun olası sebeplerini araştırmaktır. Genellikle, işitme kaybı, vertigo, tinnitus, konuşma bozukluğu şikayeti olan kişilere odyolojik değerlendirme yapılır. Odyolojik değerlendirmenin sonucunun güvenilir olması için değerlendirme çok titiz yapılmalıdır. Ölçümdeki yanlış yanıtların ekarte edilmesi için odyometrenin doğru kullanımı ve çok dikkatli bir gözlem gerekir. Bu nedenle, odyolojik tetkiki her sağlık çalışanı ya da herhangi biri yapmamalıdır. Bu konuda yurtdışında CAOHC (Council of Accreditation in Occupational Hearing Conservation) sertifikalı odyolog, Kulak Burun Boğaz uzmanı ya da teknisyenin işitme testini yapması uygun görülür. Türkiye’de ise Odyoloji Yüksek Lisans Programı olan üniversitelerin bu bölümlerinden mezun odyoloji uzmanları ya da Odyometri bölümü olan üniversitelerin bu bölümlerinden mezun odyometri teknikerlerinin odyolojik tetkikleri yapması meslek etiğine en uygun olanıdır.

Odyolojik değerlendirme şunları kapsar:

1. Saf Ses Odyogramı

Saf ses odyogramı, hastanın işitme kaybının derecesini ve tipini belirler. Hava iletim testi ve kemik iletim testinden oluşur.

Hava İletim Testi

Hava yolu işitme eşikleri, ses dalgalarının dış kulak yolu, kulak zarı, ortak kulak kemikçikleri, koklea ve işitme sinirini izlemesiyle oluşan işitmenin ölçülmesi ile elde edilir. Hava yolu işitme eşikleri genellikle standart kulaklıklar (TDH-39) kullanılarak yapılır. Standart olarak 125-6000 Hz arasındaki frekanslarda ölçüm yapılır. Ancak gerekli durumlarda (ototoksik ilaç kullanımı, akustik travma vb.) 18000 Hz’e kadar ölçüm yapabilen odyometreler de bulunur.

Ölçüme başlanmadan önce, hastaya ne yapması gerektiği anlatılır ve odyometrenin kulaklıkları doğru bir şekilde takılır (Resim 5.1). Kulaklığın mikrofonu kulak yolunun tam karşısına gelecek şekilde yerleştirilir. Bunun yanı sıra kulak kepçesinin

ya da tragusun oklüzyon oluşturmasına izin veremeyecek tarzda kulaklıkları yerleştirmek de son derece önemlidir. Küpeler ve bazı gözlükler, saç tokası gibi aksesuarlar kulaklığın uygun yerleştirilmesine engel teşkil ettiği zaman çıkartılır. İşitme cihazları da test boyunca çıkartılır, kapatılır ve başka bir yere kaldırılır. Test boyunca hastanın ağzında yiyecek maddesi olmamasına dikkat edilir (sakız, şeker vb.) ve hasta kulaklık ile oynarsa kulaklığın yerleşimi tekrar kontrol edilir.



Resim 5.1 : Kulaklığın Yerleşimi (Genç G A, Belgin E., Temel Odyoloji. 'Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi' Koç C (Ed). 2004, Bölüm 4.3, Güneş Kitabevi, Ankara.)

Hava yolu işitme eşiklerinin işaretlenmesinde sağ kulak için kırmızı renkte "O" sol kulak için ise mavi renkte "X" sembolleri kullanılır. Bu renk ve semboller uluslararası standartta olan renk ve sembollerdir. Maskeli işitme eşikleri ise bu sembollerin kare içine alınması ile işaretlenir (Şekil 1).

Semboller		Sol	Sağ
Hava	Maskesiz	X	O
	Maskeli	X	O
Kemik	Maskesiz	>	<
	Maskeli]	[

Şekil 5.1 : Hava ve kemik yolu işitme eşikleri için kullanılan semboller (Genç G A, Belgin E., Temel Odyoloji. 'Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi' Koç C (Ed). 2004, Bölüm 4.3, Güneş Kitabevi, Ankara.)

Kulaklıklar takıldıktan sonra daima iyi olan kulaktan teste başlanır. Test için başlangıç frekansı 1000 Hz'dir. Eşik saptamada ascending (çıkan) veya descending (inen) yöntemleri kullanılır. Ascending yönteminde, tahmin edilen işitme eşiği seviyesinin altından yukarı doğru çıkılarak eşik saptanmaya çalışılır. Descending yönteminde ise işitme eşiğinin üstünden aşağıya doğru inilerek eşik saptanmaya çalışılır. Hastanın cevabından sonra ses şiddeti 10 dB azaltılıp, 5 dB artırılarak işitme eşiği saptanır. Ses uyaranlarının birbiri ardına verilme periyodları aynı olursa bu durum ölçüm yapılan kişide şartlanmaya sebep olur. Böyle bir şartlanma durumunda büyük bir olasılıkla yanlış cevap elde edilir. İki frekans arasındaki fark 25 dB ve üzerinde olduğu zaman ise ara frekanslarda (750 Hz, 1500 Hz, 3000 Hz.) da işitme eşiklerine de bakılmalıdır.

Sağ ve sol kulak için hava yolu işitme eşiklerinin ölçümü sonrasında, herhangi bir frekansta iki kulak arasındaki işitme eşikleri arasındaki fark 40 dB ya da 40 dB'den fazla ise, elde ettiğimiz işitme eşiklerinin daha az işiten kulak için doğru olmama riski oluşabilir. Böyle bir durumda, gerçek işitme eşiklerini saptamak için, iyi kulak maskelenerek diğer kulağın gerçek işitme eşikleri saptanır. Bu yöntemde maske gürültüsü olarak ölçüm yapılan odyometrenin özelliklerine göre beyaz gürültü (white noise) ya da dar band gürültü (narrow band noise) kullanılabilir. İlk etkili maske seviyesi, beyaz gürültü için işitme eşiği + 45 dB, dar band gürültü için ise işitme eşiği + 35 dB'dir. Başlangıç maske seviyesinden sonra 10 dB'lik üç plato uygulanarak plato metodu ile maskeli işitme eşikleri saptanır. Doğru uygulanmayan maskeleme yöntemi ile gerçek eşiklerin bulunması imkansızdır. Bu nedenle odyometrinin en önemli konusu olan maskelemenin doğru uygulanması kesinlikle uzmanlık ve tecrübe gerektirir.

Her iki kulak için de 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz'lerde elde edilen hava yolu işitme eşiklerinin ortalaması alınarak saf ses ortalaması (SSO) bulunur. Bulunan bu değer kişinin sahip olduğu işitme kaybının derecesini belirler. (Tablo 5.1) Günlük yaşamda kullanılan konuşma seslerinin çok büyük çoğunluğu bu frekanslar içerisinde kaldığı için işitme kaybı derecesinin tanımlanmasında bu frekanslar tercih edilir.

Kemik İletim Testi

Hava yolu işitme eşikleri belirlendikten sonra kemik yolu işitme eşikleri tespit edilir. Bu testte, titreşim uyararı kafatasına uygulanır. Kafatasına uygulanan titreşim uyararı kokleaya ulaşır ve ses duyulur. Bu testte elde edilen cevap iç kulağın cevabıdır.

Odyometre ile bağlantılı olan ve bir baş bandının ucuna yerleştirilmiş olan kemik iletim vibratö-

rü ile ölçüm yapılır. Kemik vibratör mastoid kemik üzerine ya da alına yerleştirilir. Ancak mastoid kemiğe olan yerleşim daha genel olarak kullanılan bir yöntemdir. Vibratörün 1.75 cm²lik düz yüzünün mastoid kemik üzerindeki deri tabakasına tam olarak yerleştirilmesi gerekir. Hastaya kemik vibratörü yerleştirilmeden önce, uygun yerleşimi engelleyecek yapısal bir bozukluk ya da başka bir problem olup olmadığı tespit edilir. Çok sık gözlenen problemler arasında olan vibratörün altındaki saç, yağlı deri, çıkıntılı ya da dar şekilli mastoid, bazen vibratörün yerleştirilmesinde zorluk oluşturur. Küpeler, gözlükler, işitme cihazları vb. aksesuarlar da kemik iletim testinin sonucunu etkileyebilir. Vibratör pinnaya değmemelidir. (Resim 5.2). Vibratörün yerleşimindeki bozulmalar, eşik sonuçlarını etkiler. Bu nedenle, herhangi bir şekilde vibratör hareket ederse testi yapılan kişiye bu durumu haber vermesi söylenir.



Resim 5.2 : Kemik İletim Vibratörünün Yerleşimi (Genç G A, Belgin E., Temel Odyoloji. 'Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi' Koç C (Ed). 2004, Bölüm 4.3, Güneş Kitabevi, Ankara.)

Tablo-5.1: İşitme kaybı dereceleri (Shames G H and Wiig E.H., Human Communication Disorders. Merrill Publishing Comp., Columbus, 1990).

Saf Ses Ortalaması (dB)	İşitme Kaybı Derecesi
0-15 dB	Normal işitme
16-40 dB	Çok hafif derecede işitme kaybı
41-55 dB	Hafif derecede işitme kaybı
56-70 dB	Orta derecede işitme kaybı
71-90 dB	İleri derecede işitme kaybı
91 dB ve üzeri	Çok ileri derecede işitme kaybı

Kemik yolu işitme eşikleri genel olarak 500Hz-4000Hz arasındaki frekanslarda ölçülür. Teorik olarak yine ölçüme iyi olan kulaktan başlanır.

Kemik yolu işitme eşiklerinin işaretlenmesinde sağ kulak için kırmızı renkte '<', sol kulak için ise mavi renkte '>' sembolleri kullanılır. Bu renk ve semboller uluslar arası standartta olan renk ve sembollerdir. Maskeli işitme eşiklerin işaretlenmesinde ise sağ kulak için kırmızı '[' sol kulak için ise mavi ']' sembolü kullanılır (Şekil 5.1). Teorik olarak, hava yolu işitme eşiği ile kemik yolu işitme eşiği arasında 5dB'lik bir fark varsa her iki taraf için de maske uygulanması gerekir. Kemik yolu işitme eşiklerinin saptanmasında tıpkı hava yolu işitme eşiklerinde olduğu gibi *ascending* ve *descending* yöntemleri kullanılır.

Kemik yolu işitmenin ölçülmesi ile işitme kaybının tipi belirlenir. Kemik yolu işitme eşikleri 20 dB'den daha iyi ise ve hava yolu işitme eşikleri ile kemik yolu işitme eşikleri arasında 5 dB'i aşan farklılık varsa söz konusu işitme kaybı 'iletim tipi işitme kaybı'dır. İletim tipi işitme kaybında problem *auricula*, dış kulak yolu, kulak zarı ve/veya orta kulak yapıları ile ilgilidir; çünkü, iç kulak cevabı normal sınırlar içerisindedir. Problemin tam olarak nerede olduğunun cevabı odyogramın tümünün incelenmesi ve impedansmetrik (timpanometrik değerlendirme, akustik refleks) bulgularla beraber değerlendirilmesinden sonra verilebilir. Kemik yolu işitme eşikleri, normal olmayan hava yolu işitme eşikleri ile aynı şiddet seviyesinde ise mevcut işitme kaybı 'sensörinöral işitme kaybı'dır. Burada problem iç kulak ve/veya işitme siniri ile ilgilidir. Hem hava yolu işitme eşikleri hem de kemik yolu işitme eşikleri normal değerlerin altında ise, hem de hava-kemik aralığı mevcut ise söz konusu işitme kaybı 'mikst tip işitme kaybı'dır. Burada ise iletim tipi işitme kaybı ve sensörinöral işitme kaybına yol açan komponentlerin ortak etkisi görülmektedir. İşitme kaybının tipi ve özelliklerinden daha detaylı olarak bahsedilecektir

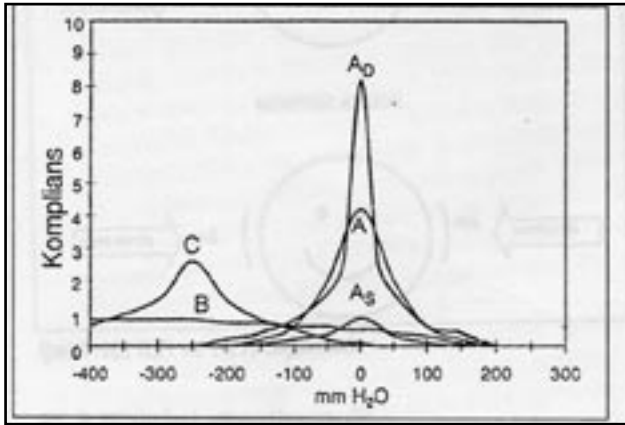
2. Timpanometrik Değerlendirme

Orta kulak ve mastoid sistem, östaki tüpü yolu ile nazofarenkse bağlantılı hava dolu bir sistemdir. Kapalı bir sistem olarak, hava yüzeyel mukozadan devamlı absorbe edildiği gibi, yutma hareketi ile periyodik olarak yenilenir. Dışarıdan iç kulağa gelen ses dalgaları, orta kulak sisteminin kompliansı maksimum olduğundan optimumdur. Bu olay orta kulaktaki basınç dış kulak yolundaki basınca eşit olduğundan normal olarak oluşur. Elektroakustik impedansmetre aleti ile orta kulak basınç ölçümü, timpanik membran mobilitesi, Östaki tüp disfonksiyonu, akustik reflekslerin varlığı-yokluğu, akustik refleksin aktivasyon seviyesi ve orta kulak kemik yapılarının bütünlüğü ölçülebilmektedir. Elektroakustik impedansmetre, timpanometre, ossilatör, hava pompası, elektrik kontrollü balansmetre ve üç kanallı prob ucundan oluşur.

Uygulama hangi test yapıldığı önemli olmak-sızın, üç kanallı probun dış kulak yoluna yerleşti-

rilmesi ile başlar. Prob, kauçuk başlığı sayesinde dış kulak yolu girişine tam olarak yerleşir ve dış kulak yolunda hava geçirmez bir alan oluşturur. Kanallardan biri ses üretimine, biri ses almına ve diğeri de dış kulak yolundaki basıncı değiştirmeye yarar. Dış kulak yolunda meydana gelen basınçtaki böyle bir değişiklik timpanik membranda normal olarak içe ve dışa doğru hareketlere neden olmaktadır.

Timpanometrik değerlendirmelerde uygulama, tipik olarak dış kulak yoluna yaklaşık +200 mm H₂O basıncına eşit hava pompalanarak başlatılır. Bu durumda timpanik membran normal olarak hafifçe içe doğru hareket eder ve hareketi azalır. Timpanik membranın kompliansı ölçülür. Kulak kanalındaki basınç hafifse, azaltıldığında yapısal ilişkiler değişir ve membranın hareketi artar ve komplians yeniden ölçülür. Bu işleme membran mobilitesi maksimum olana kadar daha sonra kulak yolunda negatif basınç oluşana kadar dereceli olarak devam edilir. Bir kez daha, timpanik membranın iki tarafındaki basınçlar eşitlenir, kulak zarı kompliansı ters şekilde etkilenir. Tüm bu ölçümlerin grafik haline getirilmiş şekli timpanogram olarak adlandırılır. Klasik timpanogram tipleri Şekil 5.2'da gösterilmektedir.



Şekil 5.2 : Klasik Timpanogram Tipleri (Genç G A, Belgin E., Temel Odyoloji. 'Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi' Koç C (Ed). 2004, Bölüm 4.3, Güneş Kitabevi, Ankara.)

Tip A, normal orta kulak fonksiyonu olan hastalarda elde edilir. Komplians ya da *peak* cevabı kulak kanalındaki basınç seviyesi normal ya da ortam ile aynı olduğunda bulunur. Basınç, normale göre artıp azaldığında komplians azalır. Diğer bir deyişle, timpanik membranın iki tarafındaki basınçlar oda basıncında normaldir ve iletim sistemi katılık, kütle ve ağırlık ile kısıtlanmamıştır.

Tip A_s normal orta kulak basıncı ve sınırlı kompliansa işaret eder. Bu durum nasıl olmaktadır? Timpanik membranın iki tarafındaki basınç eşit ise kulak zarının mobilitesi bu şekilde yansır.

Bununla beraber, bu harekete sebep olan katılık varsa, kalınlaşmış ya da skar dokusu olan kulak zarı olarak tanımlanır ve tüm basınçlarda ve hareketlerde düşük komplians gözlenir. Kompliansdaki bu azalma, timpanometrik formda düşük kompliansı yansıtır. Söz konusu bu timpanogram şekli, Tip A'dır ancak basık tepe noktalıdır (A_s).

Tip A_D, kompliansdaki majör değişikliklerde, sadece çok hafif düzeyde hava basıncı değişim sonuçlarının olduğu kulaklarda görülür. Bu durum, kemikçik zincir kopukluğu gibi timpanik membrana karşı direncin olmadığı durumlarda meydana gelir. Yüksek komplians nedeni ile Tip A_D timpanogram elde edilecektir. Böyle bir durumda elde edilen cevap eşit hava basıncı varlığında flasitite gösterir. Timpanogram şekli Tip A'dır ancak yüksek amplitüdü timpanogram (A_D) elde edilir.

Tip B timpanogram elde edilen kulaklarda, kulak kanalındaki basıncın değişmesine rağmen hiç değişmeyen komplians vardır. Bu durum, orta kulaktaki masif sıvı nedeniyle hareket edemeyen timpanik membranda ya da timpanik membranda malformasyon veya yabancı cisim, serümen vb. durumlardan etkilenme söz konusu olduğu zaman görülür. Genellikle Tip B timpanogramlar iletim tipi işitme kayıplarında elde edilir. Kulak kanalına ne kadar basınç verilirse verilsin ya da orta kulak ile kulak kanalı basıncı ne kadar eşitlenmeye çalışılırsa çalışılsın komplians elde edilmez.

Tip C timpanogramda, komplians normale yakındır ancak anlamlı derecede negatif basınç vardır. Orta kulakta üç kat daha fazla sıvı olduğunu gösterir. Bazı durumlarda Tip C timpanogram östaki disfonksiyonunu gösterir. Orta kulak ile kulak kanalındaki basınç eşitlenememektedir. Aynı durum normal kulakta uçak inişe geçerken de görülebilir. Kulak zarındaki basınç uçak inişe geçtiğinde artar ve yer seviyesinde maksimuma ulaşır. Eğer östaki tüpü tıkalı ya da geçici bir şekilde disfonksiyonel ise ortak kulaktaki basınç kulak kanalındaki basınçtan daha azdır. Bu durumda kişide ağrı ya da rahatsızlık hissi ve hafif derecede geçici işitme kaybı olur. Tip C timpanogramlar yorumlanırken, devam eden tedaviler ve hastalıklar da değerlendirilmelidir. Eğer kulak sıvı ile dolma sürecinde ise timpanogram şekli C'den B'ye doğru kayacaktır. Diğer taraftan tedavi sonunda ya da kulak kendiliğinden normale dönerse timpanogram şekli C'den A'ya dönecektir. Dahası, Tip C timpanogram, uçak örneğinde olduğu gibi geçici olabilir ve bu nedenle yorumlanırken dikkatli olmak gerekir.

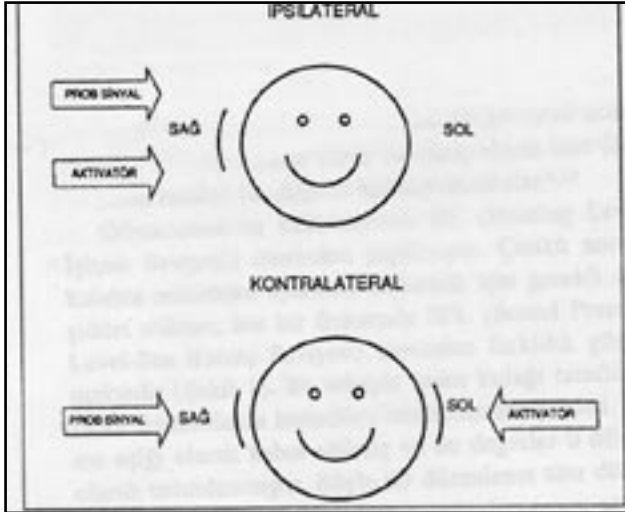
3. Akustik Refleks

Kulağa yeterli şiddette ses uyarısının verilmesi sonucu stapedius kasının refleksif olarak kasılması akustik refleks olarak tanımlanır. Akustik refleks,

işitme eşliğinin 70-80 dB üzerindeki şiddette verilen akustik uyarana cevaben meydana gelen *stapedius* kasının kasılmalarının sonucu ortaya çıkar.

Stapedius kası, stapesin akustik ve akustik olmayan aktivatörlere karşı kontraksiyonunda stapesi aşağıya ve oval pencerenin dışına doğru iter, stapesin başı geriye doğru çekilir, stapesin anterior tabanı timpanik kaviteye doğru eğilir. Stapesin bu açısız hareketi sonucu kemikçik zincirde oluşan katılaşmaya paralel olarak timpanik membranın lateral yüzeyindeki akustik geçirgenlikte azalma görülür.

Normal kulaklarda, akustik ve akustik olmayan aktivatöre karşı stapes kasının kontraksiyonu bilateral olur. Yani bir taraftaki *stapedius* kası kasıldığı zaman karşı taraftaki stapes kası da kasılır. Böylece, *stapedius* kası refleksi ipsilateral ya da kontralateral aktive eden sinyalle görülebilir. İpsilateral *stapedius* refleksi ölçümlerinde, aktive eden sinyal, akustik immitans değişiklerinin ölçüldüğü kulağa verilir. Kontralateral stapes refleksi ölçümünde aktivatör bir kulağa verilir (bu kulak stimulus ya da aktivatör kulak olarak adlandırılır) ve akustik immitans değişiklikleri ise karşı kulakta ölçülür (bu kulak ise problu kulak olarak adlandırılır). Şekil 5.3'da ILR ve KLR ölçümleri gösterilmektedir.



Şekil 5.3 : ILR ve KLR Ölçümleri (Genç G A, Belgin E., *Temel Odyoloji. 'Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi' Koç C (Ed). 2004, Bölüm 4.3, Güneş Kitabevi, Ankara.*)

İpsilateral ve kontralateral akustik refleksi için nöronal yollar aşağıdaki gibidir:

İpsilateral refleksi için nöronal yol; koklea → 8. Sinir → ventral koklear nükleus → süperior olivary kompleks → fasiyal motor nükleus ve stapesi inerve eden 7. sinir motor dal (stapedial).

Kontralateral refleksi için nöronal yol; koklea

(sensör) → 8. sinir → ventral koklear nükleus → kontralateral superior olivary kompleks → kontralateral fasiyal motor nükleus ve kontralateral taraftaki *stapedius* kasını inerve eden 7. sinir motor dal (stapedial).

Akustik refleksi ölçümleri koklear, retrokoklear ve iletim tipi işitme kayıplarında çoğu zaman ayırıcı tanıda kullanılabilir.

KULAK BURUN BOĞAZ MUAYENESİ ve İLK ODYOLOJİK TETKİK

Test Öncesi Kulak Muayenesi

Endüstri alanında yapılan odyolojik değerlendirmelerin tümünde, tetkik öncesinde işçinin dış kulak yolu ve kulak zarı muayenesinin yapılması gerekmektedir. Dış kulak yolunda buşon varsa temizlenmeli, orta kulakta mayi varsa tedavisi yapılmalıdır. Testi yapan klinisyenin mutlaka testten önce bu bilgilere sahip olması, test sonucunun doğru yorumlanması açısından önemlidir. Kulak muayenesini Kulak Burun Boğaz Uzmanının yapması tercih edilmekle birlikte bu konuda deneyimli kurum hekiminin yapması da kabul edilmektedir.

İlk Odyolojik Tetkik

Güvenilir ve doğru bir odyolojik tetkik için deneyimli ve yetkili bir klinisyen testi yapmalıdır. Bunun yanı sıra test için yerine getirilmesi gereken bazı koşullar ve odyolojik tetkik kapsamındaki ölçümler de son derece önemlidir. Endüstriyel alandaki odyolojik tetkikler için bu koşulları şu şekilde sıralamak mümkündür.

Odyolojik değerlendirme için ideal koşul;

1. Standartlara uygun suit test odası
2. Hava yolu işitme eşikleri (125-18 000 Hz)
3. Kemik yolu işitme eşikleri (500-4 000 Hz)
4. Konuşmayı Anlama Eşiği (SRT-Speech Reception Threshold)
5. Konuşmayı Ayırdetme (SD- Speech Discrimination)
6. Tedirgin Edici Ses Yüksekliği (UCL-Uncomfortable Loudness)
7. Orta Kulak Basıncı (OKB)
8. İpsi lateral refleksi (ILR) ve Kontra lateral refleksi (KLR)

İdeal koşul sağlanamazsa;

1. Standartlara uygun tekli test odası
2. Hava yolu işitme eşikleri (125-8 000 Hz)
3. Kemik yolu işitme eşikleri (500-4000 Hz)
4. Konuşmayı Anlama Eşiği (SRT-Speech Reception Threshold)
5. Tedirgin Edici Ses Yüksekliği (UCL-Uncomfortable Loudness)
6. Orta Kulak Basıncı (OKB)
7. İpsi lateral refleks (ILR)

Odyolojik değerlendirmede kabul edilemez ölçüm;

1. Standartlara uygun olmayan test odası
2. Hava yolu işitme eşikleri (125-4 000 Hz)
3. Orta Kulak Basıncı (OKB)

ODYOMETRE VE TEST ODASI

Odyometre

İşitmeyi ölçmek ve ayırıcı tanı testleri yapabilmek için özel olarak imal edilmiş cihazlara ve bu cihazlarda güvenilir, stabil, saf ses veya ihtiyaca göre kompleks ses üretimine ihtiyacımız vardır. Bu cihazlar odyometre olarak adlandırılır. (Resim 5.3)

Odyometreler;

- ürettikleri sinyal tipine
- ürettikleri frekans aralığına
- işitmenin ölçüldüğü yonteme
- kullanım amacına
- bağımsız odyometre sayısına
- taşınabilirliğine göre

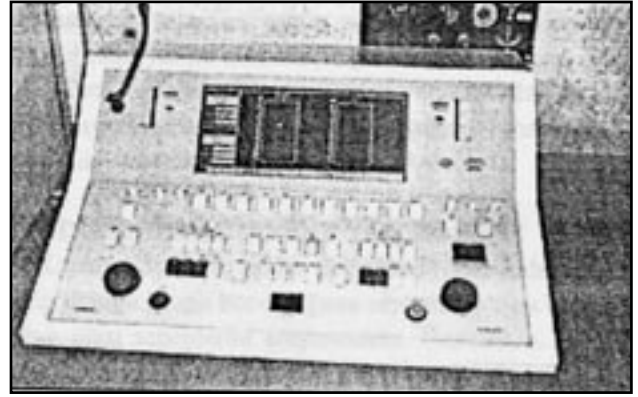
isimlendirilir.

ANSI S3.6-1996, odyometreleri şu şekilde sınıflandırır;

1. Saf ses odyometre
2. Otomatik odyometre
3. Konuşma odyometresi
4. Yüksek frekans odyometresi
5. Serbest alan odyometresi
6. Tarama odyometresi

Odyometrenin parçaları aşağıdaki gibidir;

1. Güç düğmesi
2. Frekans seçim düğmesi
3. İşitme seviyesi düğmesi
4. Amplifikatör
5. Attenuatör (HL kadranı)
6. Sinyal yönlendirme düğmesi
7. Maskeleye seviye kontrol düğmesi
8. Kulaklık
9. Kemik ossilatör
10. Sinyal seçim düğmesi
11. Hoparlör



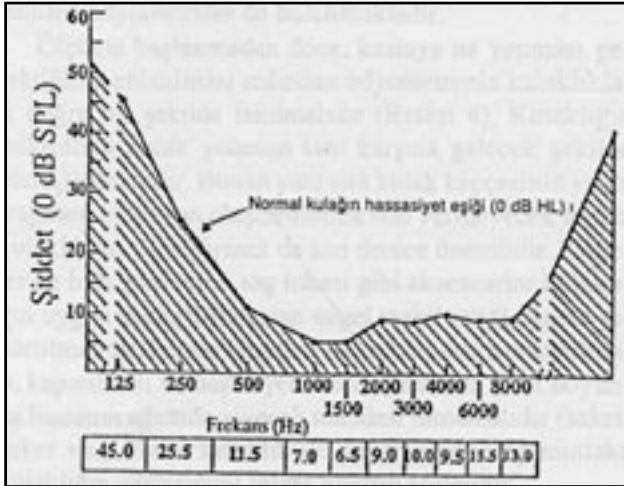
Resim 5.3: Odyometre (Genç G A, Belgin E., Temel Odyoloji. 'Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi' Koç C (Ed). 2004, Bölüm 4.3, Güneş Kitabevi, Ankara.)

Odyolojik ölçümlerde stabilitenin sağlanması için uluslararası standartlara uygunluk gerekmektedir. American Speech and Hearing Association (ASHA), American National Standards Institute (ANSI) standartlarına göre kalibrasyon yapılması zorunluluğunu getirmiştir.

Odyolojik ölçümlerde ossilatörden jeneratöre, kulaklıklardan kemik iletim vibratörüne kadar standartlara uygunluk çok önemlidir. Occupational Hearing Conservation (OHC) programında kullanılan odyometreler ANSI S3.6 (1969, R1989)'a göre kalibre edilir. Kalibrasyonu yapılan frekanslar en azından 500 ve 6000 Hz arasındaki frekansları içermelidir. Distorsiyonu ve yapay gürültüleri kontrol edebilecek kadar iyi işitme eşiklerine sahip olduğu bilinen bir kişi tarafından test yapılmaya başlanmadan önce günlük dinleme kontrolü yapılmalıdır. Her ay en az bir kez olmak üzere odyometrenin çıkışı biyolojik kalibrasyon

yapılarak kontrol edilmelidir. Akustik kalibrasyon en azından yıllık olarak ve ayrıntılı kalibrasyon ise en azından iki yılda bir kez yapılmalıdır. *Hearing Conservation Amendment (HCA)*'ya göre biyolojik kalibrasyon yapıldığı zaman 10 dB ya da daha fazla sapma varsa akustik kalibrasyon yapılmalı ancak bu sapma 15 dB ve daha fazla ise ayrıntılı kalibrasyon yapılmalıdır.

Odyometrelerin kalibrasyonu, *Hearing Level-İşitme Seviyesi (HL)* cinsinden yapılır. Çünkü normal kulakta minimum uyarılma sağlamak için gerekli olan şiddet miktarı, her bir frekansa *Sound Pressure Level-Ses Basınç Seviyesi (SPL)* cinsinden farklılık gösterir (Şekil 5.4). Bu nedenle insan kulağı tarafından farklı frekanslarda hissedilen minimum ses şiddeti, işitme eşiği olarak kabul edilir ve bu değerler 0 dB HL olarak tanımlanır. Böyle bir düzenleme tüm dünya da yapılan işitme ölçümlerinin standardizasyonu açısından oldukça önem taşır.

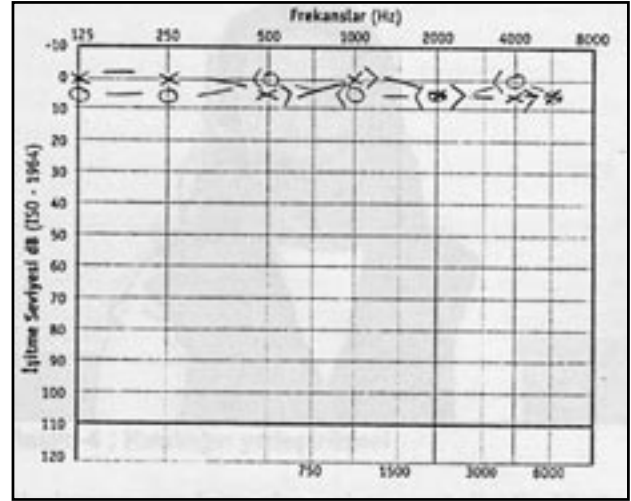


Şekil 5.4 : Normal işitmeye sahip kulağın frekanslara göre SPL cinsinden eşik seviyesi (Genç G A, Belgin E., Temel Odyoloji. 'Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi' Koç C (Ed). 2004, Bölüm 4.3, Güneş Kitabevi, Ankara.)

İnsan kulağı 20-20000 Hz arasındaki frekans aralığına karşı hassastır. Bununla beraber, konuşma için kritik frekanslar 125 Hz ve 8000 Hz'dir. Odyometrelerin çoğunluğu, 125-8000 Hz arasında sinyal üretir.

Ses, odyometre sisteminin maksimum çıkışına (output) denk düzeyde üretilir ve amplifiye edilir. Potansiyometre kulaklıklara ya da hoparlörlere giden ses enerjisini artırır ya da azaltır. Odyometrelerde saf ses uyarının yanı sıra genellikle dar band gürültü ve beyaz gürültü kullanılır.

Hastadan elde edilen işitme ölçüm sonuçlarının bir grafik halinde gösterilmesi ise "odyogram" olarak tanımlanır. Normal işitmeye sahip bir bireyin odyogram örneği Şekil 5.5'de görülmektedir.



Şekil 5.5: Normal işitmesi olan bireyin odyogramı (Genç G A, Belgin E., Temel Odyoloji. 'Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi' Koç C (Ed). 2004, Bölüm 4.3, Güneş Kitabevi, Ankara.)

Test Odaları

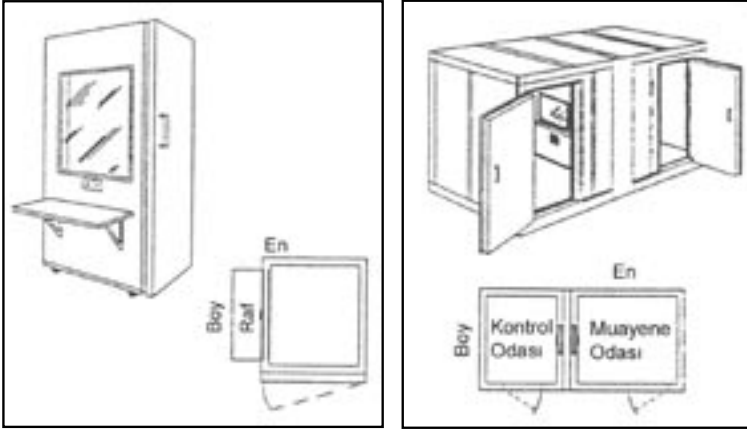
İşitme ölçüm sonuçlarının güvenilir olmasının bir kuralı da ölçümün uygun fiziksel koşullarda yapılmasıdır. İşitme ölçümleri belirli bir oranda sestten arındırılmış odalarda yapılmalıdır. Sessiz oda, çevre gürültüsünün yol açacağı maske etkisine bağlı olarak işitme eşiklerinin yükselmesini önler ve kabul edilebilir sessiz dinlenme ortamı sağlar.

Test odaları, tek odalar ya da iki odalı suitler olarak sınıflandırılır. Tek odalarda, hasta odanın içinde oturur, klinisyen ve odyometre dışarıdadır. İki odalı suitler, hasta odası ve kontrol odasından oluşur. Kontrol odası, özellikle canlı sesle konuşma testleri yapılırken mümkün olduğu kadar sessiz olmalıdır. Odanın boyutları da önemlidir. Hasta odası, mümkün olduğu kadar geniş olmalıdır. Klinisyenin bulunduğu kontrol odasının; odyometre, klinisyen ve gözlemci için yeterli büyüklükte olması gerekmektedir.

American Society for Testing and Materials, pre-fabrike sessiz odaların gürültü redüksiyon miktarını ölçmek üzere bir standart geliştirmiştir (ASTM E596-1996).

Çevrede bulunan tüm gürültüyü elimine etmek mümkün olmadığı için ANSI, sessiz odalarda 0 dB HL'e kadar işitmeyi değerlendirmek üzere *Maximum Permissible Ambient Noise Level (MPANLs)* standardını (ANSI s 3.1-1991) geliştirmiştir. ANSI 1991 MPANLs, iki test durumu ve üç test aralığı için oktav ve 1/3 oktav aralıkları için belirlenmiştir. Test durumları kulaklıkları ve serbest alan veya kemik yolu değerlendirme şeklinde uygulanmıştır. Üç frekans aralığı olarak 125-8000 Hz, 250-8000 Hz, 500-8000 Hz kullanılmıştır. 500-

8000 Hz endüstriyel değerlendirme işitme taraması için kullanılırken diğer iki aralık rutin klinik değerlendirme için kullanılır. MPANLs, monaural dinleme için belirlenmiş bir seviyedir. Binaural dinleme için MPANLs'den 3 dB çıkartılmalıdır.



Resim 5.4 : Sessiz Oda (Interacoustics Company broşürü)

ANSI S 3.1-1991, test odasındaki çevre gürültüsü MPANLs'ye eşit veya daha az olduğu zaman 0 dB HL'de ölçülen işitme eşiklerinin eleve edilme-yeceğini varsayar.

OSHA, endüstriyel işitme testinde kullanılmak üzere MPANLs'i belirlemiştir. OSHA MPANLs, çevre gürültüsünün 500-6000 Hz arasında *sound level meter* ile ölçüleceğini ve testin *supra-aural* kulaklıklar ile yapılacağını varsayar.

OSHA MPANLs, kulaklı ANSI 500-8000 Hz MPANLs'den çok daha yüksektir. Endüstriyel değerlendirmede ANSI S3.1-1991, 500-8000 Hz aralığında kulaklı MPANLs kullanımını önermektedir.

Hearin Conservation Amendment (HCA), odometrik test odalarının sahip oldukları çevresel gürültü oktav-band düzeylerinin ANSI S3.1 – 1991 standardı ile spesifiye olan maksimum çevresel gürültü düzeyinden daha yüksek olmamasını önerir.

Çok genel hatları ile ortalama özellikteki bir test odasının kabini odyolojik tetkik yapılmasına uygun olacak şekilde metalden imal edilmelidir. Duvarlar, tavanlar, zemin ve kapılar genellikle ses yutucu materyal ile doldurulmuş metal plakalardan oluşan 10 cm kalınlığındaki panellerden yapılır. Odadaki reverberasyonu en aza indirmek için sessiz odaların yüzeyleri delikli metallerle kaplanır. Sessiz odaların boyutları kabinin yapılmasına ayrılan mekana göre ayarlanabilir, kabinin toplam ağırlığı ebata göre değişiklik gösterir. Çelik panellerin birbirine geçmesi ile oluşturulan kabinde çeliğin kalınlığının 1.5 mm'den daha az olmaması ve dış yüzeyinin 0.76 mm galvanize edilmiş olma-

sı önerilir. Kabinde klinisyenin test yapılan kişiyi gözlemlemesini sağlayan pencerede de yalıtım olmalıdır. Kabinin havalandırma kapasitesinin 5.66 m³ olması ve havalandırma sisteminde özel imal edilmiş susturucuların olması gerekir tabanının yaklaşık 1 cm kalınlığında lastik taban ile kaplı olması önerilir.

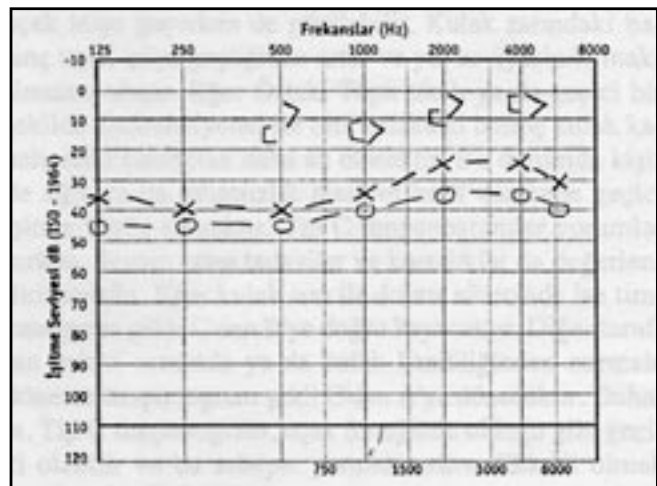
İŞİTME KAYIPLARI

İşitme sistemi, periferik ve sentral olmak üzere iki kısımdan meydana gelir. Periferik kısım, dış kulak yolu, orta kulak, iç kulak ve koklear sinir; sentral kısım, koklear sinirden sonraki yapıları içerir. Bu yapılarda meydana gelen patolojilere göre işitme kaybı ortaya çıkabilir. Bu kısımda işitme kaybı tiplerinden sadece iletim, sensörinöral ve mikst tip işitme kayıplarından bahsedilecektir

İLETİM TİPİ İŞİTME KAYIPLARI

Dış kulak yolundan itibaren stapes tabanına kadar olan bölgede olası patolojilerin ortaya çıktığı işitme kayıplarıdır. Kemik yolu işitme eşikleri normal sınırlar içerisinde iken hava yolu işitme eşikleri düşer ve hava-kemik aralığı ortaya çıkar (Şekil 5.6). İletim tipi işitme kaybında maksimum 60-70 dB'lik bir hava-kemik aralığı meydana gelir.

İletim tipi işitme kaybı olan kişileri, mikst veya sensörinöral tip işitme kaybı olan kişilerden iki davranışsal semptom birbirinden ayırır. Bu kişiler ses yeterince yüksek ise konuşmayı ayırt etme problemi yaşamazlar ve yumuşak bir ses tonu ile konuşurlar.



Şekil 5.6 : Bilateral çok hafif derecede iletim tipi işitme kaybı olan bireyin odyogramı (Genç G A, Belgin E.) Temel Odyoloji. 'Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi' Koç C (Ed). 2004, Bölüm 4.3, Güneş Kitabevi, Ankara.)

İletim tipi işitme kayıplarının genel özellikleri aşağıdaki gibidir;

- 1- Hikayede kulak akıntısı, geçirilmiş kulak enfeksiyonu
- 2- Bazen 30 dB'lik işitme kaybı
- 3- Kulak zarı perforasyonu ve rüptür hikayesi
- 4- Gürültüde daha iyi ayırtetme
- 5- Tinnitus şikayeti
- 6- Lombart fenomeni
- 7- Çene hareketleri sırasında rahatsızlık
- 8- Hava-kemik aralığı
- 9- Normal sınırlarda konuşmayı ayırt etme skoru
- 10- Muayenede dış kulak yolu, kulak zarı veya orta kulakta anomali
- 11- Weber testinde kötü kulağa lateralizasyon
- 12- En fazla 60 dB HL hava-kemik mesafesi
- 13- Normal sınırlarda kemik yolu işitme eşikleri

İletim tipi işitme kaybında, işitme kaybının başlangıç zamanı, işitme kaybının tedrici veya ani olup olmadığı, başka semptomların varlığı, vertigo, tinnitus, kulak akıntısı veya ağrı not edilir. Aile hikayesi, gürültüye maruz kalma, önceden geçirilen kulak veya baş travması ve ototoksik ilaç kullanımı da dikkate alınır.

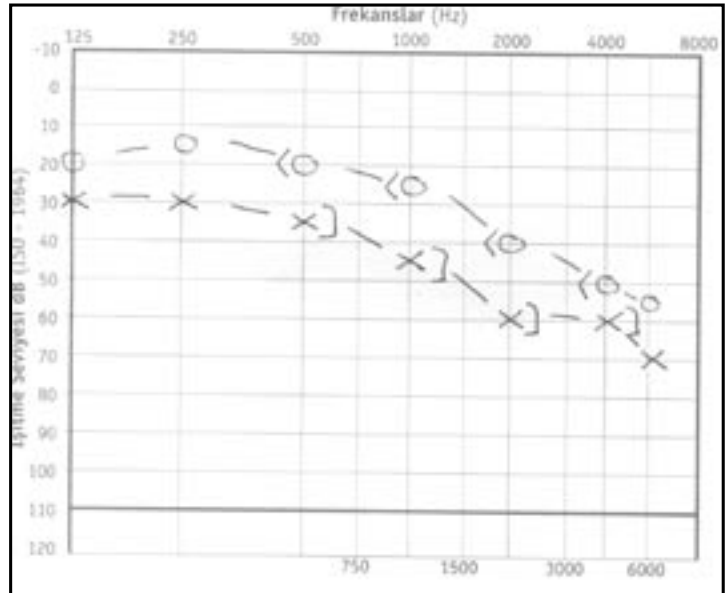
SENSÖRİNÖRAL TİP İŞİTME KAYIPLARI

Sensörinöral işitme kaybında hem hava hem de kemik yolu işitme eşikleri 15 dB'in altına düşer. Hava ve kemik yolu işitme eşikleri birbirine çakışıktır (Şekil 5.7). Sensörinöral tip işitme kayıplarının semptomları arasında yüksek sesle konuşma, konuşma seslerinin ayırt edilmesinde problemler ve recruitment yer alabilir. Genellikle alçak frekanslardaki işitme yüksek frekanslara göre daha iyidir. Bu nedenle, sesli fonemler sessiz fonemlere göre daha iyi anlaşılabilir. Konuşmanın anlaşılabilirliğinde problem vardır. Koklea ve/veya 8. Kraniyal sinir patolojileri sonucu oluşan sensörinöral işitme kayıpları konjenital veya kazanılmış olabilir.

Sensörinöral tip işitme kayıplarının genel özellikleri aşağıdaki gibidir;

1. Genellikle yüksek şiddette, sert, detone ve melodik paterni bozuk ses

2. Normalden farklı artikülasyon ve kelime haznesi
3. Tinnitus, yüksek frekanslı hışırtılı veya zil sesi şeklinde tarif edilir.
4. Çakışık hava-kemik aralığı
5. Konuşmayı ayırtetmede azalma
6. Gürültülü ortamda konuşmayı ayırt etme güçlüğü
7. Roll-over fenomeni
8. Normal otolojik bulgular
9. Recruitment
10. Normal orta kulak basıncı
11. İşitme kaybına bağlı olarak değişik akustik refleks bulgusu
12. Patolojinin tipine, şiddetine ve etiyojisine bağlı odyometrik konfigürasyon



Şekil 5.7: Sağda çok hafif solda hafif derecede sensörinöral işitme kaybı bireyin odyogramı (Genç G A, Belgin E) Temel Odyoloji. 'Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi' Koç C (Ed). 2004, Bölüm 4.3, Güneş Kitabevi, Ankara.)

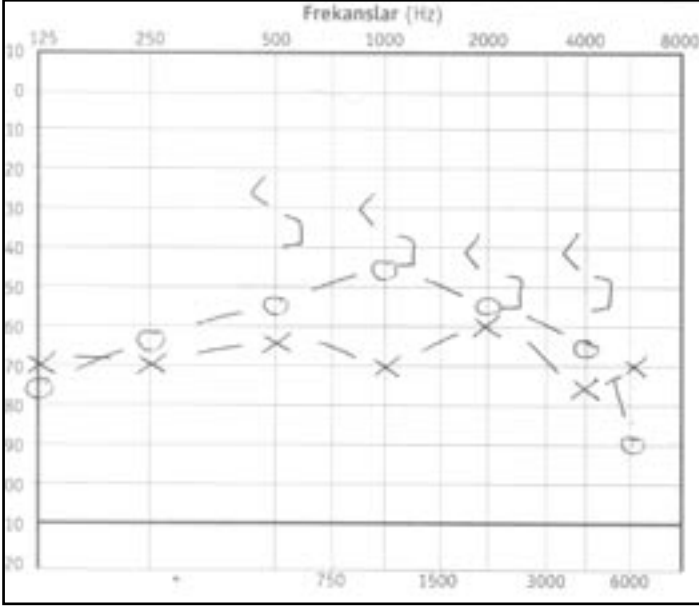
MİKST TİP İŞİTME KAYBI

Hem iletim hem de sensörinöral patolojiyi birlikte kapsamaktadır. Hava ve kemik yolu işitme eşikleri 15 dB'in altındadır ve hava - kemik aralığı söz konusudur. Ancak iletim tipi işitme kaybından farklı olarak kemik yolu işitme eşikleri de normal sınırların dışına düşmüştür (Şekil 5.8).

GÜRÜLTÜYE BAĞLI İŞİTME KAYBI

Günlük yaşamında gürültüyle iç içe olan insan gürültüden çeşitli şekillerde etkilenir. Bu etkiler gürültünün işitmeye olan etkileri, gürültünün in-

san davranışlarına olan etkileri ve diğer organik etkiler olarak sıralanabilir. Yüksek şiddette gürültünün etkisinde kalmak geçici ya da kalıcı işitme kaybına sebep olabilir. Gürültüye bağlı işitme kaybı iki şekilde meydana gelebilir; 1. zararlı çevresel gürültünün uzun süre etkisinde kalmak (gürültüye bağlı işitme kaybı), 2. Şiddetli gürültüye tek ve kısa bir patlama tarzında kısa süreli gürültünün etkisinde kalmak (akustik travma). Gürültü, işitmeyi tüm SPL değeri, frekans spektrumunu, gürültü durasyonu ve gürültünün temporal paterni gibi faktörlere bağlı olarak etkiler.



Şekil 5.8 : Sağda hafif solda orta derecede mikst tip işitme kaybı olan bireyin odyogramı (Genç G A, Belgin E.) Temel Odyoloji. 'Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi' Koç C (Ed). 2004, Bölüm 4.3, Güneş Kitabevi, Ankara.)

Yüksek ses düzeyi, aşırı uyarılma ve/veya mekanik travmaya bağlı olarak geçici ve/veya kalıcı işitme kaybı meydana getirebilir. Sensori-nöral işitme kaybı yüksek şiddetteki ses düzeyinin aşırı uyarılması sonucunda hasar etkisi ile oluşur. Bu genellikle uzun bir zaman sürecini gerektirir ve gürültüye bağlı işitme kaybı olarak adlandırılır. Bu durumun aksine, akustik travma terimi ise silah sesi ya da patlamalarda olduğu gibi ani ve çok şiddetli seslerin etkisinde kalmanın ortaya çıkardığı işitme kaybına atfen kullanılır. Bu etkilenmeler, aşırı uyarılmanın oluşturduğu hasara ek olarak, kulak zarı, orta kulak ve/veya koklear yapıları mekanik olarak travmatize eder ve genellikle tek bir etkilenme oluşur. Akustik travma ve gürültüye bağlı işitme kaybının spesifik sebepleri tam olarak bilinmemektedir. Akustik travmaya bağlı işitme kaybına, işitsel sistemin fizyolojik limitlerinin aşılması neden olabilir. Timpanik membranda rüptür de meydana gelebilir. Kemikçik zinciri birbirinden ayrılabilir (kemikçik zincirde kopukluk olabilir).

Corti organı tamamen ve kısmen harap olabilir. Akustik travmanın aksine, zararlı gürültüden sürekli etkilenme sonucunda meydana gelen işitme kaybı, mikrotravma ya da metabolik, vasküler, iskemik ve ionik bozukluklar sonucu olabilir. Hayvanlar ve insanlarda temporal kemik bulguları, akustik travma ve gürültüye bağlı işitme kaybının hafif ödemden, dış tüy hücrelerinin kondensasyonuna ve korti organının tam olarak yokluğuna kadar uzanabilir. Ganglion hücrelerinde ve sinir liflerinde sekonder dejenerasyon da görülebilir. Anormallikler kokleanın apikal kısmından ziyade basal kısmında meydana gelir.

Gürültüye bağlı işitme kaybını incelediğimizde iki önemli kavram karşımıza çıkar.

1. *Temporary Threshold Shift (TTS)* (Geçici Eşik Değişikliği - GED)
2. *Permanent Threshold Shift (PTS)* (Kalıcı Eşik Değişikliği - KED)

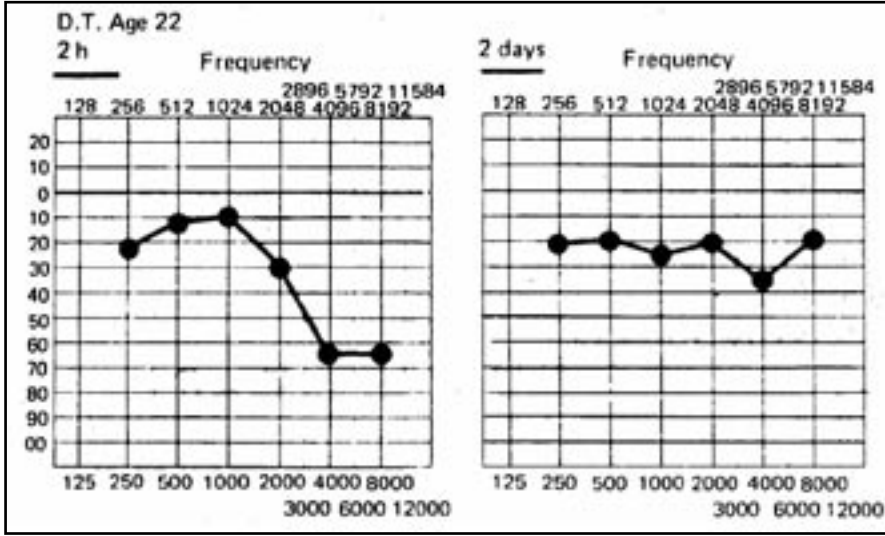
Geçici Eşik Değişikliği

Herkes yaşamında değişik zamanlarda genellikle tinnitus ile birlikte geçici işitme zorluğu ile karşı karşıya kalabilir. Bu duruma sebep olan yüksek şiddetteki ses kaynağı çok farklılık gösterir. Bunlara örnek olarak, yüksek şiddetle müzik, inşaat gürültüsü, metro treni gürültüsü, çim biçme verilebilir. İşitme hassasiyetindeki kısa süreli azalma özünde sensöri-nöraldir ve geçici eşik değişikliği olarak adlandırılır.

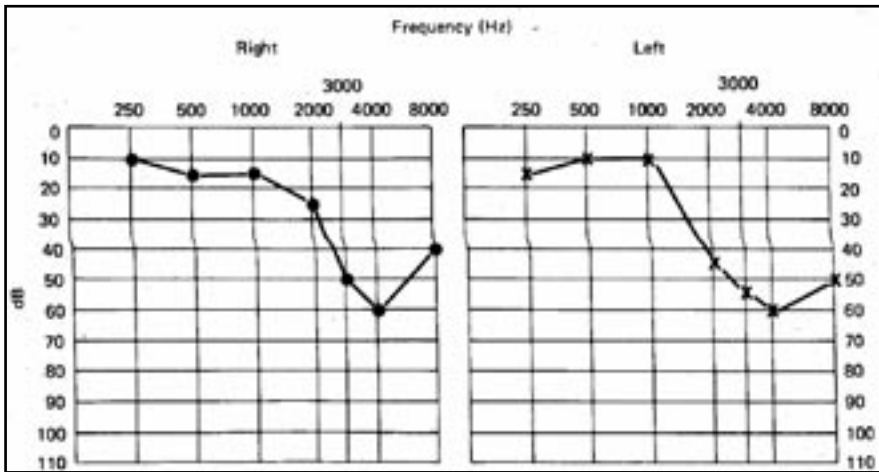
Geçici eşik değişikliği, gürültülü ortamda bulunma sonrası, işitme hassasiyetinde azalma, gürültü kesildikten sonra belli zaman içerisinde işitme eşiklerinin gürültüden etkilenmeden önceki seviyeye geri dönmesi olarak tarif edilir. Geçici eşik değişikliğinin derecesi ile etkilenilen (maruz kalınan) sesin frekansı şiddeti ve etki süresi arasında yakın bir ilişki vardır. Bunların yanı sıra kişinin duyarlılığı da önemlidir.

Gürültülü ortamda uzun süre bulunma durumunda iç kulakta histokimyasal değişiklikler ortaya çıkar. Bu değişiklikler sonradan normal düzeye döner. Meydana gelen bu değişikliklerin hücrelerdeki oksijen kullanımının artışına ve RNA mekanizmasının işleyişindeki azalmaya bağlı olduğu savunulur. Eğer gürültü devam ederse, maruz kalınan gürültü şiddetine bağlı olarak birkaç dakika ile birkaç gün arasında değişen (on dakika on gün) sürelerde işitme normal düzeye döner. Birçok GED 16 saat içerisinde düzelmektedir. Yüksek şiddetli sese maruz kalındıktan sonra ortaya çıkan GED günlerce düzelmeyebilir. 40 dB'den daha fazla olan GED patolojiktir ve rezidüel KED ile sıklıkla ilişkilidir. Geçici eşik değişikliğinde mey-

dana gelen iyileşme genellikle ilk 2 gün içerisinde olmaktadır. Ancak, patlama gibi yoğun sesden etkilendikten sonra ortaya çıkan GED'nin iyileşmesi günler alabilir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9: Patlamaya maruz kalan 22 yaşındaki laboratuvar teknisyeninin 16 günlük seri odyogramları (Kerr, A.G., Scott-Brown's Otolaryngology Vol.2 6th Ed. Adult Audiology, Stephens, D., Butterworth Heinemann, 1997)



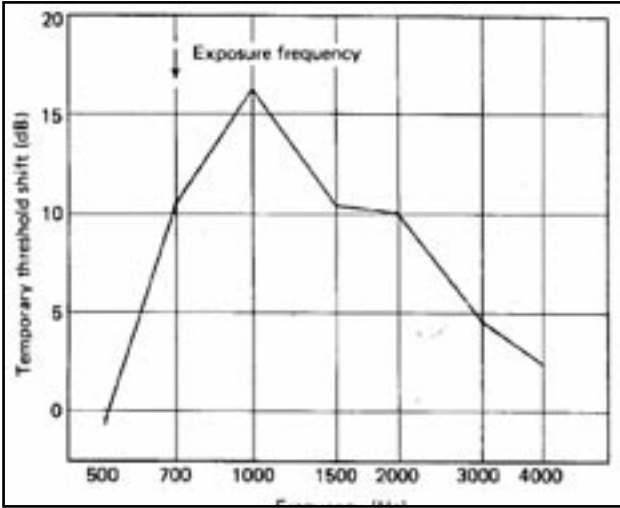
Şekil 5.10. Gürültüye maruz kaldıktan sonra tipik olarak gözlenen 4000 Hz çentigi (Kerr, A.G., Scott-Brown's Otolaryngology Vol.2 6th Ed. Adult Audiology, Stephens, D., Butterworth Heinemann, 1997)

Genelde yaklaşık olarak 80 dB ses basıncı düzeyinin üzerindeki ses düzeyleri GED'ne sebep olabilir. Maruz kalınan sesin şiddeti ve/veya durasyonu arttıkça GED miktarı da daha büyük olur ve işitme kaybının geriye dönüş süresi daha uzun zaman alır. Zararlı gürültüye maruz kaldıktan sonra ortaya çıkan ilk değişiklik yüksek frekans eşik değişikliğidir. Tipik olarak, 3000, 4000 veya 6000 Hz'de çentik ile kendisini gösterir (Şekil 5.10).

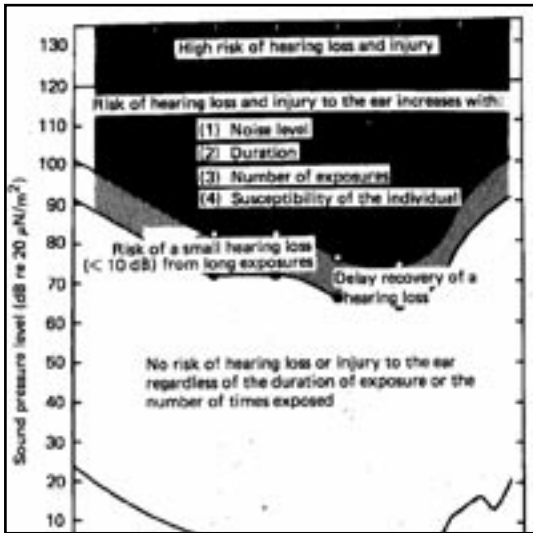
Geçici eşik değişikliğinin derecesi, uyarı süresi ve şiddeti ile birlikte progresif olarak artar. İyileşme yavaştır ve GED'nin derecesine bağlıdır. Uyarı, yeteri kadar güçlü ise geri dönüşümü olmayan değişiklikler meydana gelebilir. Her ne kadar, ilk olarak maksimum GED'nin, uyarı sesinin merkez frekansının yarım oktav üstünde meydana geldiği belirtilmiş olsa da durum biraz daha karmaşıktır (Şekil 5.11). Alçak frekanslarda, maksimum GED, uyarı sesinin merkez frekansından 1 oktavın daha üstünde meydana gelebilir. Frekanstaki uyarı arttıkça GED'nin maksimum noktası uyarı sesine yaklaşır. Eşit şiddetteki sesler için uyarı sesinin frekansı arttıkça maruz kalınan frekanstan bağımsız olarak GED daha fazla olmaktadır.

Mills ve arkadaşları (1982) 300 kişide yaptıkları bir çalışmada gürültünün GED'nin gelişimini ve kulağın belirli psikofiziksel cevapları üzerine etkilerini (temporal entegrasyon, simultane maskeleme, forward maskeleme, psiko fiziksel tuning eğrisi) araştırmışlardır. Asemptotik eşik değişikliği meydana geldiğini görmüşlerdir. Asemptotik eşik değişikliği, belirli şiddetteki sese maruz kalma uzunluğunun üzerinde daha fazla GED meydana gelmemesidir. Asemptotik eşik değişikliği'nde GED'nin seviyesi 74 dB'in üzerinde her 1 dB için 1.7 dB artmaktadır. Alçak frekansa doğru gidildikçe GED'nin olduğu taban seviyesi yükselmektedir (Şekil 5.12) Sonuç olarak, GED'den sonra meydana gelen iyileşme, koşullara göre değişmektedir.

Gloring (1958), gürültüye hiç maruz kalmamış işitmesi normal olan kişilerin, uzun süre gürültüye maruz kalan kulaklara göre daha fazla GED gösterdiklerine dikkat çekmiştir. Yüksek şiddetli sestten önce kulak, düşük şiddetli sese maruz bırakıldıktan sonra ortaya çıkan GEK daha azdır. Bu durum, stapes kası yokluğunda ortaya çıkmakta (tavşan hariç) ve tüy hücresi hasarındaki azalma eşlik etmemektedir. Mekanizma, efferent geribildirim, silyalardaki değişiklikler, koruyucu protein kümelenmesi (heat shock protein) ve bilinmeyen diğer mekanizmalar nedeni ile ilişkili olabilir.



Şekil 5.11. 5 dakika boyunca 700 Hz'lik sese maruz kaldıktan 5 dakika sonra farklı frekanslardaki geçici eşik değişimi (Kerr, A.G., Scott-Brown's Otolaryngology Vol.2 6th Ed. Adult Audiology, Stephens, D., Butterworth Heinemann, 1997)



Şekil 5.12. İnsanın işitme aralığı yaralanma riski ve işitme kaybına göre sınıflandırılmaktadır. (Kerr, A.G., Scott-Brown's Otolaryngology Vol.2 6th Ed. Adult Audiology, Stephens, D., Butterworth Heinemann, 1997)

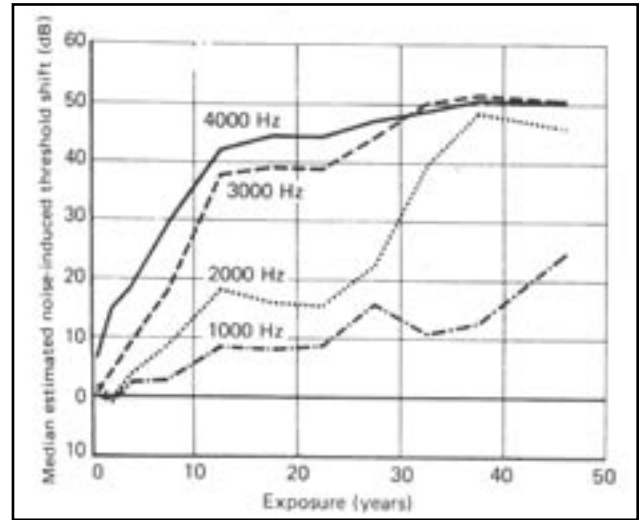
Kalıcı Eşik Değişikliği

Gürültüye daha uzun süre maruz kalma durumunda, iç kulaktaki değişikliklerde geri dönüş olmaz ve kalıcı işitme kaybına ortaya çıkar. Başlangıçta yüksek frekanslarda daha sonra da konuşma frekanslarında kalıcı işitme kaybı meydana gelir.

Kalıcı eşik değişikliği, GED'inde tam olarak geriye dönüş olmadığı zaman meydana gelir, böyle bir durumda işitme hassasiyeti normale dönmez. Çünkü KED, herhangi bir kalıcı işitme kaybına atfen kullanılabilir, endüstriyel alanda gürültüye

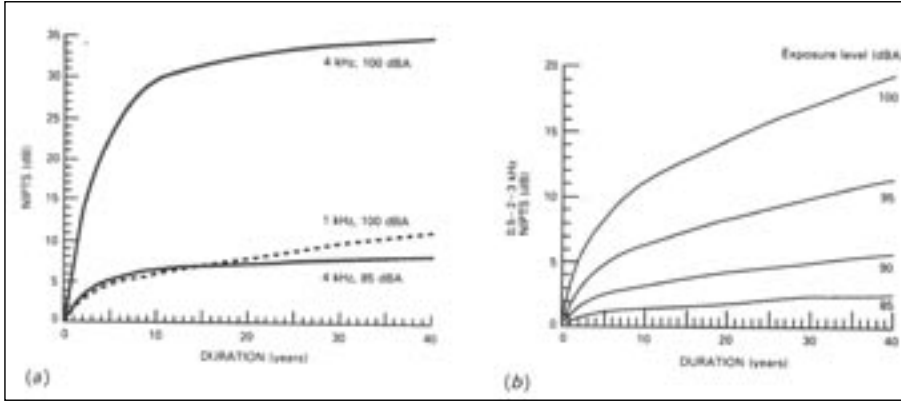
bağlı kalıcı eşik değişikliği (*noise-induced permanent threshold shift-NIPTS*) olarak da kullanılabilir. NIPTS'nin doğası ve şiddeti, maruz kalınan sesin şiddetine, spektrumuna, durasyonuna, yıllardır süregelen maruziyetin tüm durasyonuna ve bireyin gürültüye olan bireysel yatkınlığına göre belirlenir. Bunlara ek olarak, gürültü maruziyetinin oluşturduğu işitme kaybının miktarı, gürültüye ek olarak vibrasyonun olması ve potansiyel ototoksik ilaçların kullanılması ile daha da kötü duruma ulaşır.

İlk başlarda 4000 Hz ve 6000 Hz'de başlayan ve dönüşü olmayan işitme kaybı, gürültünün etkisi uzadıkça diğer frekansları da tutmaya başlar. Her ne kadar, gürültüye bağlı KED'nin ortaya çıkması için 10-15 yıl gürültülü bir ortamda çalışılması gerektiği belirtilse de veriler değişkenlik gösterir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Gürültüye maruz kalma süresinin fonksiyonu olarak tahmin edilen gürültüye bağlı eşik değişikliği (Kerr, A.G., Scott-Brown's Otolaryngology Vol.2 6th Ed. Adult Audiology, Stephens, D., Butterworth Heinemann 1997)

Gürültüye bağlı KED'nin ortaya çıkacağı süre çok belli değildir. Ancak, progresyon hızı erken dönemde yüksek frekanslarda daha sonra alçak frekanslarda meydana gelen maksimum kayıp ile ilişkili olarak değişir. 4 kHz'deki işitme kaybı ilk başta hızlı ilerler; günlük 100 dBA'ya 8 saat maruz kaldığı takdirde 1-2 ay içerisinde 15-20 dB'ye ulaşabilir. İşitme kaybı 10 yıl boyunca kötüleşir ve daha sonra yavaşlar, ancak tamamen durmaz (Şekil 5.14). İşitme kaybının hızı ve miktarı gürültünün dozuna bağlıdır. Alçak frekanslardaki işitme kaybı daha azdır ve daha yavaş artar. Yıllar geçtikçe presbiakuzi görüntüsü ortaya çıkar. Yıllar geçtikçe gürültüye bağlı komponentin etkisi azalırken yaş komponentinin etkisi artar.



Şekil 5.14. a) 4000 Hz (85 ve 100 dBA) ve 1000 Hz (100 dBA)'ya gürültüye maruz kalma süresinin fonksiyonu olarak gürültüye bağlı kalıcı eşik değışikliğı medyanı b) farklı şiddetlerde (85-100 dBA) gürültüye maruz kalma süresinin fonksiyonu olarak saf ses ortalamasının (0.5, 1, 2, 3 kHz) gürültüye bağlı kalıcı eşik değışikliğı medyanı (Kerr, A.G., Scott-Brown's Otolaryngology Vol.2 6th Ed. Adult Audiology, Stephens, D., Butterworth Heinemann 1997)

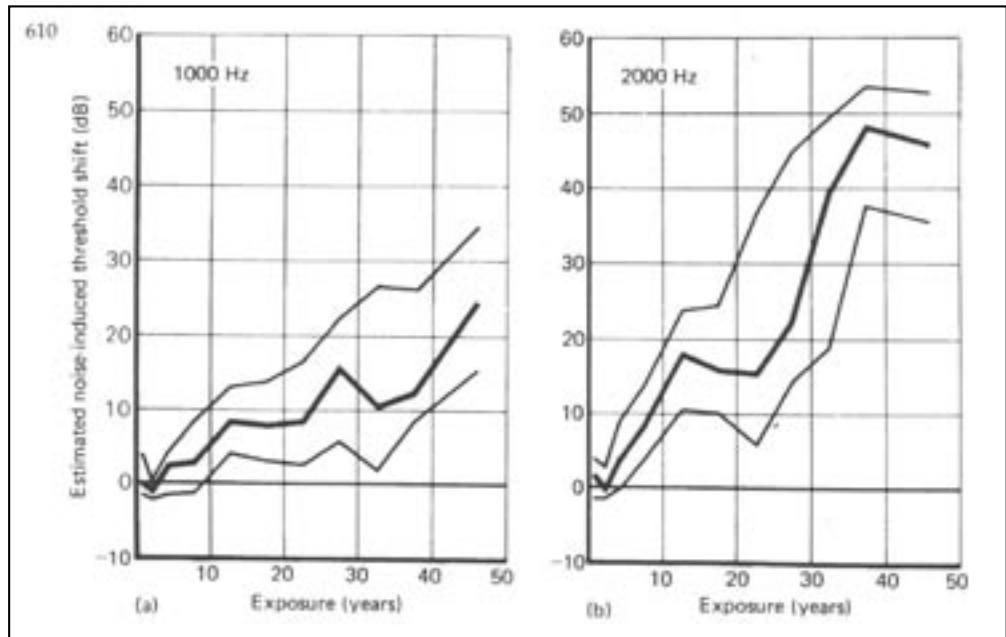
Gürültüye bağlı KED, genellikle 4000 Hz civarında olmak üzere 3000-6000 Hz arasında başlamakta ve zamanla o frekansta kötüleşme ve komşu frekanslara sıçrama göstermektedir. İlk başta asemptomatik olabilir; fakat işitme kaybı 3000 ve 2000 Hz gibi alçak frekanslara sıçrarsa şikayetler başlar. Bireyler, özellikle geri plan gürültüsü olduğu durumlarda ilk olarak konuşmayı anlama da güçlük yaşamaya başlar. Bireylerin işitme kaybı alçak frekanslara doğru ilerledikçe çok sessiz sesleri de duymakta güçlük yaşayabilirler. Zamanla, yüksek frekans iyileşmesi kaybolarak odyogram düz bir hal alır. Gürültüye bağlı KED'inde odyometrik çentik sıklıkla mevcut iken teşhis için ön koşul değildir. Ayrıca gürültü, çentiğın tek nedeni değildir. Darbeli gürültüde çentiğın 6000 Hz'de meydana geldiğı ileri sürülmüştür (Sulkowski, Kowalska ve Lipowcza, 1983).

Ylikoski (1987), darbeli gürültünün akustik özelliğine göre çentik frekansının değıştiğini göstermiştir. Steady-state tonal veya limitli frekans aralığındaki zararlı seslerde odyogram atipik

olabilir ve maksimum hasarın sesin merkezi frekansından yarım oktav üzerinde olduğunu yansıtabilir.

İşitme kaybının progresyon hızı, gürültünün tipine ve bireysel yatkınlığa bağlıdır. Belirli bir gürültü için progresyon tipi Şekil 5.13 ve bu eğrilerin içerdiği aralık Şekil 5.15 ve 5.16'da gösterilmiştir. Şekil 13, belirli gürültü için 3000 ve 4000 Hz'de meydana

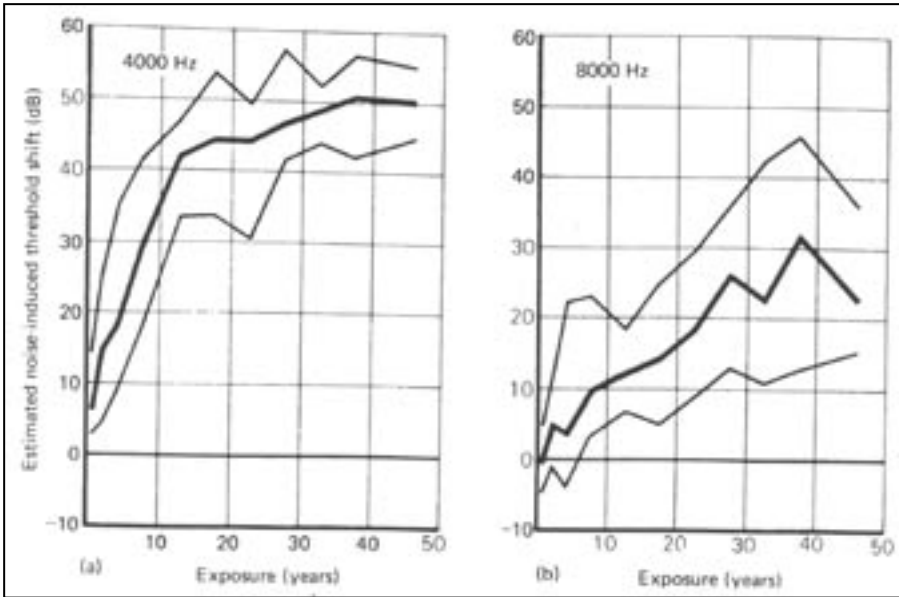
gelen işitme kaybı 12 yıl boyunca lineer olarak arttığını ve daha sonra yavaşlarken 2000 Hz'deki işitme kaybının 25 yıl boyunca yavaş yavaş artarken daha sonra daha hızla artarak 38 yıl gürültüye maruz kaldıktan sonra yüksek frekanslardaki ile aynı seviyeye ulaştığını gösterir. Muhtemelen ileri yıllarda meydana gelen işitme kaybı presbiakuzi nedeni ile ortaya çıkmıştır. Çalışma hayatının sonunda 1000 Hz'deki kayıp sadece kendisini göstermektedir. Ancak, bireysel çok büyük farklılıklar olabilir. Örneğın, 30 yıl gürültüye maruz kaldıktan sonra 2000 Hz'deki kayıp, 25. ve 75. persantiller arasında KED'de 30 dB'lik farklılık gösterir. Farklı gürültü tiplerine maruz kalınması ile bu grafikler farklılık gösterir ve presbiakuzi ile karışır. Güçlüklerden birisi endüstriyel gürültünün değışen tabiatına bağlı olarak tahminlerde bulunmaktır (makine değışebilir veya makinenin fonksiyonu bozulabilir).



Şekil 5.15. Gürültüye farklı sürelerde maruz kalma göre tahmin edilen gürültüye bağlı eşik değışikliğı (Kerr, A.G., Scott-Brown's Otolaryngology Vol.2 6th Ed. Adult Audiology, Stephens, D., Butterworth Heinemann, 1997)

Gürültüye Bağlı İşitme Kaybının Meydana Getirdiği Anatomik ve Fizyolojik Değişiklikler

Gürültüye maruziyetin sebep olduğu anatomik ve fizyolojik anormallikler çok çeşitlidir. Bunlar tüy hücrelerin metabolik aktivitelerinin göze çarpmayacak kadar küçük aksaklıkları ve *stereocilia* katılığının kaybindan (ki bu durum *floppy cilia*'ya sebep olur) *Corti* organının tamamen dejenerasyonuna ve işitme sinirine kadar geniş bir aralıkta meydana gelir. Bazı anormallikler tüy hücrelerinin metabolik yorgunluğunu, tüy hücrelerindeki yapısal değişiklik ve yapısal dejenerasyonu, silyanın morfolojik değişikliklerini (öyle ki eriyip yapışmaya başlarlar ve distorte olurlar) hücre membranı rüptürlerini, tüy hücrelerinin, nöral hücrelerin ve destek hücrelerinin tamamıyla dejenerasyonu ve kaybını içerir. Hafif metabolik bozukluklar ve *floppy cilia* da geriye dönüş olabilir ve bunların GED ile bağlantılı olabileceği düşüncesi vardır. Daha büyük miktarlardaki interferans ve hasar, kalıcı işitme kaybı ile birleşir. Gürültüde hem iç tüy hem de dış tüy hücreleri hasar görür ancak dış tüy hücreleri daha duyarlıdır.



Şekil 5.16. Farklı sürelerle göre belirli frekanslarda tahmin edilen gürültüye bağlı eşik değişikliği a. 4000 Hz; b. 8000 Hz. (Kerr, A.G., Scott-Brown's *Otolaryngology Vol.2 6th Ed. Adult Audiology*, Stephens, D., Butterworth Heinemann, 1997)

Gürültünün oluşturduğu histolojik değişiklikler dış tüy hücrelerinde deformasyon ve ödem meydana gelmesine yol açar. Gürültü nedeniyle, hücre metabolizmasında meydana gelen değişiklikler sonucunda O_2 kullanımı artar, RNA'da düşme olur ve işitme kaybı meydana gelir. İşitme kaybı oluşturacak olan en az gürültü seviyesi 85 dB-90 dB olarak kabul edilir. Uzun süreli gürültüye maruz kalma sonucunda tüy hücrelerinin tahribatı ile

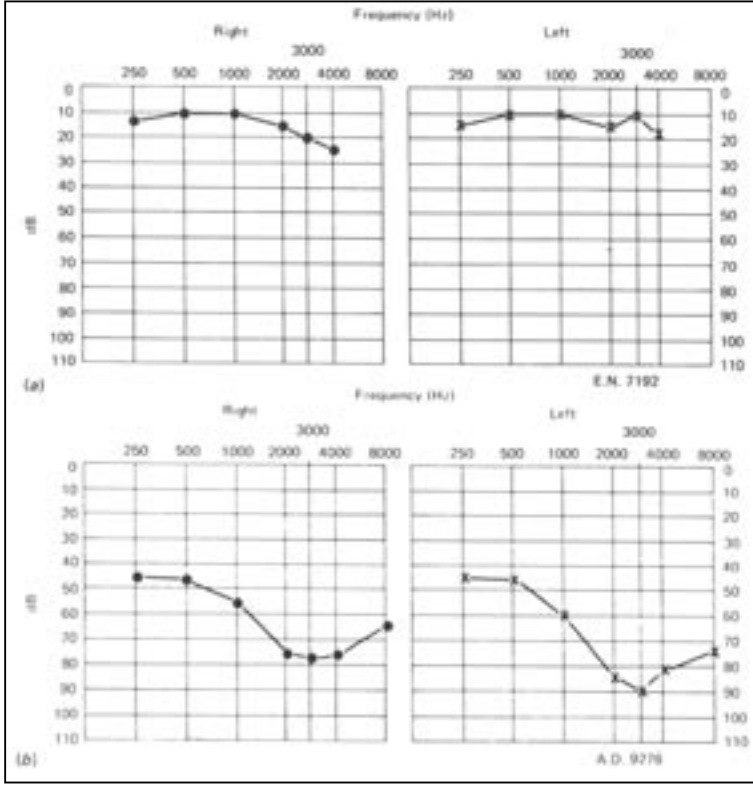
beraber ses iletim mekanizmasında da bozukluk meydana gelir. İlk etapta tahribat 2000-8000 Hz arasında meydana gelir ve böylece günlük yaşamdaki konuşmanın algılanmasında problem olmaz. Gürültüye maruz kalmanın ilk aşamalarında dış tüy hücreleri hasara uğrar ve 4000 Hz etkilenir. İşitme kaybının etkilediği frekanslar 3000-6000 Hz arasındadır. Gürültünün yarattığı ses dalgaları, kokleanın bu bölgesinde mekanik bir travma oluşturur. Koklear arter ve koklear ramus arterin bu bölgede birleşmesi sebebi ile bu bölge yeteri kadar beslenemez. Bu bölgedeki dış tüy hücrelerinin sayısının diğer bölgelere göre daha az sayıda olması sebebi ile bu bölge daha çok hasar görür. Gürültü devam ettikçe iç tüy hücreleri de etkilenmeye başlar ve işitme kaybı artar. İç tüy hücrelerinin daha dayanıklı olması ve mekanik etkiden daha az etkilenmesi sonucunda, iç tüy hücrelerindeki patolojik değişiklikler ancak uzun süreli gürültü sonucunda meydana gelir. Kokleadaki destek hücreleri de etkilenmeye başlar.

Gürültüye Bağlı İşitme Kaybında Bireysel Özellikler

Akustik travma herhangi bir yaşta meydana gelebilir. Buna karşın, gürültüye bağlı işitme kaybı öncelikle erişkinlerde görülür. Gürültüye bağlı işitme kaybı insidansı erkeklerde kadınlara göre daha fazladır. İşitme kaybının derecesi erkeklerde kadınlara göre daha şiddetli olma eğilimindedir. Cinsiyetler arasındaki farklılık kadın ve erkek arasındaki farklı yatkinlığı yansıtabilir ya da maruz kalma gürültü paternlerindeki farklılıklara bağlı olabilir.

Her iki cinsiyette gürültüye bağlı işitme kaybı oluşma eğilimi çok geniş bireysel varyasyonlar gösterir. Bu bireysel varyasyonların sebebi tam olarak açıklanabilmiş değildir. Bireyin gürültüden kaynaklanan işitme hasarına olan yatkinlığı, hastalık, yaş, herediter faktörler ve ilaçlar gibi diğer ajanlara olan maruziyetlerden etkilenir. Önceden varolan işitme kaybı bireyin gürültüye bağlı işitme kaybına olan eğilimini değiştirir. Örneğin, zararlı gürültüye maruz kalınan bir çevrede, daha önceden iletim tipi işitme kaybı olan bireyler normal işitmesi olan bireylere göre sensorinöral hasara daha dayanıklı olabilirler. Buna karşın, daha önceden sensorinöral işitme kaybı olan bireyler, normal işiten bireylere göre gelecekteki bir sensorinöral bozukluğa daha yatkin olabilir.

Bazı kişiler yüksek şiddetteki seslere diğer kişilere göre daha dayanıklı olabilmektedir (Şekil 5.17a ve b) Gürültüye bağlı işitme kaybında bireysel varyasyonların gerçek olduğu ve bunun birçok nedeninin olabileceği savunulur.



Şekil 5.17. a)20 yıl sert kaya madenciliği yapan ve ikinci dünya savaşında tank sürücüsü olarak görev yapan 50 yaşındaki kişinin odyogramı b) a'daki ile aynı şekilde gürültüye maruz kalan 54 yaşındaki bir madencinin odyogramı (Kerr, A.G., Scott-Brown's Otolaryngology Vol.2 6th Ed. Adult Audiology, Stephens, D., Butterworth Heinemann, 1997)

Yeni gürültü standartı ISO 1999 (1990) yüksek şiddetli gürültü dışında presbiakuzi ve gürültünün birbirine katkıda bulunduğunu ileri sürer. Genç ve orta yaş grubunda orta seviyede gürültüye maruz kalındığı taktirde gürültü ve yaşlanma tam anlamı ile birbirine katkıda bulunur. Yüksek şiddetteki gürültü seviyelerinde katkı daha azdır. Yıllar geçtikçe yaşlanmanın etkisi ön plana çıkar. 80'li yaşlarda kulak gürültüye maruz kalmış olsun ya da olmasın yüksek frekanslardaki işitme aynı oranlardadır.

Gürültüye Bağlı İşitme Kaybının Odyolojik Özellikleri

Çalışmalar gürültüye bağlı işitme kaybı olan odyogramların tek bir tipte olmadığını gösterir. Gürültüye bağlı işitme kayıplarının progresyonu incelendiğinde gürültü maruziyetinin uzun yıllar devam etmesi ile beraber gürültüye bağlı işitme kaybının arttığını gösterir. İşitme kaybı tipik ola-

rak 4000 Hz'de çentik ile başlar. Gürültüye maruziyet devam ettikçe çentik daha çok frekansı kapsamakla birlikte en fazla progres 4000 Hz'de olmaya devam eder. Yaklaşık olarak gürültü maruziyetinin 10-15 yıl sonrasında 4000 Hz'deki işitme kaybının progresi yavaşlar ve progres 2000 – 3000 – 6000 Hz gibi diğer frekanslarda da daha rahat görülür.

Yüksek frekans bölgesinde görülen çentiğin sebebi tam olarak tanımlanamamış değildir. Bu konuya ilişkin bir görüşe göre, kokleanın biyolojisi ve mekanizmasına bağlı olarak bu bölge hasara en duyarlı bölgedir. Bir diğer görüş ise, sıklıkla karşılaşılan gürültüler, orta ve dış kulağın rezonans özellikleri sebebiyle, 2000 Hz-4000 Hz arasındaki bölgeye ulaşan geniş bir spektruma sahiptir. Gürültüye bağlı kayıplar bilateral ve az ya da çok simetrik olma eğilimindedir. Bununla beraber özellikle de bir kulak gürültüden diğerine göre daha çok etkilendiği zaman pek çok istisna bulunur.

Genel Odyolojik Örüntü: Saf ses işitme eşikleri bilateral, simetrik sensorinöral işitme kaybı ile karakterizedir. Odyometrik konfigürasyon, yüksek frekanslara doğru artan tarzdadır. İşitme kaybının derecesi genellikle progresiftir.

Örneğin, ilk saf ses işitme eşikleri 3000 Hz-6000 Hz arasında hafif derecede kayıp gösterir. Genellikle eşiklerdeki maksimum düşüş 4000 Hz'de meydana gelir. Daha sonra maruz kalınan gürültünün devamı ile 4000 Hz'deki çentik daha belirgin olmaya başlar. Sonuçta yüksek frekans işitme kaybı yaklaşık olarak 60-70 dB HL civarında stabilize olmaya eğilimlidir. Alçak frekanslardaki işitme eşikleri de etkilenmeye başlar, yüksek frekanslardaki işitme kaybı daha da artar. Konuşmayı anlama skorları, gürültüye bağlı olarak değişir. İşitme kaybı daha çok 3000 Hz'den sonraki frekanslarda olduğu zaman konuşmayı anlama skoru genellikle normal sınırlar içindedir. 3000 Hz'den önceki frekanslarda da etkili olan bir işitme kaybı mevcut ise saf ses eşiklerinin derecesi ile bağlantılı olarak konuşmayı anlama skoru değişecektir. İmpedans bulguları normal sınırlar içerisindedir. Tip A timpanogram elde edilir. Statik impedans değerleri normal sınırlar içerisindedir. Genellikle akustik refleksler tüm frekanslarda normal HL düzeyinde elde edilir. Odyogram konfigürasyonunda yüksek frekanslarda düşüş varsa yüksek frekanslarda akustik refleks elde edilemeyebilir.

Akustik travmada işitme kaybının başlangıcı karakteristik olarak anidir. Buna karşılık olarak, gürültüye bağlı işitme kaybının başlangıcı karakteristik olarak sinsidir. İlk olarak klinik örüntü,

işitmede geçici kayıp ile karakterizedir. Geçici işitme kaybı tinnitus, kulaklarda dolgunluk hissi ve kulakların tıkanması hissi ile beraber olabilir. Akustik travma sonucu meydana gelen işitme kaybı unilateral ya da bilateral olabilir. Gürültüye bağlı işitme kaybı karakteristik olarak bilateralidir.

Gürültüye bağlı işitme kaybının başlangıç safhası boyunca geçici işitme kaybı birkaç saat ya da birkaç gün içinde karakteristik olarak geriye döner. Ancak bunun yanı sıra zararlı gürültüye maruziyet devam ederse eşiklerdeki düşüş daha fazla geriye dönüş göstermez. Kalıcı sensorinöral işitme kaybı meydana gelebilir. Genellikle işitme kaybı 3000 Hz civarında 25 dB HL (ANSI-69) den daha fazla olduğu zaman hasta tarafından işitme kaybı şikayeti dile getirilir.

Gürültüye bağlı işitme kaybında işitmeyi korumak için konvansiyonel yöntemler kulak tıkaçlarını, *semi-insert*'leri ve *ear muff*'ları içerir. Bireysel korumaya ek olarak gürültüye bağlı işitme kaybında gürültülü ortamının önceden modifiye edilmesi ya da kontrol edilmesi de son derece önemlidir.

Ana Hatları İle Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı

Gürültüye bağlı mesleki işitme kaybı, sürekli yüksek gürültüye maruz kalmanın sonucu olarak uzun zaman içerisinde yavaş yavaş gelişen işitme kaybı olarak tanımlanmaktadır. Mesleki akustik travma, ani ses patlamasına bir kez maruz kalımdan sonra işitmede görülen ani değişikliktir. Gürültüye bağlı işitme kaybının teşhisi klinik olarak konulmalı ve gürültüye maruz kalma hikayesi detaylı olarak incelenmelidir.

Gürültüye Bağlı İşitme Kaybının Özellikleri

- İşitme kaybı sensörinöraldır ve iç kulaktaki tüy hücrelerini etkiler
- Gürültüye maruz kalma çoğunlukla simetrik olduğu için işitme kaybı tipik olarak bilateralidir.
- Gürültüye maruz kaldıktan sonra ortaya çıkan işitme kaybının ilk belirtisi 3000, 4000, 6000 Hz'de çentik ve 8000 Hz'de iyileşmedir. Çentiğin tam olarak yeri, gürültünün frekansı ve kulak kanalının uzunluğu dahil olmak üzere birçok faktöre bağlıdır. Gürültüye maruz kalınan erken dönemlerde 500, 100 ve 2000 Hz'deki işitme eşiklerinin ortalaması 3000, 4000 ve 6000 Hz'deki işitme eşiklerinin ortalamasından daha iyidir.
- Gürültüye maruz kalma, tek başına yüksek frekanslarda 75 dB'den alçak frekanslarda 40 dB'den daha fazla işitme kaybına yol açmaz. Yaşa bağlı olarak kişilerde daha fazla işitme kaybı görülebilir.
- Kronik gürültü maruziyetine bağlı olarak görülen işitme kaybının miktarı ilk 10-15 yılda

daha fazladır ve işitme eşikleri düştükçe azalır. Yaşa bağlı işitme kaybında işitme kaybı zamanla birlikte hızlanır.

- Daha önce gürültüye maruz kalan kulaklar daha sonra maruz kalınan gürültüye daha yatkın değildir. Gürültüye bağlı işitme kaybı gürültüye maruziyet ortadan kalktıktan sonra progresyon göstermez.
- 85 dBA'nın üzerindeki gürültüye 8 saat maruz kaldığında işitme kaybı ciddi oranda artar. Genel olarak, yıllarca sürekli gürültüye maruz kalmak aralıklı olarak gürültüye maruz kalmaktan daha zararlıdır. Yüksek şiddetteki gürültüye maruz kalmak da ciddi işitme kaybına neden olabilir.

Şüpheli Gürültüye Bağlı İşitme Kaybının Değerlendirilmesinde Dikkat Edilmesi Gerekenler

- Her ne kadar gürültüye bağlı işitme kaybı tipik olarak bilateral olsa da, asimetric gürültü kaynakları asimetric işitme kaybı ortaya koyabilir. Asimetric işitme kaybı değerlendirilirken retrokoklear lezyonlar da araştırılmalıdır.
- Gürültü ile birlikte ototoksik ajanlara (çözücüler, ağır metaller, sigara kullanımı) maruz kalmak gürültü ile sinerjik etkiye sahip olabilir. Ancak, kardiovasküler hastalık, diyabet ve nöro-dejeneratif hastalıklar gibi bu faktörlerin rolü tam olarak anlaşılammıştır. Gürültünün kişiler üzerindeki işitsel açıdan etkileri farklılık gösterir.
- Yıllar geçtikçe, gürültünün neden olduğu işitme kaybı tüm frekansları kapsayabilir. Bunun nedeni yaşlanma ile birlikte presbiakuzinin görülmesi de olabilir.
- Gürültüye bağlı işitme kaybı olan kişiler, işitme kaybı, tinnitus ve konuşmayı anlamamanın kötü olmasına bağlı olarak morbidite deneyimi yaşayabilirler. İşitme kaybı, çalışma esnasında işçinin iletişimini ve güvenliğini tehdit edebilir. İşitme kaybına bağlı olarak depresyon, sosyal izolasyon, kaza riskinin artması görülebilir.
- Gürültüye bağlı işitme kaybının geri dönüşü olmadığı için erken teşhis ve müdahale son derece önemlidir. 2000, 3000 ve 4000 Hz saf ses ortalamasının temelden 10 dB'lik bir eşik değişikliği, kalıcı işitme kaybının önemli bir erken belirtisidir. Bu nedenle 10 dB'lik eşik değişikliği gösteren kişiler dikkatli bir şekilde değerlendirilmeli ve yönlendirilmelidir.
- Yaş düzenlemesi (*Age correction*), populasyonlar arasındaki işitme kaybı oranlarının karşılaştırılmasına izin veren yaş standardizasyonu yöntemidir.

VAKA ÖRNEĞİ

34 yaşında erkek hasta her iki kulağında da gürültüye bağlı işitme kaybı var.

Hikaye: Hastanın en belirgin şikayeti son iki haftadır her iki kulağında da tinnitus olması. Hasta her iki kulağında da işitme kaybı olmadığını ifade ediyor. Daha önceden geçirdiği önemli bir hastalık kaza, ilaç kullanımı ya da kulakları ile ilgili bir hastalık hatırlamıyor. Baş dönmesi ve mide bulantısı yok. Son beş yıldır uçak makinisti olarak çalışıyor. Çalışma süresi boyunca işitme koruyucusu kullanıyor. Ateşli silah patlaması gibi bir başka zararlı gürültü maruziyeti söz konusu değil.

Sonuçlar: Odyogramda 4000 Hz'de çentik mevcut, diğer frekanslarda işitme normal sınırlarda saf ses ortalaması sağda 3 dB HL ve solda 1 dB HL. Her iki kulakta da konuşmayı ayırt etme skoru %100. Bu bulgu saf ses ortalaması ile uyumlu.

Her iki kulakta da timpanometri ve statik komplians ölçümleri normal sınırlar içerisinde. Tüm frekanslarda her iki kulakta da akustik refleksler mevcut. 500 Hz ve 1000 Hz'de refleks *decay* yok.

İzlenim: Her iki kulakta da işitme hassasiyeti normal sınırlar içerisinde, 4000 Hz'de sensörinöral çentik mevcut. İmpedansmetrik bulgular normal orta kulak fonksiyonunu desteklemektedir. Odyolojik şekil, hastanın gürültü maruziyeti hikayesi ile uyumlu.

Tavsiye: Kişi, işitme ile ilgili semptomlarında herhangi bir değişiklik ifade ederse, işitme hassasiyetinin yıllık ya da daha erken aralıklarla test edilmesi gerekmektedir.

Odyolojik Tekrar Değerlendirme: İlk odyolojik değerlendirmeden yaklaşık 3 yıl sonra bireyin işitme testi tekrar yapıldı. Hastanın her iki kulağında da işitme kaybı şikayeti mevcut.

Sonuçlar: Odyogramda her iki kulakta 1000 Hz. civarında hafif, 1000 Hz'in üzerinde orta derecede sensörinöral işitme kaybı mevcut. Saf ses ortalaması bilateral 43 dB HL. Konuşmayı ayırt etme skoru sağda %60 ve solda %70. Her iki kulakta da *rollover* yok.

Timpanometrik ve statik komplians ölçümleri daha önceki ölçümler ile aynı

şekilde elde edildi. Akustik refleks eşikleri 250-1000 Hz arasında normal sınırlarda. 2000 Hz ve 4000 Hz'de yok (bilateral) 500 Hz'e 1000 Hz.'de refleks *decay* yok.

İzlenim: Bilateral 1000 Hz civarında hafif derecede 1000 Hz'in üzerinde orta derecede sensörinöral işitme kaybı mevcut ilk değerlendirmeden itibaren yaklaşık olarak 40 dB civarında düşüş elde edildi. Konuşmayı ayırt etme skoru bilateral olarak yaklaşık %30-%40 civarında düşmüş. Orta kulak fonksiyonları her iki kulakta da normal.

YAŞ DÜZELTME TABLOLARI

Gürültüye bağlı işitme kaybında periyodik kontroller sırasında, yaşın etkisinin de dikkate alınması gerekir. Bu sebeple gerek sevk kriterleri gerekse mesleki işitme kaybı diyebilmek için tüm dünya da yaş düzeltme tabloları kullanılarak işitme eşiklerinin düzeltilmesi yapılır. OSHA 1983'e göre kadın ve erkek için yaş düzeltme değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

ÖRNEK:

Yaş düzeltmesi tablosunu nasıl kullanacağına örnek olarak 4000 Hz'i seçelim.

Tablo 5.2 : Erkek ve kadınlar için yaş düzeltme değerleri (OSHA 1983, F-1 ve F-2 tablolarına göre)

Frekans (Hz):	Erkek					Kadın				
	1000	2000	3000	4000	6000	1000	2000	3000	4000	6000
Yaş (yıl)										
20 veya daha genç	5	3	4	5	8	7	4	3	3	6
21	5	3	4	5	8	7	4	4	3	6
22	5	3	4	5	8	7	4	4	4	6
23	5	3	4	6	9	7	5	4	4	7
24	5	3	5	6	9	7	5	4	4	7
25	5	3	5	7	10	8	5	4	4	7
26	5	4	5	7	10	8	5	5	4	8
27	5	4	6	7	11	8	5	5	5	8
28	6	4	6	8	11	8	5	5	5	8
29	6	4	6	8	12	8	5	5	5	9
30	6	4	6	9	12	8	6	5	5	9
31	6	4	7	9	13	8	6	6	5	9
32	6	5	7	10	14	9	6	6	6	10
33	6	5	7	10	14	9	6	6	6	10
34	6	5	8	11	15	9	6	6	6	10
35	7	5	8	11	15	9	6	7	7	11
36	7	5	9	12	16	9	7	7	7	11
37	7	6	9	12	17	9	7	7	7	12
38	7	6	9	13	17	10	7	7	7	12
39	7	6	10	14	18	10	7	8	8	12
40	7	6	10	14	19	10	7	8	8	13
41	7	6	10	14	20	10	8	8	8	13
42	8	7	11	16	20	10	8	9	9	13
43	7	12	16	21	11	8	9	9	9	14
44	8	7	12	17	22	11	8	9	9	14
45	8	7	13	18	23	11	8	10	10	15
46	8	8	13	19	24	11	9	10	10	15
47	8	8	14	19	24	11	9	10	11	16
48	9	8	14	20	25	12	9	11	11	16
49	9	9	15	21	26	12	9	11	11	16
50	9	9	16	22	27	12	10	11	12	17
51	9	9	16	23	28	12	10	12	12	17
52	9	10	17	24	29	12	10	12	13	18
53	9	10	18	25	30	13	10	13	13	18
54	10	10	18	26	31	13	11	13	14	19
55	10	11	19	27	32	13	11	14	14	19
56	10	11	20	28	34	13	11	14	15	20
57	10	11	21	29	35	13	11	15	15	20
58	10	12	21	31	36	14	12	15	16	21
59	11	12	22	32	37	14	12	16	16	21
60 veya daha yaşlı	11	13	23	33	38	14	12	16	17	22

32 yaşındaki işçinin yıllık odyogramında 20 dBHL eşik elde edildi, aynı kişinin 20 yaşında yapılan temel odyogramındaki eşığı ise 5 dB HL. Düzeltme yapılmadan ki eşik değişikliği;

20 dB (yıllık)-5 dB(temel)=15 dB (eşik değişikliği)

Şimdi yaş düzeltmesi değişkenlerini temel ve yıllık odyogramlara nasıl uygulayacağımıza bakalım. Yaş düzeltme değişkenlerinin arasındaki farka bakılmalı. Erkekler için 4000 Hz'deki değerler 32 yaş için 10 dB ve 20 yaş için 5 dB'dir bu değerler arasındaki fark.

10 dB (32 yaş)-5 dB(20 yaş)=5 dB (yaş düzeltmesi)

Düzeltilme yapılmadan bulunan eşik değişikliğinden, yaş düzeltmesi değeri çıkartıldığında yaş düzeltmesi yapılmış eşik bulunur.

OSHA'NIN MESLEKİ İŞİTME KAYBINI KAYDETMEDEKİ KURALLARI

Standart Eşik Değişikliğine (Standard Threshold Shift - STS) karar vermek için örnek protokol; herhangi bir basamakta "hayır" cevabı verilirse süreç biter ve işitme değişikliği form 300'e kaydedilmez.

1.Basamak: Temel odyogram ya da en son yapılan odyogram ile karşılaştırıldığında işitmede düşme mevcut ise her iki kulakta da STS var mı? (yaş düzeltmesi hesaplandı mı?) Eğer cevap "evet" ise 2.basamak ile devam edilir.

2.Basamak: Yapılan işitme testinde 2000,3000 ve 4000 Hz'lerde işitme kaybı aynı kulak için 25 dB HL'e eşit ya da daha fazla ise (yaş düzeltmesi hesaplanmadan) 3.basamak ile devam edilir.

3.Basamak: 30 gün içinde yapılan test tekrarı ile STS doğrulandı mı? Eğer cevap "evet" ise 4.basamak ile devam edilir.

4.Basamak: İşitmedeki düşme kaliteli sağlık kurumuna programının önerdiği kriterlere göre çalışma ve koşulları ile bağlantılı olarak görülüyor mu? Eğer cevap "evet" ise 5.basamak ile devam edilir.

5.Basamak: 7 gün içinde vakayı Form 300'e kaydedilir.

1. TEMEL KAYIT KRİTERLERİ: İşverenler mutlaka çalışmaya bağlı STS kayıtlarını tutmalıdır. (STS yaş düzeltme yapıldıktan sonra, temel odyogram ile kıyaslandığında her iki kulakta da 2000, 3000 ve 4000 Hz'lerde ortalama olarak 10 dB değişiklik) özellikle de ya 2000, 3000, 4000 Hz'lerde aynı kulak için 25 dB HL ya da daha fazla olan ortalama işitme seviyesinin kayıtları mutlaka tutulmalıdır. (25 dB ya da daha fazla ortalama işitme seviyesi odyometrik sıfır ile karşılaştırılır; yaş düzeltmesi hesaplanmaz)

Örnek Vaka:İşçinin yıllık odyogram, orijinal temel odyogram ile kıyaslandığında 2000, 3000 ve 4000 Hz'lerde (STS) yaş düzeltmesi ile eşik değişikliğini 0 dB olarak bulduğumuzu varsayalım. Daha

sonra, aynı kulak için mevcut test sonuçlarının 15 dB, 20 dB ve 25 dB HL olduğunu kabul edelim. Bu sonuçlar odyometre ile ölçülen gerçek düzeylerdir ve temel odyogram ile kıyaslama ve yaş düzeltmesi yapılmamıştır. Bu sebeple ortalama işitme seviyesi 20 dB HL'dir ve OSHA'nın normal işitme statüsü için kabul ettiği değerden daha düşüktür. O yılın odyogramında gösterilen STS değeri normal aralık sınırları içerisinde olacaktır. Bu vaka kaydedilebilirlik açısından yeteri kadar önemli değildir.

2. TEMEL/REFERANS ODYOGRAM: STS'in meydana gelip gelmediğine karar vermek için işveren mevcut (en son yapılan) işitme testi sonuçları ile işçinin temel odyogramını karşılaştırmak zorundadır. Eğer işçi işitmesinde kayıt edilebilir düşmeye sahip değilse orijinal temel odyogram referans olarak kullanılır. Bununla birlikte, işçinin kayda değer işitme kaybı varsa işveren mevcut test sonuçlarını daha önceki kaydedilen durum ile kıyaslaması gerekir.

3. STS'nin TEKRAR DOĞRULANMASI: Yıllık odyogramda STS elde edildiği zaman 30 gün içinde işitme testi tekrarı yapılmalıdır. Eğer test tekrarı STS'i doğrulamıyorsa durum kayda değer değildir. Bunun yanı sıra, eğer test tekrarı STS'i doğrularsa STS (çalışma koşullarına bağlı ise) test tekrarı sonrasında 7 takvim günü içinde kaydedilmelidir. Eğer test tekrarı yapılmamışsa vaka (tekrar, çalışma ile bağlantılı ise) 30 günlük test tekrarı periyodunun sonucundaki 7 takvim günü içinde kaydedilmelidir.

4. SONRAKİ TEST SONUÇLARI: İşitme korunması programının bir parçası olarak yapılan sonraki testler STS'in devamlı olmadığını gösterirse, işveren daha önce kayıtları silebilir ya da çizgi dışı tutabilir.

5. ÇALIŞMAYA BAĞLILIĞI BELİRLEMEK (ÇALIŞMA KOŞULLARINA BAĞLILIĞI BELİRLEMEK): Son kurallarda OSHA vakaların ayrı ayrı ele alınmasının öneminden ve işitme kaybının çalışma koşullarına bağlı olduğunun belirlenmesinin gerekliliğinden bahseder.

Çalışma ortamındaki mevcut gürültü maruziyeti işitmede düşmeye ya da daha önce var olan işitme kaybının anlamlı derecede kötüleşmesine sebep olur ya da katkıda bulunursa bu durumda, STS kaydedilebilir. Buna ek olarak OSHA, bir doktor ya da lisanslı sağlık koruma uzmanı tarafından işitme kaybının çalışmaya bağlı olmadığı ya da mesleki gürültü maruziyeti tarafından anlamlı derecede kötüleştirilmediğine karar verilirse vakanın kaydedilmesinin gerekli olmadığından önemle bahseder.

6. FORMLAR: Elde edilen verilerin arşivlenmesi için değişik formlar geliştirilmiştir.

İŞİTMENİN KORUNMASI PROGRAMI

Endüstrinin oluşturduğu gürültünün kontrol altına alınması, çalışanların işitmelerinin korunabilmesi için periyodik bazı önlemlerin alınmasını gerektirir.

Endüstride odyometrik testler daha çok erken tanı amacıyla kullanılır ve tarama şeklinde uygulanır. Endüstride kullanılan işitme testlerinin amacı, bireydeki mevcut işitmeyi saptamak, gürültünün zamana bağlı olarak yaptığı değişiklikleri tespit etmektedir. Testler; mühendislik uygulamaları, koruyucu maddelerin kullanımı vb. işyerinde alınan önlemlerin ne derecede yeterli olduğu amacını da taşır.

Sanayileşmiş pek çok ülke, endüstrinin yoğun olduğu yerlerde çalışanların yüksek gürültü seviyesinden korunabilmesi için sağlam, yerleşmiş gürültü standartları oluşturmuşlardır. Ancak bununla beraber bu standartların çoğu, yüksek gürültü düzeyi olan işyerlerinde çalışanların hepsini korumaya yetmemektedir. Gürültüden mümkün olduğu kadar minimal düzeyde etkilenmek için işitmenin korunması programlarının uygulanması gerekir. Bu ölçüm amacına yönelik basit odyometrelerin kullanılması uygundur. İşitme testleri için saf sesler kullanılır. Normal işitme eşikleri, temel alınarak Amerika'da standardize edilmiş normal işitme eşikleri Şekil 5.18'de gösterilmiştir.

SINIF	DERECE	dB OLARAK İŞİTME KAYBI	BELİRTİLER
A	Normal	Kötü Kulakta 0-15 dB arasında	Normal limitlerde Konuşmada zorluk yok
B	Normale yakın	Her iki kulak için 15 dB-30 dB arasında	Sadece zayıf sesde zorluk var
C	Orta	İyi kulak 30 dB-45 dB arasında	Normal sesde Konuşmada zorluk var, ancak yüksek sesde konuşmada yok
D	Ciddi	İyi kulak 45 dB-60 dB arasında	Yüksek sesde konuşmada bile Güçlük var
E	Şiddetli	İyi kulak 60 dB-90 dB arasında	Sadece amplifiye edilmiş sesler duyulabilir
F	Çok Şiddetli	İyi kulak 90 dB'den fazla	Amplifikasyona rağmen konuşma anlaşılabilir
G	Total	Her iki kulakta da total işitme kaybı vardır.	Hiçbir sesi duyamaz

Şekil 5.18 : İşitme Kaybı Derecelerinin Skalası

ODYOMETRİK DEĞERLENDİRME

Odyometrik değerlendirme, işitme kaybını önleme programının başarısı açısından son derece önemlidir. Odyogramlar karşılaştırıldığı zaman GED, erken KED veya progresif mesleki işitme kaybı görülürse önlem alınması gerekir. Mesleki işitme kaybı, yavaş yavaş ortaya çıktığı ve ağrı eş-

lik etmediği için ciddi eşik değişiklikleri olmadan kişi işitme kaybının farkına varmayabilir.

OSHA ve NIOSH, işitmedeki değişikliklerin miktarı için farklı tanımlar ortaya koyarlar. OSHA, "Standart Eşik Değişikliği" terimini kullanır. Buna göre, 2000, 3000 ve 4000 Hz'lerdeki ortalama işitme eşikleri 10 dB'den daha fazla değişiklik gösterdiği zaman detaylı değerlendirme yapılması gerekir. OSHA'ya göre STS bulunduktan sonra yeniden test, işitme koruyucularının yeterliliğinin değerlendirilmesi, o ana kadar kullanılmadıysa kullanılmaya başlanması ve *baseline*'ın revizyonu gerekebilir. NIOSH, "Standart Eşik Değişikliği" terimi ile 500-6000 Hz arasındaki herhangi bir frekansta 15 dB veya daha fazla değişiklik olmasını ifade eder. NIOSH, 30 gün içerisinde en az 14 saatlik dinlenme periyodundan sonra odyogramın doğrulanmasının yapılmasını öngörür.

Odyometrelerin günlük kalibrasyonu ve laboratuvar kalibrasyonu periyodik olarak yapılır. Odyometreler ısıdan, tozdan, nemden, asitten ve elektrik kontağından etkilenmeyecek şekilde yerleştirilir ve kullanılır.

Odyometrik test prosedürü temel odyogram, yıllık odyogram belli test tekrarları ile "referall"ları içerir. Hava iletim testi her bir kulak için en azından 500-1000-2000-3000-4000 ve 6000 Hz'lerde yapılır. Bu ölçüm için manuel, *self recording* ya da komputere odyometre kullanılabilir. Testler, daha önce de belirtildiği gibi yurtdışında *Council of Accreditation in Occupational Hearing Conservation (CAOHC)* sertifikası olan odyolog, doktor ya da teknisyen tarafından, Türkiye de ise odyolog ya da odyometrist tarafından yapılır.

İşçinin maksimum korunması için ve tabii ki firma kayıtları için odyogramlar beş adımda ortaya konmalıdır.

- 1- İşe başlamadan önce
- 2- İşitmeye zararlı çalışma alanında çalışmaya başlamadan önce
- 3- İşçi, gürültülü ortamdaki işe devam ettiği sürece yılda birkez (85 dBA/daha fazla gürültüye maruz kalma)
- 4- İşitmeye zararlı ortamda farklı bir yerde çalışılmaya başlandığı zaman

5- İşten ayrılırken

Temel Odyogram: Bireyin yaşamında yaptırmış olduğu ilk odyogram

İşe Giriş Odyogramı: İşe yeni giren işçilere uygulanan odyogram. Bu test belli bir süre sonucunda işyerindeki gürültülü ortamlara bağlı olabilecek işitme kayıplarının ayırıcı tanısında ve özellikle tazminat davaları açısından oldukça önemlidir.

Periyodik Odyogram: Bu odyogramlar, gürültülü işyerinde çalışan işçilerin işi sebebiyle maruz kaldıkları gürültünün işitmesi üzerinde meydana getirebileceği etkileri değerlendirmekte kullanılır. Bu ölçüm, ilk olarak yapılan ölçümlerden 60 gün sonra tekrar edilir. Ortamdaki gürültü düzeyine göre 6 ay veya 1 yıllık sürelerle tekrarlanır.

Son Odyogram: Bu odyogram işçinin işten ayrılması sırasında yapılır.

85 dB A Time-Weighted Average (TWA) düzeyinde ya da daha yüksek şiddette gürültüye maruz kalan işçilere ilk 6 ay içerisinde mutlaka temel odyogram yapılmalıdır. Mesleki gürültü maruziyetinin sebep olabileceği işitmedeki herhangi bir kötüleşme açısından gelecekte yapılacak odyogramlar temel odyogram ile karşılaştırılacaktır. Temel odyogram üzerinde GED'nin etkisini minimum düzeye indirmek için, işçiler testten önce en azından 12-14 saat süre ile, işyerindeki gürültü maruziyetinden uzakta olmalıdır. İşçilere bu periyod boyunca mümkün olduğunca mesleki olmayan gürültü maruziyetlerinden de kaçınmaları önerilir. Bununla birlikte, kulak koruyucuları da testten önceki 12-14 saat boyunca çalışma yeri dışında gürültülerden korumak için yedek olarak kullanılabilir.

Yıllık odyogramlar, 85 dBA TWA düzeyinde ya da daha üstündeki gürültüye maruz kalan her işçi için yapılır. İşçinin bir ya da iki kulağında standart eşik değişikliği varsa temel odyogram ile yıllık odyogram karşılaştırılır. Standard eşik değişikliği çok basit bir şekilde 2000, 3000 ve 4000 Hz'lerde ortalama olarak 10 dB ya da daha fazla eşik değişikliği olarak kabul edilir. Presbiakuzinin, eşik değişikliğinin miktarını arttırdığı durumlarda standart eşik değişikliğine karar vermek için yaş düzeltmesi hesaplanmalıdır. Yıllık odyogram amacıyla yapılan test tekrarında standart eşik değişikliği elde edilmiş ise 30 gün içerisinde tekrar test tekrar yapılır. Temel odyogram ve yıllık odyogramlardan elde edilen bulgular bir uzman tarafından değerlendirilir. Problemlili vakalar odyolog ya da doktor tarafından tekrar incelenir ve gerekirse daha ileri tetkik ve değerlendirmeye ihtiyacı olup olmadığına karar verilir.

OSHA'nın standart eşik değişikliğinin yanı sıra, NIOSH (1998)'nin anlamlı eşik değişikliğini

500,1000,2000,3000,4000 ya da 6000 Hz'lerin herhangi birinde 15 dB ya da daha fazla kötüleşme olarak tanımlanır. Eşik değişikliklerinin hesaplanmasında, yaş düzeltmesinin kullanılması da pratikte önerilir. OSHA'nın odyometrik test kurallarına göre diğer temel farklılıklar şunları içerir. Sonuçların diagnostik kullanılabilirliği için test 8000 Hz'i içermelidir. Yapılan işitme testinde anlamlı eşik değişikliği elde edildiği zaman, işçiye doğrulama testinin planlanmasının yapılmasından önce yapılan testin tekrarı yapılmalıdır. Doğrulama testi eşik değişikliğinin kalıcılığına karar vermede kullanılır. İşçi tehlikeli gürültü seviyesine daha fazla maruz kalmayacaksa ya da işveren tarafından işten çıkarıldığı zaman, çıkış odyogramı yapılır. Ek olarak temel ve çıkış odyogramlarından önce 12-14 saat süre ile 85 dBA ya da daha fazla şiddette gürültü maruziyetinden uzak olması gerekmektedir.

Odyometrik ölçümlerden önce bireyin öyküsü alınır. Daha önce kulak hastalığı ve kulakta hasar yapmış olabilecek hastalıklar geçirip geçirmediği sorulur. Tekrarlanan odyogramlar arasında değişiklik olup olmadığına dikkat edilir. Gerekli durumlarda uzmanlara başvurulması önerilir. Bunun yanında, tekrarlanan testler sonucunda işitme düzeyinde işyerindeki ortama bağlı kötüleşme görülürse gerekli önlemlerin alınması için sorumlular haberdar edilir.

Yapılan odyogramlar her bir işçi için hazırlanan dosya da saklanır. Bu bilgilerin gerektiği zamanlarda kullanılması için hazır durumda olması gerekir.

Mesleki bir gürültüye maruz kalanlarda gürültünün etkisini belirlemede 4 kHz, 6kHz ve 8kHz'in dışında tüm yüksek frekanslarda değerlendirilir.

Endüstriyel gürültü genellikle her iki kulağı birden etkiler. Bununla beraber, çentikler her iki kulakta da aynı frekansta olmayabilir hatta istisna olarak tek taraflı da olabilir. Endüstriye bağlı işitme kaybında, işitme kaybı genellikle yüksek frekanslarda görülür; günlük konuşmada çok az zorluk olur; bazen alçak sesle konuşmada problem olabilir; gürültülü ortamda konuşmanın anlaşılabilirliği azalabilir, çünkü gürültü sessiz fonemlerin diskriminasyonunu zorlaştırır; televizyon, telefon, radyo vb. sesleri anlamada güçlük olabilir.

Endüstriyel gürültüye bağlı olarak meydana gelen işitme kaybında *rekrutment*, distorsiyona; bu da konuşmayı anlama yeteneğinde bozulmalara neden olur. İşitme kaybı ve *rekrutment*'in birarada olması durumunda, yüksek sesle konuşulduğunda anlama yeteneğinde düşme olur (çünkü dış tüy hücrelerinde harabiyete bağlı yüksek şiddetteki konuşmalar anormal gürültü algısına yol açmaktadır), giderek ilerler ve daha düşük ve yüksek frekansları da içermeye başlar. Gürültünün

devam etmesi durumunda işitme kaybı birey için şikayet oluşturur.

Eğer gürültülü ortamlarda test yapılırsa bu durum duyarlılığı azaltır. Böyle bir ortamda maskeleyici etkisi meydana gelir. Test için mümkün olduğu kadar en sessiz ortam seçilir. Bazı yerlerde bu amaç için düzenlenmiş odalar kullanılır. Odyometrik testlerin yapılması için işçilerin hastanelere veya çeşitli merkezlere gitmesi pratik bir yol değildir. Bu yüzden bu işçilerin testlerinin işyerinde hazırlanmış bir odada yapılması daha uygun olur. Özel olarak hazırlanmış odalar tercih edilir. Bu odalarda paneller kullanılarak ses absorpsiyonu sağlanabilir. Akustik materyallerle iyi bir izolasyon sağlanır.

Gürültüye maruz kalmayan işçilerin periyodik olarak odyogramlarının çıkartılması firmanın sağlığı koruma programı içerisinde önerilmektedir.

ELEMAN YETİŞTİRİLMESİ

Eleman yetiştirilmesi de oldukça önemlidir. Bu alanda odyolog'un yanı sıra odyometrist de hizmet verebilir. Bu amaçla, geliştirilen bir programla odyometrist eğitilebilir.

Bu programda; temel olarak endüstride işitmenin korunması; eğitim programının amacı; işitmenin korunmasında teknisyenin sorumluluğu ve sınırları; kulak anatomisi ve fizyolojisi; işitme problemlerinin nedenleri ve odyogramların yorumu; ses fiziği ve sesin ölçümü; odyometrenin çalışma prensipleri, kalibrasyonu ve bakımı; koruyucular ve gürültü kontrolü konularında eğitim verilir. Bunların yanı sıra; işitmenin önemi, sosyal ve ekonomik yönü; etkili kulak koruyucuları; tıbbi takip gibi konularda da bilgi verilir. Bu programın bitiminde katılan bireye sertifika verilmelidir.

Testin yapılması sırasında normal test prosedürü izlenerek her iki kulağın da işitme eşikleri bulunur. Periyodik olarak yapılan testlerin sonucunu takip etmek amacıyla her işçiye ait takip formu vardır. İşçi işe başlamadan önce ilk girişte test yapılır ve takipte karşılaştırılır. Bu formların ya da kartların güvenilir yerde saklanması hem işçi hem de işveren açısından önemlidir.

İŞİTMENİN KORUNMASI PROGRAMINA NEDEN GEREKSİNİM DUYULMAKTADIR?

Bir çok gürültü kalıcı işitme kaybına yol açabilir ve bu durum sözel iletişimi etkileyebilir. Gürültü sonrası işitme kaybı, geçici işitme kaybı, kalıcı işitme kaybı veya her ikisinin kapsamı şeklinde de olabilir. Kalıcı işitme kaybı, iç kulakta geriye dönüşü olmayan değişikliklere neden olur.

Gürültüye bağlı işitme kaybı konuşma frekanslarından önce yüksek frekansları etkiler. Bu

yüzden, bu tip işitme kayıpları ciddi bir işitme testi yapıncaya kadar ortaya çıkmayabilir. Bunun yanı sıra gürültüye bağlı işitme kaybında kişisel değişiklikler de görülür.

Eğer işçi çalıştığı ortamda;

- * gürültülü bir ortamda iken sözel olarak iletişim kurmada zorluk çekiyorsa,
- * birkaç saat boyunca gürültülü bir ortamda çalıştıktan sonra kulağında çınlama oluyorsa
- * gürültülü bir ortamda birkaç saat çalıştıktan sonra geçici işitme kaybı oluyorsa

işitmeyi koruma programına başlamak gerekir.

Gürültünün ağrı eşiğinde ya da tedirgin edici bir seviyede olmasını bekleyip sonra işitmeyi koruma programının uygulanması yanlıştır. Çünkü gürültüye bağlı işitme kaybı daha düşük şiddetteki gürültülerde de oluşabilir. Gürültünün analizi, işitmenin korunması gereksiniminde tek ve en güvenilir yoldur.

İşitmenin korunması programı üç ana bölümden oluşur. Bunlar:

- 1- Gürültünün analizi
 - 2- Gürültünün kontrolü
 - 3- İşitmenin ölçümü
- 1- **Gürültünün analizi:** Gürültünün analizi aşağıdaki gibi maddelenebilir
- a-günlük toplam gürültü seviyesi (şiddeti)
 - b-gürültünün frekans spektrumu
 - c-bir çalışma günü boyunca gürültünün süresi ve dağılımı
 - d-bir çalışma günü boyunca total gürültü

Bu dört noktanın her birinin tek tek ölçümü işitmenin korunmasında oldukça önemlidir. Bazen, iki farklı gürültünün toplam seviyesi aynı fakat frekans spektrumunu farklı olabilir. Böyle bir durumda gürültü kalıcı işitme kaybı yapar; diğeri yapmayabilir. Ayrıca sürekli gürültünün etkisi gürültünün etkisinden, gürültü aynı bile olsa farklı olacaktır.

Gürültüye maruz kalmanın ölçümünde çalışma günü boyunca farklı gürültü çevrelerinde bulunan birey söz konusu olduğunda gürültü dozu ölçeri kullanılır. Bu aletler portatiftir ve bireyin cebinde taşınabilir özelliktedir. Mikrofon gürültü dozu ölçerinin ana parçasından ayrılabilir ve istenirse bireyin daha fazla gürültüye maruz kalan kulağına yakın bir şekilde yerleştirilebilir.

Gürültü dozu ölçeri, günlük kabul edilebilir gürültü dozunun yüzdesini gösterir. Gürültü dozunun hesaplanmasında iki farklı yöntem kullanılır. İki yöntem arasındaki farklılık, sessiz periodlar boyunca, işitmenin telafisi için birbiriyle olan ilişkiye bağlıdır. Genellikle, her iki yöntem, günlük sekiz saat için 90 dBA temelini kullanır.

ISO 1999'un önerdiği tanıma göre; ses basınç düzeyindeki 3 dB'lik artış, kabul edilebilir maruziyet periyodunu yarıya indirir. Örneğin: ses düzeyi 90 dBA düzeyinden 93 dBA düzeyine ulaştığında kabul edilebilir maruziyet süresi 8 saatten 4 saate iner.

OSHA ise her 5 dB'lik artışta maruziyet süresinin yarıya inmesini önerir. Böylece, ses düzeyi 90 dB(A) seviyesinden 95 dBA seviyesine ulaştığında günlük maruziyet 8 saatten 4 saate iner.

2-Gürültünün kontrolü: Burada çevrenin kontrolü ve kişisel korunma önemlidir. Çevrenin kontrolü; gürültünün kaynaktan azaltılması, çalışma koşullarının tekrar gözden geçirilmesini kapsar.

Kişisel koruma, uygun bireysel koruyucuların kullanılmasını ve gürültünün kontrolünü kapsar.

3-İşitmenin Ölçümü: İşitme korunması, iş öncesinde yapılan ve rutin periyodik kontrol testlerini içerir.

İşitme testleri, işitmenin korunması programının en önemli kısmını meydana getirir. İşçinin gürültü öncesi işitmesini ve geçen zaman içerisindeki işitmenin gelişimini tespit etmek mümkün olur. Bu şekilde, kişinin gürültüye bağlı işitme kaybına ne kadar duyarlı olabileceğini gözlemek mümkün olur. Test ve test tekrarı sonuçları, işitme korunması programının ne kadar etkin olduğunu gösterir.

İŞİTMENİN KORUNMASINDA SORUMLULUK

İşitmenin korunmasındaki sorumluluğun temelinde iki ana madde vardır. Bunlar;

1- Tıbbi sorumluluk

2- Genel işbirliği

Tıbbi Sorumluluk: İnsan fonksiyonlarından herhangi birinin korunması, doğrudan tıbbi sorumluluktur. Bu yüzden, tıbbi gözlem altında yapılmamış herhangi bir işitme korunma programı eksik olarak kabul edilir. Bu nedenle, işitme korunması programının tıbbi gözetim altında yapılması en ideal olanıdır.

Genel İşbirliği: İşitmenin korunması programının başarılı olabilmesi için tam bir işbirliğine varılmış olması gerekir. Yani, işçi-işveren ve personelin sağlığı ve güveni için bütün elemanların tam bir uyum içinde olması gerekir. Tıbbi sorumluluğu olan kişi gürültü ölçümünü başlatmalı, çevresel durumu gürültüyü kontrol edecek şekilde gerekli değişikliklere yönelmeli, gereksinim duyulan kulak koruyucularını sağlamalı ve bütün işçiler için kullanılacak şekilde hazır bulundurulmalıdır. İşveren ise koruyucuların kullanılmasını zorunlu tutmalı, çevresel kurallara uyma zorunluluğunu kendisi de duymalıdır.

KAYNAKLAR

- 1- Clark W W and Bohne B A (1984) The effects of noise on hearing and the ear. Med Times 122,17-22.
- 2- Gelfand S A (2001) Essentials of Audiology. Thieme, New York.
- 3- Genç G A, Belgin E (2004) Temel Odyoloji. 'Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi' Koç C (Ed). Bölüm 4.3, Güneş Kitabevi, Ankara.
- 4- Jerger S and Jerger J (1981) Auditory Disorders. Little, Brown and Company Inc., Boston.
- 5- Katz J (1984) Handbook of Clinical Audiology. Williams and Wilkins, Baltimore.
- 6- Kerr A G (1997) Scott-Brown's Otolaryngology Vol.2 6th Ed. Adult Audiology, Stephens, D., Butterworth Heinemann .
- 7- Kryter kK D (1985) The Effects of Noise on Man , Academic Press, Orlando.
- 8- Margolis R H and Hunter L L (2000) Acoustic Immittance Measurement. "Audiology Diagnosis" Roeser R J, Valente M and Hosford-Dunn H (eds). Thieme, New York.
- 9- Mencher G T, Gerber S E and Mc Combe A (1997) Audiology and Auditory Dysfunction. Allyn & Bacon , Boston.
- 10- Roeser R J, Buckly K A and Stickney G S (2000) Pure Tone Tests. "Audiology Diagnosis" Roeser R J, Valente M and Hosford-Dunn H (eds). Thieme, New York.
- 11- Silman S and Silverman C A (1997) Auditory Diagnosis. Singular Publishing Group Inc., London.
- 12- Shames G H and Wigg E H (1990) Human Communication Disorders. Merrill Publishing Comp., Columbus.
- 13- Silman, S., Silverman, C.A., Auditory Diagnosis, Principles and Applications, Singular Publishing Group, Inc., 1997, s.49-63.

Bölüm VI

GÜRÜLTÜNÜN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

Uzm. Ody. Maviş Emel Kulak Kayıkcı

Dr. G.Aydan Genç

Hacettepe Üniversitesi KBB ABD Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Ünitesi

Ses insan yaşamında iletişimi sağlayan önemli bir unsurdur. Çeşitli nitelikteki istenmeyen sesler yaşanan çevrenin doğal özelliğini bozar. Bu sesler, negatif etkide bulunan istenmeyen ve hoşaga gitmeyen rahatsız edici ses olarak da tanımlanabilir.

Dünya Sağlık Örgütü'nün 'insanın, fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik durumudur' şeklinde tanımladığı insan sağlığı için çeşitli yönlerden bir risk oluşturan çevre sorunlarından birisi de gürültüdür. Gürültü, gelişmiş ülkelerde sanayileşme sürecinin sonuçlarından biri olarak ortaya çıkmıştır.

Toplumda ve endüstriyel alanda meydana gelen gürültünün sağlığa zararlı etkileri olduğu bir gerçektir. Gürültünün en bilinen etkisi işitme kaybıdır. Ancak, gürültünün işitme kaybı dışında da insanı olumsuz yönde etkilediği çoğu zaman gözardı edilir. Gürültünün insan ve insan davranışları üzerindeki etkisi her geçen gün daha ciddi boyutlara ulaşır. Yapılan çalışmalarda, her gürültü miktarının kendine özgü rahatsız edici özelliği olduğu belirtilir. Gürültünün kişi tarafından algılanmasında bireyden bireye farklılık olması nedeni ile bu konuda standart oluşturmak oldukça güçtür. Gürültünün etkilerini tek başına diğer stres uyarılarından ayırmak da çoğu zaman zor olur.

Gürültünün işitsel olmayan etkileri üç temel bölümde incelenebilir. Bunlar;

1. Fizyolojik etkiler
2. Performans etkileri
3. Psikik etkiler

Fizyolojik etkiler

Gürültünün fizyolojik etkileri geçici veya kalıcı olabilir. Gürültüye bağlı olarak; korumaya yönelik

olarak gürültüye karşı kas kasılması , gürültü olduğu zaman solunum ritminin değişmesi, kalp atım paterninin değişmesi ve özellikle ciltte olmak üzere kan damarlarının çapında değişiklikler geçici etkiler arasında sayılabilir.

Gürültüye bağlı fizyolojik etkiler arasında kardiovasküler, otonom ve gastrik etkiler yer alır.

Rhesus maymunlar ile yapılan bir çalışmada, yüksek şiddetli gürültüye maruz bırakılan maymunların kan basınçlarının çok yükseldiği ancak işitme hassasiyetlerinde hiçbir değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Benzer şekilde, bir başka çalışmada, indirekt olarak gürültünün kardiovasküler sistem üzerine olan etkisini gösterilmiştir. Bu çalışmada havaalanı yakınında bulunan bir köyde uçak trafiğindeki artış ile bağlantılı olarak antihipertansif ilaç tüketiminde artış olduğu bildirilmiştir.

Belirli bir süre gürültüye maruz kalan bireylerde vasopressin ve epinerrin salgılanmasında artma meydana gelir. Kardiovasküler hastalığı olan bireyler ve şizofrenlerde gürültü sonrasında plazma 17-OH korkikoitleri, üriner epinefrin ve nörepinefrin artar.

Gürültü sonucunda lökosit sayısında düşüşe bağlı olarak genel vücut direncinde de düşme meydana gelir.

Yüksek ses, vazokonstrüksiyona neden olarak kan basıncının artmasına yol açar. Bu durum, daha sonra düz kasların hipertrofisine, küçük damarlarda daha dar lümenlerin oluşmasına ve kan akımına olan direncin artmasına yol açar. Sonuç olarak, hipertansiyon ortaya çıkar.

Endüstriyel gürültüye maruz kalan erkek ve kadınlarda gürültüden rahatsız olma ve serum lipid/lipoprotein seviyelerinin incelendiği bir çalışmada, yüksek şiddette endüstriyel gürültüye maruz kalmanın artan plazma lipidleri nedeni ile

kardiovasküler hastalık için risk faktörü olabileceği tespit edilmiştir. Bu risk, genç erkekler için daha fazladır.

Toplum alanı çalışmalarında da gürültü ile kardiovasküler etkiler arasındaki ilişki gösterilmeye çalışılmıştır. Yüksek şiddetli trafik gürültüsü olan bölgelerde yaşayan kişilerde düşük şiddetli trafik gürültüsü olan bölgelerde yaşayan sağlıklı kişilere göre daha yüksek kan basınç seviyesi tespit edilir. Bu ilişkinin erkeklerde kadınlara göre daha güçlü olduğu savunulur. Bazı araştırmacılar da gürültü ile kardiovasküler etki arasında bir ilişki bulamamışlardır.

Otuz gün boyunca bir koğuşa yerleştirilerek kesikli sese maruz bırakılan gönüllü bireylerde, gürültü 85 dB'in üstüne çıktığı zaman plazma kortisol ve kan kolestrol seviyelerinde artış olduğu gözlenmiş ve bu durum gürültü kesildikten sonra birkaç gün devam etmiştir. Başka bir çalışmada da, ailede hipertansiyon hikayesi olmayan, yüksek şiddetli gürültüye maruz kalan kişilerde diastolik kan basıncında artış olduğu belirtilmiştir.

Gürültünün otonomik etkileri de araştırılan diğer bir konudur. Gürültü, otonom sinir sistemini doğrudan uyarabilir ve aktivasyonuna neden olabilir.

Kısa süreli gürültüye maruz kalan kişilerde üri-ner adrenalin ve noradrenalin seviyeleri yükselir. Bazı durumlarda bu değişiklikler patolojik olarak değerlendirilir. Ancak, aynı şiddetteki gürültüye uzun süre maruz kalındığı zaman bu değişikliklerin çok az olduğu gözlenir. Nitekim, gürültünün otonomik etkilerinde alışkanlığın olabileceği de düşünülür. Birçok durumda gürültü şiddetinin çeşitli hormonal aktivitelerle ilişkisi olmadığı gibi görünse de bu alanda yapılacak olan çalışmaların göz ardı edilmemesi gerekir.

Gürültünün gastrik değişiklikler üzerine de etkisi olabilir. 80 dB gürültü şiddetine maruz kalınması mide kasılma gücünde azalma meydana getirebilir. Gürültü çevresini kontrol edemeyen kişilerde gastrointestinal hareketlilik, bu çevreyi kontrol edebilen kişilere göre artar.

Hamilelik ve döllenme dönemlerinde gürültüye maruz kalma sonucunda ölü doğumda artış olabilir. Gürültü, erkeklerde canlı sperm sayısını da azaltabilir.

Nörolojik rahatsızlığı olan bireylerin, gürültüye maruz kaldıktan sonra EEG dalgalarında ve biyo-elektrik beyin aktivitelerinde patolojik değişiklikler kaydedilir. Araştırmalar gürültünün beyini besleyen damarlardaki etkisini de ortaya koymuştur. Beyine giden damarlar gürültü öncesinde geniştir ve sürekli gürültünün dinlenilmesinden sonra başağrısı

meydana gelir. Çalışmalar gürültünün kalp krizine neden olabileceğini göstermiştir. Gürültüye maruz kalındığında küçük kan damarlarında alyuvarlar toplanır ve damarlar spazm ile kasılır. Böylece, gürültü kanın koyulaşmasına ve pıhtılaşmaya sebep olur ve kalp krizi için risk oluşturabilir.

Gürültünün insanlar üzerindeki etkisini ölçmek için *ballistocardiogram* adı verilen bir ölçüm aleti kullanılır. Bu alet her bir kalp atımının kaydını ölçer. Birey gürültülü bir ortamdayken yapılan ölçümde kalp vuruşunun sesinde azalma olur. Her düzeydeki gürültü, ayak parmağı, parmaklar, deri ve abdominal organlardaki periferik kan damarlarını büzer, daraltır ve böylece bu alanlara giden normal kan akışının miktarında azalma meydana gelir. Kan damarlarının bu büzülmesi vasokonstriksiyon ve sinir sisteminin refleks hareketi olarak bilinir. Bu durum, adrenalin gibi stres altında vücudun ürettiği çeşitli vücut kimyasını harekete geçirir.

Performans etkileri

Gürültü sözlü iletişimi etkiler, dikkat dağıtıcı ve rahatsız edici olabilir.

- Konuşmanın Anlaşılabilirliği

Gürültünün var olması konuşmanın anlaşılabilirliğini etkiler. Yüz yüze konuşmalar, telefon görüşmeleri ve halka hitap eden konuşmalar gürültünün varlığında etkilenebilir.

Konuşmanın anlaşılır olabilmesi için, konuşmanın ses şiddeti geri plan gürültüsünden yüksek olmalıdır.

Gürültünün konuşma üzerine olan etkisi değerlendirmek üzere bazı kavramlar vardır:

1. **Tercih edilen konuşma etkilenme şiddeti:** 500, 1000 ve 2000 Hz oktav bandlarındaki ses basınç şiddetinin aritmetik ortalaması.
2. **Konuşma etkilenme şiddeti:** 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz oktav bandlarındaki ses basınç şiddetinin aritmetik ortalaması
3. **Artikülasyon Endeksi:** 0 ile 1 arasında bir değerdir. Geri plan gürültüsü ile konuşmanın maskelenmesini tanımlar. Bu değer, belirli frekans bandlarında sinyal/gürültü oranının değerlendirilmesi ile bulunur.
4. **Gürültü kriter eğrileri:** Gürültü kriter eğri grafiğinde işaretlenen çevre gürültü spektrumunu kullanılır.

Gürültülü iş ortamlarında 78 dBA kadar olan gürültü varlığında kişiler 1 metre mesafeden zorlukla konuşabilirler. Uzun süreli konuşmalar için geri plan gürültüsü 78 dBA'nın altında olmalıdır.

Sosyal ortamlarda kişiler genellikle 2-4 metre mesafeden konuşur. Bu durumda, gürültü seviyesi 55-60 dBA'yı geçmemelidir. Açık alan oyun ve eğlencelerinde kişiler 5-10 metre mesafeden konuşurlar. Bu durumda geri plan gürültüsü 45-55 dBA'yı geçmemelidir (Tablo 6.1).

Gürültünün iletişim üzerine ciddi etkileri olabilir. Berglund ve Hassmen (1996)'a göre gürültü, konuşmayı maskeleyebilir. Miller (1979)'a göre ise konuşma anlaşılabilirse bile gürültü, konuşmacı ve dinleyici açısından eziyetli olabilir.

Konuşma ile aynı frekansa sahip bir gürültü diğer frekanslarda olan gürültüye göre konuşmayı daha fazla maskeler.

Kişilerin yaşı gürültülü ortamda konuşulanları anlamak açısından son derece önemlidir. Çocukların lisan gelişimleri tam olmadığı için yetişkinlere göre konuşmayı takip etmeleri daha güçtür.

Gürültü, konuşmanın olduğu ortamda iletişim açısından önemlidir. Reverberasyonu fazla olan mekanlarda iletişim bozulur.

- Rahatsızlık

Kişiler, gürültülü ortamlarda bulunurlarsa genellikle gürültünün şiddetini azaltmayı veya mümkünse o ortamı terk etmeyi tercih ederler. Aynı gürültü bazı kişiler için çok rahatsız edici olurken bazıları için tolere edilebilir sınırlar içerisinde olabilir. Gürültünün rahatsız etme derecesi ile sağlık üzerine olan etkileri arasında tanımlanmış bir ilişki yoktur. Örneğin, bir grup çok yüksek sesli

müzikten hoşlanırken diğer bir grup rahatsız olabilir. Ancak, her iki grupta eşit şekilde işitme kaybı riskine sahiptir.

Bir kişi veya grup gürültüye maruz kaldığında gürültüyü azaltmaya veya o ortamdan ayrılmaya yöneliyorsa gürültünün rahatsız edici olduğu düşünülebilir.

Gürültüye bağlı olan rahatsızlık gürültünün kendisi de dahil olmak üzere birçok parametreyi kapsar. Genellikle, yüksek şiddetli gürültü düşük şiddetli gürültüye göre daha fazla rahatsız edicidir. Düzenli seslerin rastgele seslere göre rahatsız etmesi daha azdır. Yüksek frekanslı seslerin alçak frekanslara göre daha fazla rahatsız eder. Gürültünün düzeni de rahatsızlık açısından önemlidir. Frekans ve şiddeti sabit kalan gürültü daha az rahatsız edicidir.

Gürültünün kaynağı da önemlidir. Trafik gürültüsü, uçak gürültüsüne göre daha az rahatsız edicidir.

Gürültünün meydana geldiği zaman da önemlidir. Aynı şiddette iki gürültü gündüz ve gece oluştuğunda gece oluşan gürültü daha fazla rahatsız edicidir. Yazın oluşan gürültü de kışın oluşan gürültüye göre daha fazla rahatsız edicidir.

Gürültüden rahatsız olmanın kültüre veya ulusa göre değişmediğine ilişkin görüşler vardır.

Sesin gürültünün yanı sıra fiziksel özellikleri de gürültü olarak algılanması açısından önemlidir (Tablo 6.2).

Tablo 6.1. Geri plan gürültüsüne (dBA) göre konuşma yeteneği

Geri plan gürültüsüne (dBA) göre konuşma yeteneği					
İletişim	50 dBA altı	50-70 dBA	70-90 dBA	90-100 dBA	110-130 dBA
Yüz yüze (amplifikasyonsuz konuşma)	6 metreye kadar normal ses	2 metreye kadar yüksek ses	50 cm'ye kadar çok yüksek veya bağırarak ses	25 cm'ye kadar maksimum ses seviyesi	1 cm mesafede bile çok güç iletişim
Telefon	iyi	Yeterli-hafif güç	Güç-yetersiz	Sessiz oda kullanımı	Özel ekipman kullanımı
Hoparlörü desteklemek üzere kulaklık	hiç	Herhangi biri	Herhangi bir kulaklık kullanımı	Kemik iletimi tipi dışında herhangi bir miğferde kullanımı	Miğferde insert veya kulak üstü kulaklığın kullanılması; kısa dönemde 120 dBA'ya kadar etkili
İç telefon sistemi	iyi	yeterli	Yetersiz, hoparlör kullanımı	Hoparlör ile imkansız	Hoparlör ile imkansız
Halk hitap sistemi	iyi	yeterli	Yeterli-güç	güç	Çok güç
Gerekli olan mikrofon tipi	Herhangi biri	Herhangi biri	Herhangi biri	Gürültüyü ortadan kaldıran herhangi bir mikrofon	Gürültüyü ortadan kaldıran iyi bir mikrofon

Tablo 6.2. Kişinin gürültüden rahatsız olmasını etkileyen faktörler

Primer akustik faktörler	Ses şiddeti Frekans Süre
Sekonder akustik faktörler	Spektral karmaşıklık Ses şiddetindeki dalgalanma Frekanstaki dalgalanma Gürültünün yükselme zamanı Gürültü kaynağının yeri
Akustik olmayan faktörler	Adaptasyon ve geçmişteki deneyim Dinleyicinin aktivitesi rahatsızlığı nasıl etkiliyor Gürültünün ne zaman olacağını tahmin edilmesi Gürültü gerekli mi? Bireysel değişiklikler ve kişilik

Gürültünün uykuya olan etkisi

Gürültünün uyku üzerine olan etkileri de araştırılan konular içerisinde. Geceler boyunca tekrarlayan orta şiddetteki intermitan gürültü sebebi ile uykudan uyanma olasılığı zamanla ortadan kalkar; çünkü, bilinçaltında gürültüye karşı adaptasyon meydana gelir. Ancak, gürültü nedeni ile kişi uykudan uyanmasa bile gürültüye bağlı olarak alfa ritmi değişir.

Uçak, trafik ve tır gürültüsü de uykuyu olumsuz yönde etkiler. Gürültünün uykuya olan etkisi açısından uyarıya ait faktörler (gürültünün tipi, tekrarı, süresi, şiddeti), uyarının meydana geldiği anda uykunun hangi safhasında bulunduğu, sağlık durumu ve uyanma motivasyonu gibi kişisel değişkenler önemlidir.

Gürültünün uykuyu bozmaya yönelik olan etkisi gürültünün kendi özellikleri ile ilgilidir. Örneğin, gürültünün şiddeti arttıkça uykudan uyanan kişi sayısı da artar. Kişilerin gürültüden etkilenme eşikleri 35-90 dB arasında değişkenlik gösterir. Kişinin eşiği, uyarının tipine de bağlıdır. Birçok insan 60 dBA'lık uçak gürültüsünde uyurken 40 dBA'lık trafik gürültüsünden rahatsız olur.

Uykuyu etkileyen diğer bir faktör, uykunun hangi safhada olduğudur. Genellikle, uykunun derin safhalarında (non-REM) olan bir kişiyi uyandırmak zor iken REM (hızlı göz hareketi) safhasında bulunan bir kişiyi uyandırmak oldukça kolaydır.

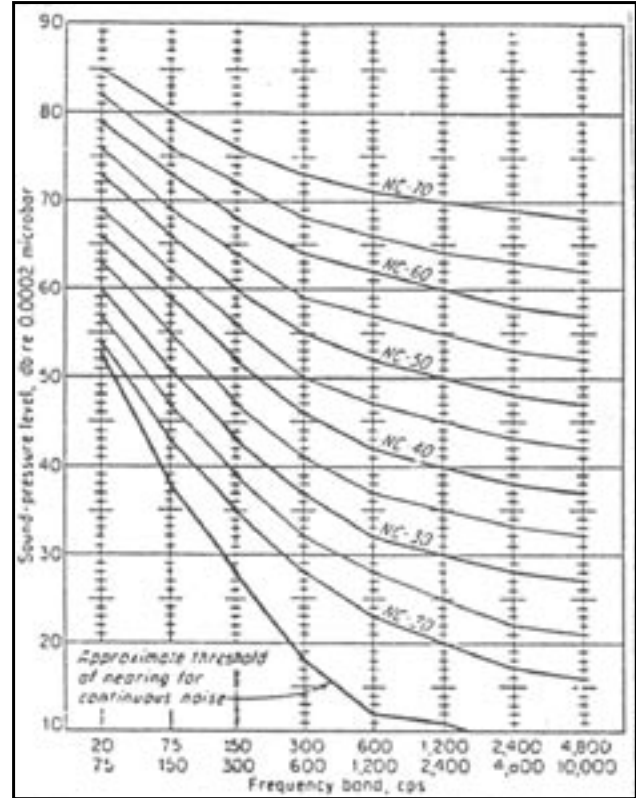
1. Uykudan Uyanma: Gürültünün uykuya olan etkisi 35-70 dBA arasında değişir. Kişinin yaşı da uykudan uyanma için önemli bir kriterdir. Çocuklar ağır uyurken yaşlıların uykusu hafiftir. Yaşlı kişilerin düşük şiddetli gürültü ile uyanmaları gençlere göre daha kolaydır.

Normal 8 saatlik gece uykusunda uykunun son yarısındaki uyku daha hafiftir.

2. Uyku bozulmasının değerlendirilmesi: Uykunun bozulması için tek doz gürültü yeterlidir.

3. Adaptasyon: Birbirini takip eden gecelerde kişilerin gürültüye olan adaptasyonları incelendiğinde çok az bir adaptasyon olduğu gözlenir. Gece boyunca 0, 6 ve 24 defa gürültüye maruz kalan kişilerin gürültüye adaptasyon gösterdikleri de savunulur. Yirmidört defa gürültüye maruz kalan kişilerin 6 defa gürültüye maruz kalanlara göre sabah ki performanslarının daha düşüktür.

- kişinin uykudan uyanmasına neden olan eşik gürültü seviyesi uykunun fazına ve kişinin yaşına bağlıdır. Gürültünün uykuya olan etkin eşik seviyesi 35-70 dBA arasında değişir.
- Uykuda gürültüye olan adaptasyon çok azdır veya hiç yoktur. Ancak, yeni uyku çevresine adaptasyon meydana gelir.



Şekil 6.1. Gürültü Kriter Eğrileri

- Hastaneler için önerilen iç çevre gürültü-

sü 34-47 dBA; diğer uyku ortamları için maksimum 55 dBA'dır.

Uyku çevresinin değerlendirilmesi

24 saat boyunca devam eden gürültü kaynağına yakın olan yerleşim yerlerindeki gürültü uykuyu etkiler. Bu subjektif şikayet "Gürültü Kriter (GK) Eğrileri" ile objektif bir değer kazanabilir. Oktav band ölçümlerine dayanan bu frekans/şiddet eğrisinin temel amacı akustik bir içerik sağlamaktır. Kullanılacak alana bağlı olarak GK eğrilerinden birisi kullanılabilir (Şekil 1). Uyku çevresi sıklıkla GK=25 ve GK=35 aralığına ihtiyaç duyar. Bu değerler, 35-45 dBA'ya denk gelir.

Gürültünün iş performansına olan etkisi

Aktivitenin tipine bağlı olarak gürültü iş performansını ciddi şekilde etkileyebilir.

- Kişinin çok yakınındaki bir konuşma dikkatini dağıtarak verimini azaltabilir.
- Gürültülü ortamlar ilave bir tehlike yaratabilir; işitilebilir alarmlar duyulmayabilir.
- Gürültülü ortam oral iletişimi etkileyerek aktiviteyi bozabilir.

GK eğrileri geniş alanlarda kullanılabilir (Tablo 6.3 ve 6.4).

Sese maruz kalmanın analizi hem işitme hasarına yönelik riski hem de insanların bazı aktivitelerinin engellenmesini kapsar.

Gürültünün Algılanması

Kişilerin sesi gürültü olarak algılaması sesin çeşitli fiziksel özelliklerine bağlıdır. Bu özellikler:

- A. Şiddet: Genel olarak şiddetteki 10 dB'lik bir artış gürülük algılamasını yaklaşık olarak iki kat artırır.
- B. Frekans İçeriği: Enerjisi 2-8 kHz arasında olan ses bu aralığın dışına göre daha yüksek olarak algılanır.
- C. Ses Basınç Şiddetindeki Değişiklikler: Şiddeti yükselen sesler azalan şiddete göre daha yüksek olarak algılanır.

Psik Etkisi :

Çevresel psikologlar, gürültünün insan davranışı üzerinde etkili olduğuna ilişkin pek çok belirtinin olduğunu belirtirler. Bunlar:

- 1- Gürültünün fizyolojik olarak genel uyarılmış hali yarattığı ve gürültüye maruz kalan insanların kan basıncının yükseldiği,
- 2- Gürültünün belirli semtlerde oturanlar tarafından en sık sözü edilen sorunlardan biri olduğu,
- 3- Gürültünün, sağlığın bozulması ile ilişkili olduğudur.

Gürültünün insan davranışı üzerinde olumsuz etkileri olduğuna ilişkin çok sayıda araştırma vardır.

Kronik gürültünün çocukların sağlık ve davranışsal gelişimleri üzerinde direkt ve indirekt etkile-

Tablo 6.3. Bürolar için tavsiye edilen gürültü kriterleri

GK Birimi	İletişim Çevresi	Tipik Uygulama
20-30	Çok sessiz büro- telefon kullanımı yeterli- büyük konferanslar için uygun	Yönetim büroları ve 50 kişilik konferans odaları
30-35	"sessiz" büro- 4 ½ m'lik masada konferans için yeterli; normal ses 3-9 m arası; telefon kullanımı yeterli	Özel veya yarı-özel bürolar, resepsiyon odaları ve 20 kişilik küçük konferans odaları
35-40	2-2 ½ m'lik masada konferans için yeterli, telefon kullanımı yeterli; normal ses 2-3 ½ m	Orta büyüklükte büro ve endüstriyel iş büroları
40-50	1 ½ m'lik masada yeterli konferans; telefon kullanımı zaman zaman biraz güç; normal ses 1-1 ½ m yüksek ses 2-3 ½ m.	Büyük teknik ve tasarım odaları, vb.
50-55	2 veya 3 kişiden fazla kişi için yetersiz konferans; telefon kullanımı güç; normal ses 0.5 m; yüksek ses 1-1 ½ m	Sekreter alanları (daktilo), muhasebe alanları (iş makineleri), ozalit kağıdı odaları, vb.
55 üstü	"çok gürültülü"; büro çevresi yetersiz; telefon kullanımı güç	Herhangi bir büro için tavsiye edilmez.

Tablo 6.4. Odalar için tavsiye edilen gürültü kriteri

Alan tipi	GK birimi	Hesaplanan denk SLM değeri (dBA)
Radyo yayını stüdyoları	15-20	25-30
Konser salonları	15-20	25-30
Tiyatro (500 oturma yeri, amplifikasyon yok)	20-25	30-35
Müzik odaları	25	35
Sınıflar (amplifikasyon yok)	25	35
Televizyon stüdyoları	25	35
Apartman ve oteller	25-30	35-40
Toplantı odaları (amplifikasyon)	25-35	35-40
Ev (uyku alanları)	25-35	35-45
Sinema	30	40
Hastane	30	40
Mahkeme salonu (amplifikasyon yok)	25	30-35
Kütüphane	30	40-45
Restoran	45	55
Spor yerleri (amplifikasyon)	50	60

ri vardır. Söz konusu bu etkiler arasında gecikmiş kognitif gelişim ve öğrenme güçlüğü en önemlileridir. Öğretmenlerin davranışları da gürültüden etkilenir. Gürültü nedeni ile, bilginin yeterli aktarılabilmesi söz konusu olabilir. Öğrenme döneminde uçak veya yol gürültüsüne maruz bırakılan ergenlerde daha önce öğrenilmiş bilgilerin geri çağrılmasında problem meydana gelir. Ancak tren veya diğer sözel gürültüye maruz kalan ergenlerde bu durum gözlenmez. Sınıfları tren yolu ile karşı karşıya olan çocukların okuma becerilerinin aynı okulda aynı sosyo ekonomik seviyeye sahip ancak sınıfın tren yoluna uzak çocuklara göre daha kötü olduğu çalışmalarda gösterilmiştir.

Yüksek şiddette uçak gürültüsüne maruz kalan kişiler arasında mental problemlerden dolayı hastaneye başvurma insidansında artış meydana gelir. Gürültüye maruz kalma ile psikiyatrik bozukluklar arasında primer bir ilişki yoktur. Gürültü hassasiyeti, depresyonun sekonder semptomlarından birisidir.

Çevresel gürültü düzeyinin çok yoğun olduğu bölgelerde bulunan okullarda okuyan çocuklar ile sessiz bölgelerdeki okullarda okuyan çocuklarla karşılaştırdıkları zaman gürültülü okullardaki çocukların kan basınçlarının daha yüksek ve orta güçlükte bilmece çözmede daha başarısız olma eğiliminde oldukları görülür. Ayrıca, gürültülü okulların çocukları sessiz okul çocuklarına kıyasla, bilmeceleri çözemediklerinde uğraşmaktan hemen vazgeçme eğilimindedirler. Çocuk, gürültülü okulda ne kadar uzun süre kaldıysa, bir görev üzerinde çalışırken dikkati daha çok dağılır. Performansta görülen bu aksaklıklar, gürültülü okullar sesten arındırıldıktan sonra da sürer.

Gürültü başarıyı ciddi bir biçimde olumsuz yönde etkiler. Ancak, çok şiddetli gürültü sadece, görev çok karmaşık olduğunda başarıyı olumsuz olarak etkiler.

Gürültü insanlarda genel bir uyarılmışlık hali yaratır. Bu uyarılmışlık hali insanların dikkatinin azalmasına ve böylece çevredeki önemli uyarıcılar üzerinde toplanmasına yol açar. Dikkatin azalması sonucunda basit görevlerdeki başarı, birey dikkatini bu görevlerde topladığı için artar; ancak, koordinasyon ya da akıl yürütme gerektiren daha karmaşık görevlerdeki başarı düşer. Gürültülü ortamlarda, insanlar birbirlerine daha az dikkat edecekleri için sosyal etkileşim de olumsuz etkilenir.

Bireylerin gürültülü çevrelerde, sessiz çevrelere kıyasla daha az yardım ederler.

Bireyin gürültüye yüklediği anlam, dikkati belirlemede gürültünün gerçek fiziksel şiddetinden daha önemlidir. Ayrıca, tahmin edilemeyen ve kontrol edilemeyen gürültü daha fazla tehdit

edici olmasından dolayı davranışı olumsuz yönde etkiler. Pek çok ortamda, gürültünün anlık olarak çok az olumsuz etkisi görülür. Ayrıca, bu etkiler görülse de insanlar uzun süren gürültüye uyum sağlarlar.

Gürültüye maruz kalmanın, daha sonra kalıntı etkileri birey üzerinde devam eder.

Gürültünün tahmin edilemezliği, insanlarda çevreleri üzerinde kontrolleri olmadığı inancına yol açar ve sonuçta da, bu bireyler çaresizlik hissederler. Çaresiz bireylerin, çevrede çalışmak için çok az özendiricileri vardır, böylece görevdeki başarıları düşmektedir. Genellikle kentte duyulan gürültünün tahmin edilemez ve kontrol edilemez nitelikte oluşu önemlidir. Buna göre, bu tür gürültünün insanlar üzerinde olumsuz etkileri ya da daha sonra kalıntı etkileri olacağı beklenir.

Gürültüye olan cevabı etkileyen faktörler

1.Duygusal değişiklikler: Kişinin davranışları, inançları ve değerleri sesin rahatsız edici olarak algılanmasına neden olur.

- Gürültünün gerekliliği ve engellenebilirliği hissi: Kişi ihtiyaçlarının ve önem verdiklerinin göz ardı edildiğini düşünüyorsa gürültüden rahatsız olur.
- Gürültüyü üreten aktivitenin önem ve değerine ait yargı: Gürültü insan sağlığı açısından çok önemli ise gürültüyü üreten aktivite çok dikkate alınmaz.
- Gürültünün oluştuğu zaman: Kişi uyuyorsa, dinleniyorsa gürültüden iletişim veya eğlence aktiviteleri ile uğraştığı zamana göre daha fazla rahatsız olur.
- Çevre ile ilgili tutumlar: Kişinin oturduğu çevrede istenmeyen özellikler kişinin tepkisini etkiler.
- Gürültüye karşı olan genel hassasiyet: Kişiler sesi duyma, gürültüye olan yatkınlık ve gürültüden rahatsız olma deneyimleri açısından değişkenlik gösterir.
- Gürültünün sağlığa olan etkisi ile ilgili inanç: Kişilerin gürültüde sağlıklarının bozulacağına dair olan inanç.
- Gürültü ile ilgili korku: Gürültü kaynağından gelecek fiziksel hasardan kişinin korktuğu boyut.

2.Fiziksel değişkenler:

- Komşu çevrenin tipi: Sırası ile kırsal, banliyö, şehir, ticari ve endüstri alanlarında giderek gürültüde rahatsız olma oranı azalmaktadır. Kişinin bulunduğu

çevre gürültü ile ilgili beklentilerini de belirler.

- B. Günün zamanı: Erken akşam veya gece meydana gelen gürültüler gün içerisinde meydana gelen gürültülere göre daha rahatsız edicidir.
- C. Mevsim: Yazın oluşan gürültü kışın oluşan gürültüye göre daha fazla rahatsız edicidir.
- D. Gürültünün tahmin edilmesi: Kişiler gürültünün olabileceğini tahmin ederlerse tahmin etmedikleri duruma göre gürültüye karşı daha toleranslı olabilirler.
- E. Gürültü kaynağı üzerindeki kontrol: Gürültü kaynağı üzerinde kontrol durumu olan kişi gürültüye karşı daha toleranslıdır.
- F. Kişinin gürültüye maruz kaldığı süre: Duruma göre kısa süreli veya uzun süreli gürültüye maruz kalma gürültüden rahatsız olma durumunu artırır.

OTOTRAVMATİK AJANLARIN SİNERJİK ETKİLERİ

Birçok zehirli ajan kulağa hasar verebilir. Bu ajanların içerisinde gürültü, çeşitli ilaçlar, kafa travması, yaşlanma, çeşitli kulak hastalıkları yer almaktadır. Bu ajanların birbirleri ile olan etkileşimleri karmaşık ve önemlidir.

İlaçlar

Belirli aminoglikozid antibiyotikler (*kanamycin* ve *gentamicin*) ile gürültünün etkisi arasında anlamlı sinerjistik etki var gibi görülür. Gürültüden kaynaklanan hasar ile *kanamycin*den kaynaklanan hasar kokleanın aynı bölgesinde meydana gelir (bazal kıvrım). Ajanların verildiği sıra da önemlidir. *Kanamycin*, gürültüden etkilendikten sonra verilirse gürültü ile etkileri sinerjiktir. *Kanamycin*, gürültüye maruz kalınmadan daha önce verilirse etkisi sinerjik değildir. Tüm bu deneyler *guinea pig* üzerinde yapıldığı için insanlara ne kadar uyarlanabilir bilinmemektedir. Yapılan bir çalışmada *neomycinin* gürültü ile sinerjik etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur. Aran ve arkadaşları (1992), diüretik *ethacrynic* asit ve *gentamicinin* gürültüdeki rölatif rollerini değerlendirmek üzere bir seri çalışma yapmışlardır. *Ethacrynic* asit, *gentamicinin* hücreye girişini kolaylaştırmakta ve gürültüye daha hassas bir hale getirmektedir. *Cisplatin*, ototoksik etkisinin yanında sitotoksik etkisi de olan yaygın olarak kullanılan bir ilaçtır ve diğer ototoksik ajanlar ile sinerjik etkileşimi vardır (amiglikosid antibiyotikler, diüretikler ve gürültü).

-Çevresel Hidrokarbonlar

Hidrokarbon çözücülerinden, *styrene* ve *jet fuel*'in esas etkisi vestibüler sistem, (özellikle santral kısmı olmak üzere), üzerinedir. *Jet fuel*'in santral işitsel işleme üzerine de etkisi olduğu bulunmuştur. Barregard ve Axelsson (1984), organik çözücülerin kullanılması ile gürültüye maruz kalma arasında etkileşim olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Toluene, üzerinde en çok araştırma yapılan ve yaygın kullanımı en fazla olan ototoksik organik kimyasaldır. Kendi başına, periferik işitme kaybı ortaya çıkarır. Gürültü ile sinerjik etkileşimi vardır.

Karbon monoksit zehirlenmesi santral işitme kaybına yol açabilir ve gürültünün varlığında tüy hücreleri hasarında fasilitatör etkiye sahip olabilir. İşitme kaybının prevelansı ve organik bileşimler sonucu ortaya çıkış mekanizması çok iyi araştırılmamıştır.

Yaygın kullanımından dolayı salisilatlar da dikkat çeker. Ancak etkisi minimal gibi görünmektedir.

-Vibrasyon

Vibrasyon ile gürültüye maruz kalmanın kombine etkileri çok uzun zamandır beri araştırılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, Raynaud fenomeni olan kişilerin, soğuk hava koşullarında vibrasyona maruz kaldıktan sonra raynaud fenomeni olmayan kişilere göre daha fazla işitme kaybına sahip oldukları tespit edilmiştir.

-Gürültü ve Yaş

Bu konu, hem gençlerde hem de yaşlılarda çalışılmıştır. Periferik işitme sistemi tamamen geliştikten sonra hayvan ne kadar genç olursa gürültünün yarattığı hasar o kadar büyük olur. Gürültü ile ototoksik ilaçlar arasındaki etkileşim arasında yaşa bağlı çok büyük bir farklılık bulunmamıştır.

Presbiakuzi ile gürültünün birbirleri ile olan etkileşimi hep merak konusu olmuştur; katkı da mı bulunuyor, sinerjik etkisi mi var yoksa koruyucu mu? Yeni gürültü standardı ISO 1999 (1990) yüksek şiddetli gürültü dışında presbiakuzi ve gürültünün birbirine katkıda bulunduğunu ileri sürmektedir.

Yaşlanma, tahmin edilenden daha fazla etkiye sahiptir. Genç ve orta yaş grubunda orta seviyede gürültüye maruz kalındığı takdirde gürültü ve yaşlanma tam anlamı ile birbirine katkıda bulunur. Yüksek şiddetteki gürültü seviyelerinde katkı daha azdır. Yıllar geçtikçe yaşlanmanın etkisi ön plana çıkmaktadır. 80'li yaşlarda, kulak gürültüye maruz kalmış olsun-olmasın yüksek frekanslardaki işitme aynı oranlardadır.

-Gürültüye Bağlı Olarak Önceden Oluşmuş İşitme Kaybı

Kulağın gürültüye maruz kalması ile oluşan hasar, daha uzun süre gürültüye maruz kalma ile nasıl bir etkileşim göstermektedir? İşveren açısından bu son derece önemli bir konudur. ISO 1999 (1990) kullanılarak, her iş grubunda var olan gürültünün ortaya koyacağı işitme kaybını tahmin etmek mümkün olabilir.

-Melanizasyon Derecesi

Melanin'in gürültüye karşı önemli bir koruyucu ajan olduğu ileri sürülür. Kokleanın uygun şekilde fonksiyon görebilmesi için melanizasyonun derecesi önemlidir. Bu nedenle, mavi gözlü kişiler, esmer ve zencilere göre gürültüye karşı daha hassastırlar. Ancak bu konu ile ilgili çalışmaların sonucu çelişkilidir.

-Akustik Refleks

Akustik refleks, yüksek şiddetteki sese cevap olarak stapes kasının refleks olarak kasılmasıdır. Stapes kası kasıldığı zaman, sesin orta kulaktan geçişini 30 dB kadar azaltabilir. Kasılan kas, özellikle yüksek frekanslı uyarıya cevap olarak kasıldığında çabuk yorulur. İyileşme hızlıdır ve uyarı tekrarlayan tarzda ise kasın tekrarlı bir şekilde kasıldığı savunulur. Bu nedenle, orta kulak kas refleksinin, gürültünün bazı zararlı etkilerine karşı koruyucu olabileceği ileri sürülmüştür. Akustik refleksin, gürültüye karşı koruma rolü henüz tam olarak netlik kazanmamıştır.

-Kompleks Etkileşimler

Çevre-ısı, nem-atmosferik toksinler, sigara içilmesi, psikolojik faktörler ile gürültü arasındaki etkileşim yavaş yavaş ortaya konmaktadır.

-Akustik Travma

Patlama ile ilişkili olmayan yüksek şiddetteki bir gürültü geçici veya kalıcı koklear hasara yol açabilir.

Otitik Patlama Yaralanması

Bu tip bir travmada dış, orta ve iç kulak yapılarının hepsi zarar görebilir. Bomba patlaması ile silah patlaması arasında niteliksel benzerlikler vardır. Ancak, bomba patlamadan yayılan şok dalgaları 2 cm'lik silah patlamasından 3 kat daha uzundur.

Genel olarak, kişi bombaya ne kadar yakınsa kulak perforasyonu meydana gelme riski daha fazladır ve unilateral perforasyonu olan kişilerde perfore olan membran bomba tarafında olan membrandır.

Bu tür bir patlamaya maruz kalan birçok kişi total işitme kaybı eşliğine gelecek şekilde çok ileri derecede ciddi geçici sağırlıktan şikayet etmiştir.

Patlamayı takiben tinnitus şikayetleri de olmuştur.

İç kulakta meydana gelen hasar da değişkendir. İlk başta, birçok kişide sensörinöral işitme kaybı meydana gelir ve bu işitme kaybı çabucak iyileşir. Rezidüel yüksek frekans işitme kaybı olan birçok kişi, işitme kaybının varlığının farkında değildir. Timpanik membran yırtılması iç kulağı sensörinöral işitme kaybından korumaz.

KAYNAKLAR

1. Belgin, E., Gürültü ve Çocuk, Katkı Pediatri Dergisi, 1991,12; 217-9
2. Belgin, E., Gürültünün İnsan Sağlığına Etkileri, Kent ve Gürültü Sempozyumu, Ankara, 1994, 39-42.
3. Cohen, A., Extraauditory effects of noise on behaviour and health in Lee DK., Falk, HL., Murphy, SD., Geiger, SR., (Eds), 1977
4. Cohen, S., Weinstein N., Nonauditory effects of noise on behaviour and health., J.Soc., Issues, 1981, 37, s.36-70
5. Gelfand, S.A., Essentials of Audiology 2nd Ed., Thieme, New York, 2001, s.522 <http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/Audition/site/noiseeffectsonnonauditory.html>
6. Genç, A., Tekin, Ö., Şahin, A., Belgin, E., Havaalanı gürültüsünün yarattığı stres faktörlerinin değerlendirilmesi, Otokop, 2002, 3; 91-99
7. <http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/Audition/site/noiseeffectssleep.html>
8. <http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/Audition/site/noiseeffectsanoyance.html>
9. <http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/Audition/site/noiseeffectscomminterf.html>
10. <http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/Audition/site/noiseeffectsother.html>
11. http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/non_auditory.html#_1_1
12. Kerr, A.G., Scott-Brown's Otolaryngology Vol.2 6th Ed. Adult Audiology, Stephens, D., Butterworth Heinemann 1997, 2/11)
13. Kryter, KD, The effects of noise on Man, 2nd Ed., Orlando, Academic Press, 1985,
14. Lingscomb, D. M. Hearing Conservation in Industry, Schools, and the Military, Singular Publishing Group Inc., San Diego, California, 1996, s.35-44
15. Miller, JD., Effects of noise on people J.Acoust.Soc. Am., 1974, 56, s.729-764
16. Suter, AH., Noise sources and effects – a new look, sound vib., 1992, 26, s.18-98

Bölüm VII

KİŞİSEL KULAK KORUYUCULARI

Yrd. Doç. Dr. Ahmet Ataş

Hacettepe Üniversitesi, KBB – Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Ünitesi

Gürültülü işyerlerinde çalışmak zorunda olan işçilerin, ortamda bulunan ve işitme sağlığı açısından zararlı seslerden korunması için, son aşamada ve doğrudan bireylerin kulaklarına takılarak kullanılan koruyuculara; kişisel kulak koruyucuları denir. Gürültülü işyerlerinde son aşamada kullanılan bu koruyucuların bir çok çeşidi bulunmaktadır. İşyerlerinde, öncelikli olarak gürültü azaltıcı önlemlerin alınması sonrasında yapılan teknik gürültü ölçümleri ile, ek önlemlerin alınması gerektiği tespit edilir ve başka çözüm yolları bulunmazsa, başvurulacak olan yol, kişisel kulak koruyucularıdır. Bir çok çeşidi bulunan kulak koruyucularının seçimi, işyerindeki gürültünün özelliği ile yakından ilgilidir. Bu nedenle kişisel kulak koruyucuların seçiminde en önemli unsur, işyerindeki gürültü düzeyinin ve frekans spektrumunun tespitidir. Kitabın diğer bölümlerinde bu tespitlerin ve analizlerin ne tür cihazlarla yapılacağı ayrıntıları ile anlatılmaktadır.

Gürültünün yalnızca işitme sistemi üzerinde etkileri bulunmamaktadır. Yapılan bir çok bilimsel çalışmada, özellikle iş verimliliği ve dikkat süresi üzerinde de olumsuz etkileri olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca genel olarak vücut sistemlerini olumsuz etkilemektedir. Gürültüyü azaltmak veya ortadan kaldırmak amacı ile yapılan çeşitli düzenlemeler bulunmaktadır. Bu düzenlemeler içinde, işyerlerinde aşırı gürültüye neden olan araç ve gereçlerin modernize edilmesi, bu cihazların ayrı bölümlerde tutulması, gürültünün çalışanları daha az etkilemesi için çeşitli yalıtım malzemeleri kullanılması ve işçilerin kişisel kulak koruyucuları kullanması bulunmaktadır.

Kişisel kulak koruyucularının kullanılacağı durumlar

Etkili işitme koruma programlarının yürütülmesi için gerekli olan uygulamaların son aşamasında, kişisel kulak koruyucularının kullanılması

gelmektedir. İdeal olan, bu uygulamaya gerek duyulmadan işyerlerindeki gürültü düzeyinin zarar verici seviyeye ulaşmadan kontrol edilmesidir. Bu amaçlarla yapılan gürültü önleyici mühendislik uygulamaları sonrasında, işyerindeki gürültü analizleri yapılmalı ve elde edilen sonuçların standart değerlerle uyumlu olup olmadığı saptanmalıdır. Bir işyerindeki gürültü seviyesinin 80 dBA ve üzerinde olduğu tespit edilirse, kişisel kulak koruyucularının kullanılması gündeme gelmelidir. Yasal düzenlemelerle belirlenmiş olan ve bir işçinin mesai süresince maruz kalabileceği gürültü seviyesi tablo 7.1’de gösterilmiştir. Bu seviyeleri aşan gürültünün bulunduğu ortamlarda çalışan işçilerin, uygun kişisel kulak koruyucusu kullanılarak gürültüden etkilenmelerinin yasal sınırlara çekilmesi bir zorunluluktur. Yasalar, kişisel kulak koruyucuların sağlanmasını ve çalışanlara verilmesinden işvereni sorumlu tutmaktadır. Basit yöntemlerle (pamuk vs) yapılan ve etkili koruma sağlamayan uygulamalardan kaçınmak gerekir.

Gürültülü işyerlerinde yapılan gürültü önleyici uygulamaların etkili olup olmadığının saptanması işçi sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla yapılması gereken en önemli uygulamalar şu şekildedir:

- 1- İlk işe başlama sırasında her işçinin işitme eşikleri odyogram ile tespit edilmelidir.
- 2- İşyerinde düzenli aralıklarla gürültü analizleri yapılmalı ve risk seviyesinde yer alan bölümlerin çalışanlar tarafından öğrenilmesi sağlanmalıdır.
- 3- İşitme testlerinin her yıl tekrarlanması gerekmektedir. Gürültü seviyesi yüksek ortamlarda çalışmak zorunda olanlarda işitme testleri, her altı ayda bir tekrarlanmalıdır.

- 4- Uygun ve etkili sonuç verecek kişisel kulak koruyucularının temin edilerek işçilere verilmesi sağlanmalıdır.
- 5- Çalışanların gürültü ve zararları konusunda eğitilmesi sağlanmalı ve etkili korunma yöntemleri öğretilmelidir.
- 6- Çalışanların gürültüden etkilenme düzeyleri ve ortaya çıkan işitme kayıplarının kayıtları tutulmalıdır.

Tablo 7.1: yasal olarak bir günde maruz kalılabilecek gürültü seviyeleri

Gürültüye Maruz Kalınan Süre (saat/gün)	Maksimum Gürültü seviyesi (dBA)
7.5	80
4	90
2	95
1	100
0.5	105
0.25	110
1/8	115

Tablo 7.1'de verilen değerler, ülkemizde yasal olarak uygulanan değerlerdir. 80 dBA ile sınırlandırılmış olan çalışma süresi 7 ½ saat olarak kabul edilmiştir. Diğer ülkelere baktığımız zaman çoğunlukla, 8 saatlik çalışma süresince maruz kalılabilecek gürültü düzeyinin 90 dBA olarak belirlendiğini görmekteyiz. Tablo 7.2'de ABD tarafından uygulanan değerleri görmekteyiz.

Tablo 7.-2: ABD'de yasal olarak bir günde maruz kalılabilecek gürültü seviyeleri

İzin verilen gürültü seviyeleri	
Bir günde maruz kalınan süre (Saat)	dBA cinsinden ses seviyesi (Yavaş mod)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 ½	102
1	105
½	110
¼ veya daha kısa	115

Yasal sınırları aşan gürültü seviyesinin işitme kaybına neden olduğu bir çok bilimsel çalışma ile gösterilmiştir. Ayrıca yasal sınırların bile, kimi zaman işitme kaybı riskini ortadan kaldırmadığı bir çok kuruluş tarafından kabul edilmektedir. Tablo 7.3'de, ISO (The International Organization for Standardization), EPA (the U.S. Environmental Protection Agency) ve NIOSH tarafından, 40 yıllık bir çalışma sonrasında görülebilecek işitme kaybı riski gösterilmiştir.

Tablo 7.3: Değişik kuruluşlar tarafından rapor edilen işitme kaybı riski (40 yıllık çalışma süresi sonunda karşılaşılabilecek risk oranı(%))

Rapor eden organizasyon	Ortalama olarak günlük maruz kalınan gürültü (dBA)	Risk oranı (%)
ISO	90	21
	85	10
	80	0
EPA	90	22
	85	12
	80	5
NIOSH	90	29
	85	15
	80	3

ABD'de yapılmış olan bu çalışmalarda, yasal sınır 90 dBA olarak kabul edilmiştir. Tablo 7.2'den de anlaşıldığı gibi, yasal limitlerde çalışan her dört çalışandan birisinde işitme kaybı meydana gelmektedir. Bu verilerin dikkatli bir şekilde yorumlanıp, gürültü koruma programlarının etkili bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Tabloda görülen sonuçlara baktığımız zaman, ülkemizde kabul edilen yasal sınırların çalışanları ciddi bir şekilde koruduğu görülmektedir. Fakat kişisel düşüncemiz, bir çok işyerinde bu sınırlamalara uyulmadığı şeklindedir. Ülkemizde bir çok işkolunda henüz otomasyona geçilememiş olması, işgücü yoğun bir çalışma sisteminin yaygın olarak kullanılması, gürültü kontrolü için gereken modernizasyonun yapılmasını engellemektedir. Gürültü kontrolü düşünülerek yapılan bazı araç-gereç modernizasyonu ve işletme kurulduktan sonra yapılacak olan gürültü yalıtım uygulamaları oldukça pahalı uygulamalar olması nedeni ile çok fazla dikkate alınmamaktadır. İşyerlerinde gürültü ile mücadelede ağırlık, bireysel kulak koruyucularındadır.

Mevcut veriler kişisel kulak koruyucuların iş ortamında çeşitli nedenlerle yaygın bir şekilde kullanılmadığını göstermektedir. Sutter ve Hattis tarafından Amerika'da yapılan çalışmalarda, gürültü düzeyi 85 dBA'nın üzerindeki işyerlerinde, kişisel kulak koruyucularının kullanıma oranlarının, %15 - %33 arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, işçi eğitiminin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Bu çalışmalarda işçilerin kendi aralarındaki konuşmaları engellediği için kulak koruyucularını kullanmadıkları belirlenmiştir. Bu nedenlerle son yıllarda, uyarı amaçlı kullanılabilecek vericilerin bulunduğu kulak koruyucuların kullanımında artış görülmektedir. Üretici firmalar bu konuda daha çok ürün geliştirmekte ve aktif koruyucular konusunda çalışmaktadırlar.

Kişisel kulak koruyucularının çeşitleri

1- Standart tek kullanımlık kulak tıkaçları

Polimer veya catalan benzeri malzemeler kullanılarak yapılan yumuşak, süngerimsi görünümde elle

şekillendirilebilen ve tek kullanımlık (disposable) kulak tıkaçlarıdır. 15-30 dB oranında koruyuculuk sağlarlar. İşyerindeki gürültü seviyesinin çoğunlukla normal seviyelerde seyrettiği, gürültü seviyesinin çok sık artmadığı, bazı cihazların çalışması sırasında veya işyerlerindeki gürültü seviyesinin yüksek olduğu bazı bölümlerinde kullanılmak üzere hazırlanmış kulak tıkaçlarıdır. İşçiler bu bölümlere geçtiklerinde veya gürültü seviyesi yüksek olan bir cihaz çalıştığında kulak tıkaçlarını kullanır ve atarlar (Şekil 7.1).



Şekil 7.1: Standart tek kullanımlık kulak tıkaçları

2- Standart kulak tıkaçları

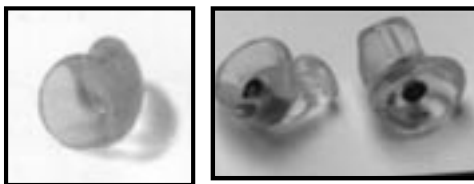
Yumuşak malzeme (foam veya kaliteli plastik) kullanılarak birden çok defa kullanılmak üzere üretilen bu tıkaçlar; 25-35 dB arasında koruyuculuk sağlarlar. Gürültü seviyesi yüksek olan işyerlerinde kullanılan ekonomik koruyuculardır (Şekil 7.2).



Şekil 7.2: Standart kulak tıkaçları

3- Bireysel kulak tıkaçları

Gürültü seviyesinin yüksek ve stabil olduğu işyerlerinde uzun süre kulak tıkaçı kullanımının zorunlu olduğu durumlarda, kullanacak olan kişinin kulaklarından ölçü alınarak özel olarak üretilen kulak tıkaçlarıdır. Çoğunlukla silikon veya biopor malzeme kullanılarak yapılır. Kişinin kulağından ölçü alınarak yapıldığı için kulağa tam olarak oturur ve rahatsız etmez. 20-35 dB arasında koruyuculuk sağlarlar (Şekil 7.3).



Şekil 7.3: Bireysel kulak tıkaçları

4- İki flanşlı kulak tıkaçları

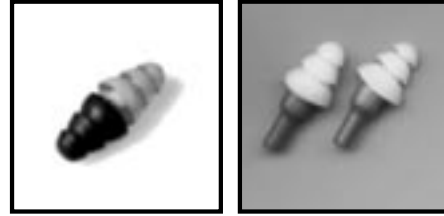
Standart kulak tıkaçlarına benzeyen bu tıkaçlarda iki flanş bulunmaktadır. Gürültünün yanı sıra basınç etkisinin de bulunduğu ortamlarda kullanılmak üzere üretilmişlerdir (Şekil 7.4).



Şekil 7.4: İki flanşlı kulak tıkaçları

5- Üç flanşlı kulak tıkaçları

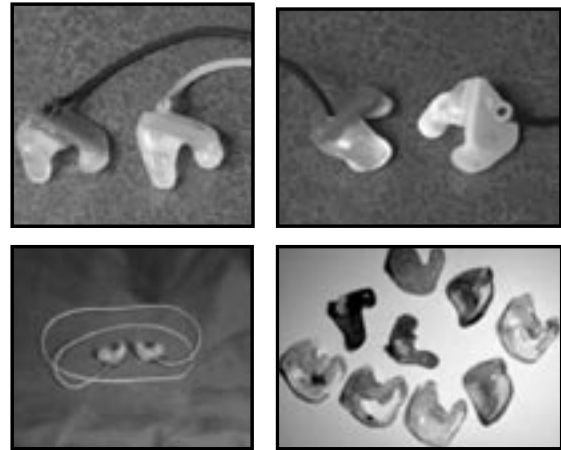
Basınç etkisinin daha fazla olduğu durumlarda kullanılır (Şekil 7.5).



Şekil 7.5: Üç flanşlı kulak tıkaçları

6- Bireysel, kulak kanalını ve konkayı kapatan kulak koruyucuları

Gürültü seviyesinin çok yüksek ve stabil olduğu durumlarda, uzun süre kullanılmak üzere kullanıcıdan ölçü alınarak üretilen ve koruyuculuk özelliğini artırmak amacı ile konkayı da kapatacak şekilde hazırlanan kulak koruyucusudur. Farklı yumuşaklıklarda üretilen bu koruyucular, silikon veya biopor kullanılarak hazırlanır (Şekil 7.6).



Şekil 7.6: Bireysel, kulak kanalını ve konkayı kapatan kulak koruyucuları

7-Filtreli bireysel kulak koruyucuları

İşyeri ortamında bulunan gürültü seviyesini bütün frekanslarda birbirine yakın seviyelerde azaltmak amacı ile kullanılan ve kullanıcıdan ölçü alınarak hazırlanan kulak koruyucularıdır. Değişik yumuşaklık derecesinde silikon kullanılarak hazırlanan bu koruyucularda, farklı filtreler kullanılarak koruyuculuk özellikleri artırılabilir. Çoğunlukla 10-15 ve 25 dB olarak kullanılan filtrelerle, ortamdaki duruma göre filtre seçimi yapılabilmekte ve filtreler istenirse kolaylıkla değiştirilebilmektedir (Şekil 7.7).



Şekil 7.7: Filtreli bireysel kulak koruyucuları

8-Dışarıdan bağlantı (Höparlör veya alıcı) yapılmaya uygun kulak koruyucuları

Ortamdaki gürültü seviyesinin yüksek olduğu, fakat dışarıdan gelecek uyarıları da duyma zorunluluğu olması durumunda kullanılan koruyuculardır (makine operatörleri, pilotlar, müzisyenler, vb). Kullanıcıdan ölçü alınarak, sikonon hazırlanan bu koruyucuların dış kısımlarında, höparlör veya alıcının tam olarak yerleşmesine olanak tanıyan bir girinti mevcuttur (Şekil 7.8).



Şekil 7.8: Dışarıdan bağlantı yapılmaya uygun kulak koruyucuları

9-Kulağı tamamen kapatan kulaklıklar(ear-muff)

Ortamdaki gürültü seviyesinin kulak tıkaçları ile elde edilecek koruyucu seviyenin üzerinde olması durumunda, kulak tıkaçlarının üzerine takılabilecek ve kulağı tamamen kapatacak koruyuculardır (Şekil 7.9).



Şekil 7.9: Kulağı tamamen kapatan kulaklıklar

10- Aktif gürültü azaltıcı kulaklıklar

Bu tür kulaklık çeşitleri üzerinde son yıllarda yoğun çalışmalar mevcuttur. Oldukça farklı mekanizmalarla çalışan bu kulaklıklarda, mevcut gürültü düzeyini ve gürültü tipini otomatik olarak algılayıp, gürültüyü azaltacak filtreleri otomatik olarak çalıştıracak sistemler mevcuttur. Ayrıca kullanıcı tarafından filtreleri ayarlanabilecek kulaklıklar da üretilmektedir. Bu tür kulaklıklarda kullanıcı çalıştığı yerin gürültü özelliklerine göre filtreleri ayarlamakta, gerek görürse iletişim amaçlı (konuşmaları veya uyarı sinyallerini duyabilmek için) bazı frekanslardaki seslerin geçişine izin verebilmektedir (Şekil 7.10).



Şekil 7.10: Aktif gürültü azaltıcı kulaklıklar

Uygun kulak koruyucusunun seçimi

Kişisel kulak koruyucuların seçimi, amaçlanan koruma özelliğinin oluşturulabilmesi için önemlidir. Seçim sırasında dikkat edilecek konuların başında, kullanıcının koruyucular hakkında bilgilendirilmesi gelir. Yoğun bir tempoda ve çoğunlukla terleyerek çalışmak zorunda olan işçiler, çoğunlukla bu tür uygulamaların sonuçları konusunda şüphelidirler. Bu nedenle, risk grubunun ciddi bir çalışma ile belirlenmesi ve kullanıcıyı rahat ettirecek (**rahatsız etmeyecek!!**) koruyucunun seçilmesi gerekmektedir. Bu uygulamadaki aşamalar şu şekilde olmalıdır:

- 1- İşyerinin gürültü haritası ve frekans analizi çıkarıldıktan sonra, çalışanlara gürültü seviyesi hakkında bilgi verilmelidir.
- 2- Gürültü seviyesinin fazla olduğu tespit edilen bölgelerde çalışan işçiler tespit edilerek, bu konuda ayrıca bilgilendirme yapılmalı ve sonraki aşamalar hakkında bilgi verilmelidir.
- 3- Risk grubunda yer alan işçilerin normal (rutin) çalışmaları sırasında dozimetre kullanılarak, çalışanların mesai süresince maruz kaldıkları gürültü dozu saptanmalıdır. (Bu uygulama sırasında çalışanlara takılacak olan cihazın, gürültü kaydettiği, konuşmaları kaydetmediği açıklanmalıdır) dozimetrenin takılması sırasında cihazın mikrofonunun yaka veya omuz gibi kulağa yakın bir noktaya takılmasına dikkat etmek gerekir.
- 4- Dozimetrenin nasıl parçası gömlek veya iş giysisinin cebine konmalıdır. Mikrofon ile cihaz arasındaki kablonun etrafa takılmaması veya sürtünmemesi için, giysi içinden geçirilmesi gerekmektedir.
- 5- Dozimetrenin normal çalışıp çalışmadığı gün içerisinde periyodik olarak kontrol edilmelidir.
- 6- Dozimetre kullanılarak elde edilen kayıtlar gün sonunda değerlendirmeye alınmalı ve mutlaka kaydedilmelidir.
- 7- Gün içinde zaman zaman yapılacak gürültü analizleri, elde edilecek dozimetre sonucunun güvenilirliğini artıracaktır.

Dozimetre kullanımında dikkat edilecek konular

Dozimetre kullanımı ile ilgili prensipler kitabının diğer bölümlerinde mevcut olmakla beraber, bazı noktaların tekrarlanması pekiştirici olacaktır. Dozimetre kullanımı sırasında en çok dikkat edilmesi gereken nokta eşik seviyenin tespitidir. Günümüzde mevcut olan dozimetrelerin büyük bir kısmında, eşik seviye 80-130 dBA arasında seçilebilmektedir. Eski modellerdeki eşik seviye 90 dB'den başlamaktadır. Eşik seviyenin ölçüm ön-

cesinde seçilmesi koruma programının etkinliğini artıracak ve gerçekte neyin korunacağı sorusuna cevap verecektir. Eşik seviyesinin 90 dBA olarak tespit edilmesi, dozimetrenin 90 dBA'nın üzerindeki şiddetlere duyarlı olacağını gösterir. Örneğin; eşik seviyesi 90 dBA olarak seçilmiş bir dozimetre uygulamasında, işyerindeki gürültü seviyesi 8 saat süresince 89 dBA şiddetinde ise dozimetrenin göstereceği etkilenme dozu %0 olacaktır. Oysa aynı ölçüm, eşik seviyesi 80 dBA olarak seçilmiş bir dozimetre kullanılarak yapılsa idi, elde edilecek etkilenme dozu %87 olarak tespit edilecekti. Bu nedenle ölçüme başlamadan önce eşik seviyenin mutlaka belirlenerek dozimetrenin buna göre ayarlanması gerekmektedir. Tablo 7.4'te eşik seviyesinin 80 dBA ve 90 dBA olarak belirlenmesi sonucu etkilenme dozlarının farklı gürültü seviyelerinde nasıl olacağı gösterilmiştir.

Tablo 7.4: Eşik seviyesi 90 dBA ve 80 dBA olarak ayarlanmış dozimetrelerle elde edilen sonuçlar

Gürültü Seviyeleri	Eşik seviyesi 90 dBA olarak ayarlanmış dozimetre	Eşik seviyesi 80 dBA olarak ayarlanmış dozimetre
8 saat 90 dBA	100.0%	100.0%
8 saat 89 dBA	0.0%	87.0%
8 saat 85 dBA	0.0%	50.0%
8 saat 80 dBA	0.0%	25.0%
8 saat 79 dBA	0.0%	0.0%
4 saat 90 dBA + 4 saat 80 dBA	50.0%	62.5%
7 saat 90 dBA + 1 saat 89 dBA	87.5%	98.4%
2 saat 100 dBA + 6 saat 89 dBA	100.0%	165.3%

İşyeri gürültü haritası, frekans analizi ve dozimetre sonuçları elde edildikten sonra, tüm sonuçların dikkatli bir şekilde kaydedilmesi ve dosyalanması gerekmektedir. Risk grubunda yer alan kişilerin maruz kaldıkları gürültü dozu belirlendikten sonra bu kişiler için uygun kulak koruyucularının tespit edilmesi gerekmektedir.

Kişisel kulak koruyucularının temin edilmesi aşamasında, gereksinim duyulan koruma düzeyinin saptanması gerekir. Kulak koruyucuların veya paketlerinin üzerinde, gürültü azaltma oranları (Noise Reduction Rating) ile ilgili analiz sonuçları yer almaktadır. Bu değer kullanıcının korunması için büyük önem taşır. Kullanılacak olan koruyucunun etkili olup olmayacağı veya ek önlemlere gerek olup olmayacağı şu şekilde belirlenir:

Tek aşamalı kulak koruyucusu kullanımında;

- Kulak koruyucusunun sahip olduğu gürültü azaltma oranından 7 dB çıkarılarak, A ağırlıklı skala değerine ulaşılır.

- Elde edilen sonucun %50'i korunma payı olarak bırakılır ve sonuç, dozimetre tarafından tespit edilmiş olan değerden çıkarılır.

İki aşamalı kulak koruyucusu kullanımında;

- İkinci bir koruyucu kullanıldığında, yukarıda verilen değerlere ek olarak 5 dB daha çıkarılır.

Kişisel kulak koruyucuların uygunluklarını belirlemek amacı ile yukarıda anlatılan değerlendirmelere örnek verecek olursak;

Örnek-1: Gürültülü bir işyerinde dozimetre kullanılarak, A Ağırlıklı Skala Değeri 8 saat için; 100 dBA tespit edilmiştir.

Kullanılması düşünülen kulak koruyucusunun gürültü azaltma oranı; 19 dB olarak gösterilmiştir.

- $(19-7) \times \%50 = 6 \text{ dB}$
- $100 \text{ dBA} - 6 \text{ dB} = 94 \text{ dBA}$

** Koruma payı kullanılmazsa; $94-6=88 \text{ dBA}$

Örnek- 2: Gürültülü bir işyerinde dozimetre kullanılarak, A Ağırlıklı Skala Değeri 8 saat için; 95 dBA tespit edilmiştir.

Kullanılması düşünülen kulak koruyucusunun gürültü azaltma oranı; 29 dB olarak gösterilmiştir.

- $(29-7) \times \%50 = 11 \text{ dB}$
- $95 \text{ dBA} - 11 \text{ dB} = 84 \text{ dBA}$

** Koruma payı kullanılmazsa; $84-11=73 \text{ dBA}$

Örnek- 3: Gürültülü bir işyerinde dozimetre kullanılarak, A Ağırlıklı Skala Değeri 8 saat için; 110 dBA tespit edilmiştir.

Gürültü seviyesinin çok fazla olması nedeni ile

iki aşamalı kulak koruyucu program kullanılmıştır.

Kullanılması düşünülen kulak tıkacının gürültü azaltma oranı; 29 dB olarak gösterilmiştir. Kulaklık için belirtilen gürültü azaltma oranı ise; 25 dB olarak gösterilmiştir.

- $(29-7) \times \%50 = 11 \text{ dB}$
- $11 \text{ dB} + 5 \text{ dB} = 16 \text{ dB}$
- $110 \text{ dBA} - 16 \text{ dB} = 94 \text{ dBA}$

** Koruma payı kullanılmazsa; $94-16=78 \text{ dBA}$

*Her örnekte kullanılan %50 korunma payının kullanılıp kullanılmaması uygulamayı yapan profesyonelle bırakılmıştır.

KAYNAKLAR

- 1- Egger Otoplastik+labortechnik GmbH.2001/9 Catalog
- 2- Harris, C.M. Handbook for Noise Control. 2nd ed. New York: McGraw-Hill. 1957.
- 3- Heba Otoplastik+labortechnik Catalog N:10
- 4- <http://www.aafp.org/afp/20030915/1125.html>
- 5- <http://www.audiohearing.co.uk/Audio%20Hearing%20-%20...>
- 6- <http://www.bradingrao.com/middle.htm>
- 7- <http://www.cevreorman.gov.tr/cy/Gky.htm>
- 8- <http://www.elvex.com/news.htm>
- 9- <http://www.faculty.washington.edu/chudler/hearing.html>
- 10- http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/osha_technical_manuel
- 11- Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik. 11 Şubat 2004 Tarihli Resmi Gazete, Sayı: 25370

Bölüm VIII MEVZUAT

*Selçuk Çevirme
İş Müfettişi, İş Müfettişi Derneği*

KONU: YASAL GEREKLİLİKLER:

1.BÖLÜM:

GÜRÜLTÜ İLE İLGİLİ MEVZUAT:

- 2872 sayılı Çevre Kanunu, 1983
- Gürültü Kontrol Yönetmeliği, 1986
- Türk Medeni Kanunu, 1926; 661. Maddesi
- 765 sayılı Türk Ceza Kanunu, 1926; 546. Maddesi
- 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, 1930; 268, 269, 274 maddeleri
- 2559 sayılı polis vazife ve yetkileri Kanunu, 1934; 14. Maddesi
- 1580 sayılı Belediye Kanunu, 1930 ve buna dayalı Olarak çıkarılan Belediye Sağlık Zabıta Talimatnamesi 4. Bölüm 1. Maddesi
- İstanbul Belediye Zabıta Talimatnamesi, 1961; 1. Bölüm 3. Maddesi ve 2. Bölüm 3. Maddesi
- 1475 sayılı iş kanunu, 1971; ve bu kanun uyarınca çıkarılan İşçi Sağlığı ve Güvenliği Tüzüğü, 1973; 22, 87 ve 525. Maddeleri ,
- 4857 Sayılı İş Kanununun 78. maddesine göre çıkarılan Gürültü Yönetmeliği
- 6785 sayılı İmar Kanununun ve İmar Nizamnamesine dayalı olarak çıkarılan organize sanayi bölgesi talimatnamesi, 45. ve 60. Maddeleri
- Karayolları Trafik Kanunu, 1983; 30. Maddesi
- "Akustik" başlığı altında yer alan Türk Standartları POLİS VAZİFE VE SALAHİYET TÜZÜĞÜ (25.4.1938)

Gürültü veya vellele ile mutad hilafı olarak çan ve alatı saire çalarak yahut kanun ve nizam ahkâmına muhalif surette gürültülü meslek ve sanat

icra eyliyerek halkın huzur ve rahatını ihlal etmek yasaktır. Şehir ve kasabalarda gerek mesken içinde gerek dışında saat yirmi dörtten sonra her gürültü yapanlar polisçe menolunur. Bu yasağı dinleyenler hakkında kanuni takibata esas olmak üzere bir zabıt varakası tanzim edilerek merciine verilir.

(Madde 15)

ÇEVRE KANUNU

Kişilerin huzur ve sükunu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde yönetmelikle belirlenen standartlar üzerinde gürültü çıkarılması yasaktır. Fabrika, atölye, işyeri, eğlence yeri, hizmet binaları, konutlar ve ulaşım araçlarında gürültünün asgariye indirilmesi için gerekli önlemler alınır. (K.N.2872, R.G. T.11.8.1983 Madde: 14)

İşyerleri ile ilgili olarak;

1.İşletme sağlığı açısından kabul edilebilir en yüksek gürültü seviyeleri tablo 8.1 verilen değerler esas alınır.

Tablo 8.1

<u>Gürültüye maruz kalan süre (saat/gün)</u>	<u>Max. gürültü seviyesi (dBA)7,5</u>
4	90
2	95
1	100
0,5	105
0,25	110
1/8	115

Darbe gürültülerinin üst seviyesi 140 dBA 'yı aşamaz.

(R.G. NO:19308, R.G.T.:11.12.1986, Gürültü Kontrol Yönetmeliği Madde:11)

II-BÖLÜM:

İŞ KANUNUNDA İŞÇİ SAĞLIĞI VE İŞ GÜVENLİĞİYLE İLGİLİ MADDELER:

İşverenlerin ve işçilerin yükümlülükleri

İşverenler işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması için gerekli her türlü önlemi almak, araç ve gereçleri noksatsız bulundurmamak, işçiler de iş sağlığı ve güvenliği konusunda alınan her türlü önleme uymakla yükümlüdürler.

İşverenler işyerinde alınan iş sağlığı ve güvenliği önlemlerine uyulup uyulmadığını denetlemek, işçileri karşı karşıya buldukları mesleki riskler, alınması gerekli tedbirler, yasal hak ve sorumlulukları konusunda bilgilendirmek ve gerekli iş sağlığı ve güvenliği eğitimini vermek zorundadırlar. Yapılacak eğitimin usul ve esasları Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığınca çıkarılacak yönetmelikle düzenlenir.

İşverenler işyerlerinde meydana gelen iş kazasını ve tespit edilecek meslek hastalığını en geç iki iş günü içinde yazı ile ilgili bölge müdürlüğüne bildirmek zorundadırlar.

Bu bölümde ve iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin tüzük ve yönetmeliklerde yer alan hükümler işyerindeki çiraklara ve stajyerlere de uygulanır.(İş Kanunu Madde:77)

Sağlık ve güvenlik tüzük ve yönetmelikleri

Sağlık Bakanlığının görüşünü alarak Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması, makineler, tesisat, araç ve gereçler ile kullanılan maddeler sebebiyle ortaya çıkabilecek iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesi, yaş, cinsiyet ve özel durumları sebebiyle korunması gereken kişilerin çalışma şartlarının düzenlenmesi amacıyla tüzük ve yönetmelikler çıkarır.

Ayrıca bu Kanuna tabi işyerlerinde, işçi sayısı, genişlik, yapılan iş, işin özellikleri, ağırlık ve tehlikesi bakımından hangi işyerleri için kurulmaya başlamadan önce planların Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının yetkili teşkilatına gösterilerek kurma izni alınacağı bu işyerleri kurulduktan sonra yine aynı makama başvurularak işletme belgesi alınması gerekeceği, Sağlık Bakanlığının görüşü alınarak Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından hazırlanacak bir yönetmelikle belirlenir.

(İş Kanunu Madde:78)

İşin durdurulması veya işyerinin kapatılması

Bir işyerinin tesis ve tertiplerinde, çalışma yöntemi ve şekillerinde, makine ve cihazlarında işçilerin yaşamı için tehlikeli olan bir husus tespit

edilirse, bu tehlike giderilinceye kadar işyerlerini iş sağlığı ve güvenliği bakımından denetlemeye yetkili iki müfettiş, bir işçi ve bir işveren temsilcisi ile Bölge Müdürlüğünden oluşan beş kişilik bir komisyon kararıyla, tehlikenin niteliğine göre iş tamamen veya kısmen durdurulur veya işyeri kapatılır. Komisyona kıdemli iş müfettişi başkanlık eder. Komisyonun çalışmaları ile ilgili sekreteryaya işleri bölge müdürlüğü tarafından yürütülür.

Askeri işyerleri ile yurt emniyeti için gerekli maddeler üretilen işyerlerindeki komisyonun yapısı, çalışma şekil ve esasları Millî Savunma Bakanlığı ile Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığınca birlikte hazırlanacak bir yönetmelikle belirtilir.

Bu maddeye göre verilecek durdurma veya kapatma kararına karşı işverenin yerel iş mahkemesinde altı iş günü içinde itiraz etmek yetkisi vardır.

İş mahkemesine itiraz, işin durdurulması veya işyerinin kapatılması kararının uygulanmasını durdurmaz.

Mahkeme itirazı öncelikle görüşür ve altı iş günü içinde karara bağlar. Kararlar kesindir.

Bir işyerinde çalışan işçilerin yaş, cinsiyet ve sağlık durumları böyle bir işyerinde çalışmalarına engel teşkil ediyorsa, bunlar da çalışmaktan alıkonulur.

Yukarıdaki fıkralar gereğince işyerlerinde işçiler için tehlikeli olan tesis ve tertiplerin veya makine ve cihazların ne şekilde işletilmekten alınacağı ve bunların ne şekilde yeniden işletilmelerine izin verilebileceği, işyerinin kapatılması ve açılması, işin durdurulmasına veya işyerinin kapatılmasına karar verilmeye kadar acil hallerde görev yapacak işçi ve işveren temsilcilerinin nitelikleri, seçimi, komisyonun çalışma şekil ve esasları Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından hazırlanacak bir yönetmelikte gösterilir.

Bir işyerinin kurulmasına ve işletilmesine izin verilmiş olması 78 inci maddede öngörülen yönetmelik hükümlerinin uygulanmasına hiçbir zaman engel olamaz.

Bu maddenin birinci fıkrası gereğince makine, tesisat ve tertibat veya işin durdurulması veya işyerinin kapatılması sebebiyle işsiz kalan işçilere işveren ücretlerini ödemeye veya ücretlerinde bir düşüklük olmamak üzere meslek veya durumlarına göre başka bir iş vermeye zorunludur. (İş Kanunu Madde:78)

İş sağlığı ve güvenliği kurulu

Bu Kanuna göre sanayiden sayılan, devamlı olarak en az elli işçi çalıştıran ve altı aydan fazla

sürekli işlerin yapıldığı işyerlerinde her işveren bir iş sağlığı ve güvenliği kurulu kurmakla yükümlüdür.

İşverenler iş sağlığı ve güvenliği kurullarınca iş sağlığı ve güvenliği mevzuatına uygun olarak verilen kararları uygulamakla yükümlüdürler.

İş sağlığı ve güvenliği kurullarının oluşumu, çalışma yöntemleri, ödev, yetki ve yükümlülükleri Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığınca hazırlanacak bir yönetmelikte gösterilir. (İş Kanunu Madde:80)

İşyeri hekimleri

Devamlı olarak en az elli işçi çalıştıran işverenler, Sosyal Sigortalar Kurumunca sağlanan tedavi hizmetleri dışında kalan, işçilerin sağlık durumunun ve alınması gereken iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin sağlanması, ilk yardım ve acil tedavi ile koruyucu sağlık hizmetlerini yürütmek üzere işyerindeki işçi sayısına ve işin tehlike derecesine göre bir veya daha fazla işyeri hekimi çalıştırmak ve bir işyeri sağlık birimi oluşturmakla yükümlüdür.

İşyeri hekimlerinin nitelikleri, sayısı, işe alınmaları, görev, yetki ve sorumlulukları, eğitimleri, çalışma şartları, görevlerini nasıl yürütecekleri ile işyeri sağlık birimleri, Sağlık Bakanlığı ve Türk Tabipleri Birliğinin görüşü alınarak Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından çıkarılacak bir yönetmelikte düzenlenir. (İş Kanunu Madde: 81)

İş güvenliği ile görevli mühendis veya teknik elemanlar

Bu Kanuna göre sanayiden sayılan, devamlı olarak en az elli işçi çalıştıran ve altı aydan fazla sürekli işlerin yapıldığı işyerlerinde işverenler, işyerinin iş güvenliği önlemlerinin sağlanması, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi için alınacak önlemlerin belirlenmesi ve uygulanmasının izlenmesi hizmetlerini yürütmek üzere işyerindeki işçi sayısına, işyerinin niteliğine ve tehlikelilik derecesine göre bir veya daha fazla mühendis veya teknik elemanı görevlendirmekle yükümlüdürler.

İş güvenliği ile görevli mühendis veya teknik elemanların nitelikleri, sayısı, görev, yetki ve sorumlulukları, eğitimleri, çalışma şartları, görevlerini nasıl yürütecekleri, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliğinin görüşü alınarak Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığınca çıkarılacak bir yönetmelikle düzenlenir. (İş Kanunu Madde:82)

İşçilerin hakları

İşyerinde iş sağlığı ve güvenliği açısından iş-

çinin sağlığını bozacak veya vücut bütünlüğünü tehlikeye sokacak yakın, acil ve hayati bir tehlike ile karşı karşıya kalan işçi, iş sağlığı ve güvenliği kuruluna başvurarak durumun tespit edilmesini ve gerekli tedbirlerin alınmasına karar verilmesini talep edebilir. Kurul aynı gün acilen toplanarak kararını verir ve durumu tutanakla tespit eder. Karar işçiye yazılı olarak bildirilir.

İş sağlığı ve güvenliği kurulunun bulunmadığı işyerlerinde talep, işveren veya işveren vekiline yapılır. İşçi tespitini yapılmasını ve durumun yazılı olarak kendisine bildirilmesini isteyebilir. İşveren veya vekili yazılı cevap vermek zorundadır.

Kurulun işçinin talebi yönünde karar vermesi halinde işçi, gerekli iş sağlığı ve güvenliği tedbiri alınuncaya kadar çalışmaktan kaçınabilir.

İşçinin çalışmaktan kaçındığı dönem içinde ücreti ve diğer hakları saklıdır.

İş sağlığı ve güvenliği kurulunun kararına ve işçinin talebine rağmen gerekli tedbirin alınmadığı işyerlerinde işçiler altı iş günü içinde, bu Kanunun 24 üncü maddesinin (I) numaralı bendine uygun olarak belirli veya belirsiz süreli hizmet akitlerini derhal feshedebilir.

Bu Kanunun 79 uncu maddesine göre işyerinde işin durdurulması veya işyerinin kapatılması halinde bu madde hükümleri uygulanmaz. (İş Kanunu Madde:83)

Ağır ve tehlikeli işler

On altı yaşını doldurmamış genç işçiler ve çocuklar ağır ve tehlikeli işlerde çalıştırılmaz.

Hangi işlerin ağır ve tehlikeli işlerden sayılacağı, kadınlarla on altı yaşını doldurmuş fakat on sekiz yaşını bitirmemiş genç işçilerin hangi çeşit ağır ve tehlikeli işlerde çalıştırılabilecekleri Sağlık Bakanlığının görüşü alınarak Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığınca hazırlanacak bir yönetmelikte gösterilir. (İş Kanunu Madde:85)

Ağır ve tehlikeli işlerde rapor

Ağır ve tehlikeli işlerde çalışacak işçilerin iş girişinde veya işin devamı süresince en az yılda bir, bedence bu işlere elverişli ve dayanıklı oldukları işyeri hekimi, işçi sağlığı dispanserleri, bunların bulunmadığı yerlerde sırası ile en yakın Sosyal Sigortalar Kurumu, sağlık ocağı, hükümet veya belediye hekimleri tarafından verilmiş muayene raporları olmadıkça, bu gibilerin işe alınmaları veya işte çalıştırılmaları yasaktır. Sosyal Sigortalar Kurumu işe ilk giriş muayenesini yapmaktan kaçınmaz.

İşyeri hekimi tarafından verilen rapora itiraz halinde, işçi en yakın Sosyal Sigortalar Kurumu

hastanesi sağlık kurulunca muayeneye tabi tutulur, verilen rapor kesindir.

Yetkili memurlar isteyince, bu raporları işveren kendilerine göstermek zorundadır.

Bu raporlar damga vergisi ve her çeşit resim ve harçtan muaftır. (İş Kanunu Madde:86)

On sekiz yaşından küçük işçiler için rapor

On dört yaşından on sekiz yaşına kadar (on sekiz dahil) çocuk ve genç işçilerin işe alınmalarından önce işyeri hekimi, işçi sağlığı dispanserleri, bunların bulunmadığı yerlerde sırası ile en yakın Sosyal Sigortalar Kurumu, sağlık ocağı, hükümet veya belediye hekimlerine muayene ettirilerek işin niteliğine ve şartlarına göre vücut yapılarının dayanıklı olduğunun raporla belirtilmesi ve bunların on sekiz yaşını dolduruncaya kadar altı ayda bir defa aynı şekilde doktor muayenesinden geçirilerek bu işte çalışmaya devamlarına bir sakınca olup olmadığının kontrol ettirilmesi ve bütün bu raporların işyerinde saklanarak yetkili memurların isteği üzerine kendilerine gösterilmesi zorunludur. Sosyal Sigortalar Kurumu işe ilk giriş muayenesini yapmaktan kaçınmaz.

Birinci fıkrada yazılı hekimlerce verilen rapora itiraz halinde, işçi en yakın Sosyal Sigortalar Kurumu hastanesi sağlık kurulunca muayeneye tabi tutulur, verilen rapor kesindir.

Bu raporlar damga vergisi ve her çeşit resim ve harçtan muaftır. (İş Kanunu Madde:87)

Çalışma Hayatının Denetimi ve Teftişi

Devletin yetkisi

Devlet, çalışma hayatı ile ilgili mevzuatın uygulanmasını izler, denetler ve teftiş eder. Bu ödev Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığına bağlı ihtiyaca yetecek sayı ve özellikte teftiş ve denetlemeye yetkili iş müfettişlerince yapılır.

Askeri işyerleriyle yurt güvenliği için gerekli maddeler üretilen işyerlerinin denetim ve teftişi konusu ve sonuçlarına ait işlemler Milli Savunma Bakanlığı ile Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığınca birlikte hazırlanacak yönetmeliğe göre yürütülür. (İş Kanunu Madde:91)

Yetkili makam ve memurlar

91 inci madde hükmünün uygulanması için iş hayatının izlenmesi, denetlenmesi ve teftişiyle ödevli olan iş müfettişleri, işyerlerini ve eklentilerini, işin yürütülmesi tarzını ve ilgili belgeleri, araç ve gereçleri, cihaz ve makineleri, ham ve işlenmiş maddelerle, iş için gerekli olan malzemeyi 93 üncü maddede yazılı esaslara uyarak gerektiği zamanlarda ve işçilerin yaşamına, sağlığına, güvenliğine,

eğitimine, dinlenmesine veya oturup yatmasına ilişkin tesis ve tertipleri her zaman görmek, araştırmak ve incelemek ve bu Kanunla suç sayılan eylemlere rastladığı zaman bu hususta Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından çıkarılacak İş Teftişi Tüzüğünde açıklanan şekillerde bu halleri önlemek yetkisine sahiptirler.

Teftiş ve denetleme sırasında işverenler, işçiler ve bu işle ilgili görülen başka kişiler izleme, denetleme ve teftişle görevli iş müfettişleri tarafından çağrıldıkları zaman gelmek, ifade ve bilgi vermek, gerekli olan belge ve delilleri getirip göstermek ve vermek ve birinci fıkrada yazılı görevlerini yapmak için kendilerine her çeşit kolaylığı göstermek ve bu yoldaki emir ve isteklerini geciktirmeksizin yerine getirmekle yükümlüdürler.

Çalışma hayatını izleme, denetleme ve teftiş yetkili iş müfettişleri tarafından tutulan tutanaklar aksi kanıtlanıncaya kadar geçerlidir. (İş Kanunu Madde:92)

Yetkili memurların ödevi

İş hayatını izleme, denetleme ve teftiş yetkisi olan iş müfettişleri görevlerini yaparlarken işin normal gidişini ve işyerinin işlemlerini, inceledikleri konunun niteliğine göre mümkün olduğu kadar aksatmamak, durdurmamak ve güçleştirmemekle ve resmi işlemlerin yürütülüp sonuçlandırılması için, açıklanması gerekmedikçe, işverenin ve işyerinin meslek sıraları ve şartları, ekonomik ve ticari hal ve durumları hakkında gördükleri ve öğrendikleri hususları tamamen gizli tutmak ve kendileri tarafından bilgileri ve ifadeleri alınan yahut kendilerine başvuran veya ihbarda bulunan işçilerin ve başka kişilerin isimlerini ve kimliklerini açıklamakla yükümlüdürler. (İş Kanunu Madde:93)

İşçi ve işverenin sorumluluğu

İş denetimi ve teftişine yetkili iş müfettişleri tarafından ifade ve bilgilerine başvurulmuş işçilere, işverenlerin gerek doğrudan doğruya ve gerek dolayısıyla telkinlerde bulunmaları, işçileri gerçeği saklamaya yahut değiştirmeye sevk veya herhangi bir suretle zorlamaları veyahut işçilerin ilgili makamlara başvurmaları, haber ve ifade vermeleri üzerine, bunlara karşı kötü davranışlarda bulunmaları yasaktır.

İşçilerin çalıştıkları veya ayrıldıkları işyerleriyile işverenleri hakkında gerçeğe uygun olmayan haberler vererek gereksiz işlemlerle uğraştırılmaları veya işverenleri haksız yere kötü duruma düşürmeye kalkışmaları ve iş müfettişlerince kendilerinden sorulan hususlar için doğru olmayan cevaplar vererek denetim ve teftişin yapılmasını güçleştirmek veya yanlış bir sonuca vardırarak gibi kötü niyetli davranışlarda bulunmaları yasaktır. (İş Kanunu Madde:96)

Zabitanın yardımı

Bu Kanun hükümlerinin tam ve gerektiği gibi uygulanabilmesi için işyerlerini teftiş ve denetlemeye yetkili iş müfettişlerinin gerekli görmeleri ve istemeleri halinde, zabıta kuvvetleri, bu iş müfettişlerinin görevlerini iyi bir şekilde yapabilmelerini sağlamak üzere her türlü yardımda bulunmakla yükümlüdürler. (İş Kanunu Madde:97)

İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili hükümlere aykırılık

Bu Kanunun 78 inci maddesinin birinci fıkrasında belirtilen tüzük ve yönetmeliklerdeki hükümlere uymayan işveren veya işveren vekiline alınmayan her iş sağlığı ve güvenliği önlemi için elli milyon lira para cezası verilir. Alınmayan önlemler oranında izleyen her ay için aynı miktar para cezası uygulanır.

Bu Kanunun 77 nci maddesi hükmüne aykırı hareket eden, 78 inci maddenin ikinci fıkrasına aykırı olarak kurma izni ve işletme belgesi almadan bir işyeri açan, 79 uncu maddesi hükmüne aykırı olarak faaliyeti durdurulan işi izin almadan devam ettiren, kapatılan işyerlerini izinsiz açan, 80 inci maddesinde öngörülen iş sağlığı ve güvenliği kurullarının kurulması ve çalıştırılması ile ilgili hükümlere aykırı davranan; iş sağlığı ve güvenliği kurullarınca alınan kararları uygulamayan, 81 inci maddesine aykırı olarak işyeri hekimi çalıştırma ve işyeri sağlık birimi oluşturma yükümlülüğünü yerine getirmeyen, 82 nci maddesine aykırı olarak iş güvenliği ile görevli mühendis veya teknik eleman görevlendirme yükümlülüğünü yerine getirmeyen işveren veya işveren vekiline beşyüzer milyon lira para cezası verilir.

Bu Kanunun 85 inci maddesine aykırı olarak ağır ve tehlikeli işlerde onaltı yaşından küçükleri çalıştıran veya aynı maddede belirtilen yönetmelikte gösterilen yaş kayıtlarına aykırı işçi çalıştıran işveren veya işveren vekiline beşyüz milyon lira para cezası verilir.

Bu Kanunun 86 ncı maddesi uyarınca işçilere doktor raporu almayan işveren veya işveren vekiline bu durumda olan her işçi için yüz milyon lira ve 87 nci madde gereğince çocuklara doktor raporu almayan işveren veya işveren vekiline bu durumdaki her bir çocuk için yüz milyon lira para cezası verilir.

Bu Kanunun 88 inci ve 89 uncu maddelerinde öngörülen yönetmeliklerde gösterilen şartlara ve usullere uymayan işveren veya işveren vekiline beşyüz milyon lira para cezası verilir. (İş Kanunu Madde:105)

İş hayatının denetim ve teftişi ile ilgili hükümlere aykırılık

Bu Kanunun;

92 nci maddesinin ikinci fıkrasındaki yükümlülüklerini yerine getirmeyen,

96 ncı maddesindeki yasaklara uymayan,

İşveren veya işveren vekiline beş milyar lira para cezası verilir.

İş müfettişlerinin bu Kanundan veya diğer kanunlardan doğan her çeşit teftiş, denetleme yetki ve görevleri gereğince görevlerinin yerine getirilmesi sırasında, görevlerini yapma ve sonuçlandırmaya engel olan kimselere eylem başka bir suçu oluştursa dahi ayrıca beş milyar lira para cezası verilir. (İş Kanunu Madde:107)

III.BÖLÜM:

İŞÇİ SAĞLIĞI VE İŞ GÜVENLİĞİ TÜZÜ- GÜ'NDE GÜRÜLTÜ İLE İLGİLİ MADDELER

1475 sayılı İş Kanunu kapsamına giren işyerlerinde, işçilere ait yatıp kalkma yerlerinde ve diğer müstemilatında bulunması gereken sağlık şartlarının ve işyerlerinde kullanılan alet, edevat, makineler ve ham Maddeler yüzünden, çıkabilecek hastalıklara engel olacak tedbir ve araçların, işyerlerinde iş kazalarını önlemek üzere bulundurulması gerekli araçların ve alınacak güvenlik tedbirlerinin neler olduğu bu Tüzükte belirtilmiştir. (İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Tüzüğü Madde:1)

Her işveren, işyerinde işçilerinin sağlığını ve iş güvenliğini sağlamak için, bu Tüzükte belirtilen şartları yerine getirmek araçları noksansız bulundurmak gerekli olanı yapmakla yükümlüdür.

İşçiler de, bu yoldaki usuller ve şartlara uymak zorundadırlar. (İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Tüzüğü Madde:2)

İşveren, işçilere yapmakta oldukları işlerinde uymaları gerekli sağlık ve güvenlik tedbirlerini öğretmek ve iş değiştirecek işçilere yenisinin gerektiği bilgileri vermek zorundadır. (İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Tüzüğü Madde:3)

İşverenin, işyerinde, teknik ilerlemelerin getirdiği daha uygun sağlık şartlarını sağlaması; kullanılan makinalarla alet ve edevattan herhangi bir şekilde tehlike gösterenleri veya ham maddelerden zehirli veya zararlı olanları, yapılan işin özelliğine ve fennin gereklerine göre bu tehlike ve zararları azaltan alet ve edevatla değiştirmesi iş kazalarını önlemek üzere işyerinde alınması ve bulundurulması gerekli tedbir ve araçları ve alınacak diğer iş güvenliği tedbirlerini devamlı surette izlemesi esastır. (İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Tüzüğü Madde:4)

İşyerlerindeki kapıların yükseklik ve genişliği,

oralarda çalışanların serbestçe girip, çıkmalarına elverişli ve dışarıdan gelecek sıcak ve soğuk havadan veya zararlı koku gaz ve gürültüden işçileri koruyacak şekil ve nitelikte yapılması olacaktır.

Boşluğa açılan kapı ve diğer menfezlerin uygun koruyucuları veya korkulukları bulunacaktır. (İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Tüzüğü Madde:12)

Ağır ve tehlikeli işlerin yapılmadığı yerlerde, gürültü derecesi 80 desibeli geçmeyecektir. Daha çok gürültülü çalışmayı gerektiren işlerin yapıldığı yerlerde, gürültü derecesi en çok 95 desibel olabilir. (İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Tüzüğü Madde: 22)

İşçilere Ait Yatıp Kalkma Yerlerinde ve Diğer Müstemilatında Bulunması Gereken Sağlık Şartları ve Güvenlik Tedbirleri :

İşçi konutları; bekar işçiler için müşterek koğuşları bulunan binalar halinde, aileleri ile birlikte oturan işçiler için ayrı evler veya apartmanlar şeklinde olacak ve bir konut için gerekli tesisat tertibat ve müstemilatı bulunacak, güneş ve hava alacak ve dış etkilere karşı korunmuş olacak, sağlık ve teknik şartlara uygun bir şekilde inşa edilecek ve bunlar, işyerlerinin gürültüsü, pisliliği ve hava kirletici etkilerinden korunmuş olacaktır. (İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Tüzüğü Madde:47)

Meslek Hastalıklarına Karşı Alınacak Genel Tedbirler:

Meslek hastalıklarının meydana gelmesine sebep olan işlerde çalışanların maruz buldukları tehlike ve zararlara karşı, bu Tüzüğün diğer Maddelerinde belirtilen hususlarla birlikte, alınacak genel koruyucu tedbirler, aşağıda gösterilmiştir.

- 1) Meslek hastalığı meydana getirebilen veya meslek hastalıkları listesinde kayıtlı Maddelerle çalışılan işyerlerinde; bu maddelerin özellikleri, zararları ve korunma çareleri hakkında, çalışanlar eğitilecektir.
- 2) İşyerlerinde, bu maddelerle hastalanma ve zehirlenmelere ait ilk belirtiler ile alınacak tedbirleri gösteren özel afişler uygun yerlere asılacaktır.
- 3) İşyerlerinde kullanılan zehirli ve zararlı maddeler, teknik imkan varsa aynı işi gören daha az zehirli ve zararlı Maddelerle değiştirilecektir.
- 4) Zehirli toz, duman, gaz, buhar, sis veya sıvılarla çalışmalar, teknik imkanlara göre kapalı sistemde yapılacak, bu gibi işyerlerinde, etkili ve yeterli havalandırma sağlanacak, atıklar, zararsız hale getirilmeden

atmosfere ve dış çevreye verilmeyecektir.

- 5) Çok zehirli maddelerin kullanıldığı işyerlerinde bu Maddeler ve bu maddelerin bulunduğu bölümler, diğer yerlerden tecrit edilmek suretiyle bunların etkileri azaltılacaktır.
- 6) Zehirli toz, duman ve buharlı işyerlerinde, işyeri havası nemli; taban, duvar ve tezgahlar yaş bulundurulmak suretiyle zararlı Maddelerin yapılması önlenecek, gerektiğinde bu çalışmalar, genel ve lokal havalandırma ile birlikte yapılacaktır.
- 7) Meslek hastalığı yapan zehirli ve zararlı maddelerle çalışılan işyerlerinde, işçilere uygun kişisel korunma araçları verilecek ve bunların kullanılmaları öğretilecek ve gerektiğinde sağlanacaktır.
- 8) Meslek hastalıklarından korunmak için, işe giriş ve işe yerleştirme muayeneleri düzenli yapılacak, kullanılan maddelere karşı hassas olanlar bu işlerde çalıştırılmayacak, işe uygun kişilerin yerleştirilmesine önem verilecektir.

Ayrıca, işe yerleştirilen işçilerin, tehlike ve zararın özelliğine göre, belirli sürelerde sağlık muayeneleri ve gerektiğinde laboratuvar araştırmaları yapılacaktır. (İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Tüzüğü Madde:59)

Fizik ve Mekanik Nedenlerle Ortaya Çıkabilecek Meslek Hastalıklarına Karşı

Gürültünün zararlı etkilerden korunmak için aşağıdaki tedbirler alınacaktır:

- 1) İşyerlerinde gürültü çıkaran makinelerin monte edilmeleri sırasında, işyeri tabanı, titreşimi ve sesi azaltacak malzeme ve sistemle yapılacaktır.
- 2) Gürültülü işyerlerinin duvarları, sesin yansımalarını önleyecek malzeme ile kaplanacak ve bu binalar, çift kapılı, çift pencereci inşa edilecektir. Duvarlar, ses geçirmeyen malzeme ile yapılacaktır.
- 3) Gürültünün azaltılmadığı hallerde, bu Tüzüğün 22 nci Maddesi hükümleri uygulanacaktır.
- 4) Gürültülü işlerde çalışacak işçilerin, işe alınırken, genel sağlık muayeneleri yapılacak, özellikle duyma durumu ve derecesi ölçülecek, kulak ve sinir sistemi hastalığı olanlar ile bu sistemde arızası bulunanlar ve hipertansiyonlular, bu işlere alınmayacaklardır. Ancak doğuştan sağır ve dilsiz olanlar, bu işlere alınabileceklerdir.

- 5) Gürültülü işlerde çalışan işçilerin, periyodik olarak, genel sağlık muayeneleri yapılacaktır. Duyuma durumunda azalma ve herhangi bir bozukluk görülenler ve kulak ve sinir hastalığı bulunanlar ve hipertansiyonlu olanlar, çalıştıkları işlerden ayrılacaklar, kontrol ve tedavi altına alınacaklardır. (İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü Madde:78)

Gürültülü yerlerde çalışan işçilere, kulakların korunması için uygun kulak tıkaçları verilecek ve bu tıkaçlar her gün temizlenecek ve sterilize edilmeden diğer bir işçiye verilmeyecektir. İşin özelliğine göre işçilere; kulakları, alnı, yanakları ve yüzü kıvılcıma, erimiş metale, fırlayan parçalara ve kıymıklara ve benzerlerine karşı koruyan uygun başlıklar verilecektir. Kullanılmayan koruyucu başlıklar, uygun şekilde saklanacaktır. (İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü Madde:525)

Sosyal yardım amacıyla verilen giyim eşyası dışında, işçilere verilen koruyucu giyim ve kişisel korunma teçhizatı, işverenin malıdır. Bunlar yalnız işyerinde ve işbaşında kullanılacak, bakım ve temizliği sağlanacaktır. (İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü Madde:534)

Sağlık Kuralları Bakımından Günde Ancak Yedi buçuk Saat Veya Daha Az Çalışılması Gereken İşler Hakkında Tüzük

Sağlık kuralları bakımından günde ancak yedi buçuk saat veya daha az çalışması gereken işler bu Tüzükte belirtilmiştir.(Madde:1)

Günde ancak yedi buçuk saat çalışılabilecek işler

Bir işçinin, günde, ancak, yedi buçuk saat çalıştırılabileceği işler şunlardır:

XX - Gürültülü işler Gürültüsü 80 desibeli aşan işler (Madde:2).

İŞÇİ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNETMELİĞİ;

Amaç

Bu Yönetmelik, işyerlerinde sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için alınacak önlemleri belirler.

Bu amaçla;

- Mesleki risklerin önlenmesi, sağlık ve güvenliğin korunması, risk ve kaza faktörlerinin ortadan kaldırılması,
- İş sağlığı ve güvenliği konusunda işçi ve temsilcilerinin eğitimi, bilgilendirilmesi, görüşlerinin alınması ve dengeli katılımlarının sağlanması,

- Yaş, cinsiyet ve özel durumları sebebi ile özel olarak korunması gereken kişilerin çalışma şartları, ile ilgili genel prensipler ve diğer hususlar bu Yönetmelikte düzenlenmiştir.

(İşçi Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği Madde: 1)

Tanımlar

- Risk değerlendirmesi: İşyerlerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin, işçilere, işyerine ve çevresine verebileceği zararların ve bunlara karşı alınacak önlemlerin belirlenmesi amacıyla yapılması gerekli çalışmaları,
- Sağlık ve güvenlik işçi temsilcisi: İşyerinde sağlık ve güvenlik konularında işçileri temsil etmeye yetkili kişiyi,
- Önleme: Mesleki riskleri önlemek veya azaltmak için işyerinde yapılan işlerin bütün aşamalarında planlanmış veya alınmış önlemlerin tümünü, (İşçi Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği madde:4)

İşverenin Genel Yükümlülükleri

İşveren aşağıda belirtilen sağlık ve güvenlikle ilgili hususları yerine getirmekle yükümlüdür:

- İşveren, işçilerin sağlığını ve güvenliğini korumak için mesleki risklerin önlenmesi, eğitim ve bilgi verilmesi dahil gerekli her türlü önlemi almak, organizasyonu yapmak, araç ve gereçleri sağlamak zorundadır.
- İşveren, sağlık ve güvenlik önlemlerinin değişen şartlara uygun hale getirilmesi ve mevcut durumun sürekli iyileştirilmesi amaç ve çalışması içinde olacaktır.
- İşveren, sağlık ve güvenliğin korunması ile ilgili önlemlerin alınmasında aşağıdaki genel prensiplere uyacaktır:
 - Risklerin önlenmesi,
 - Önlenmesi mümkün olmayan risklerin değerlendirilmesi,
 - Risklerle kaynağında mücadele edilmesi,
 - İşin kişilere uygun hale getirilmesi için, özellikle işyerlerinin tasarımında, iş ekipmanları, çalışma şekli ve üretim metodlarının seçiminde özen gösterilmesi, özellikle de monoton çalışma ve önceden belirlenmiş üretim temposunun hafifletilerek bunların sağlığa olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi,

- 5) Teknik gelişmelere uyum sağlanması,
 - 6) Tehlikeli olanların, tehlikesiz veya daha az tehlikeli olanlarla değiştirilmesi,
 - 7) Teknolojinin, iş organizasyonunun, çalışma şartlarının, sosyal ilişkilerin ve çalışma ortamı ile ilgili faktörlerin etkilerini kapsayan genel bir önleme politikasının geliştirilmesi,
 - 8) Toplu korunma önlemlerine, kişisel korunma önlemlerine göre öncelik verilmesi,
 - 9) İşçilere uygun talimatların verilmesi.
- c) İşveren, işyerinde yapılan işlerin özelliklerini dikkate alarak;
- 1) Kullanılacak iş ekipmanının, kimyasal madde ve preparatların seçimi, işyerindeki çalışma düzeni gibi konular da dahil işçilerin sağlık ve güvenliği yönünden tüm riskleri değerlendirir. Bu değerlendirme sonucuna göre; işverence alınan önleyici tedbirler ile seçilen çalışma şekli ve üretim yöntemleri, işçilerin sağlık ve güvenlik yönünden korunma düzeyini yükseltmeli ve işyerinin idari yapılanmasının her kademesinde uygulanmalıdır.
 - 2) Bir işçiye herhangi bir görev verirken, işçinin sağlık ve güvenlik yönünden uygunluğunu göz önüne alır.
 - 3) Yeni teknolojinin planlanması ve uygulanmasının, seçilecek iş ekipmanının çalışma ortam ve koşullarına, işçilerin sağlığı ve güvenliğine etkisi konusunda işçiler veya temsilcileri ile istişarede bulunur.
 - 4) Ciddi tehlike bulunduğu bilinen özel yerlere sadece yeterli bilgi ve talimat verilen işçilerin girebilmesi için uygun önlemleri alır.
- d) Aynı işyerinin birden fazla işveren tarafından kullanılması durumunda işverenler, yaptıkları işin niteliğini dikkate alarak; iş sağlığı ve güvenliği ile iş hijyeni önlemlerinin uygulanmasında işbirliği yapar, mesleki risklerin önlenmesi ve bunlardan korunma ile ilgili çalışmalarını koordine eder, birbirlerini ve birbirlerinin işçi veya işçi temsilcilerini riskler konusunda bilgilendirirler.
- e) İş sağlığı ve güvenliği ile iş hijyeni konusunda alınacak önlemler hiç bir şekilde işçilere mali yük getirmez.(işçi sağlığı ve güvenliği yönetmeliği madde:6)

Koruyucu ve Önleyici Hizmetler

İşyerinde sağlık ve güvenlikle ilgili koruyucu ve önleyici hizmetlerin yerine getirilmesi için aşağıda belirtilen hususlara uyulacaktır:

- a) Bu Yönetmeliğin 5 ve 6 ncı maddelerinde belirtilen yükümlülükler saklı kalmak kaydıyla, işveren, işyerindeki sağlık ve güvenlik risklerini önlemek ve koruyucu hizmetleri yürütmek üzere, işyerinden bir veya birden fazla kişiyi görevlendirir.
- b) Sağlık ve güvenlikle görevli kişiler, işyerinde bu görevlerini yürütmeleri nedeniyle hiçbir şekilde dezavantajlı duruma düşmezler. Bu kişilere, söz konusu görevlerini yapabilmeleri için yeterli zaman verilir.
- c) İşyerinde bu görevleri yürütebilecek nitelikte personel bulunmaması halinde, işveren dışarıdan bu konuda yeterlik belgesi olan uzman kişi veya kuruluşlardan hizmet alır.
- d) İşveren hizmet aldığı kişi veya kuruluşlara, işçilerin sağlık ve güvenliğini etkilediği bilinen veya etkilemesi muhtemel faktörler hakkında bilgi verir. Bu kişi veya kuruluşlar, bu Yönetmeliğin 10 uncu maddesinin (b) bendinde sözü edilen işçiler ve bu işçilerin işverenleri hakkındaki gerekli bilgilere de ulaşabilmelidirler.
- e) İşyerinde sağlık ve güvenlik hizmetlerini yürütmek üzere:
 - 1) Görevlendirilen kişiler gerekli nitelik, bilgi ve beceriye sahip olacaktır.
 - 2) Dışarıdan hizmet alınan kişi veya kuruluşlar gerekli kişisel beceri, mesleki bilgi ve donanıma sahip olacaktır.
 - 3) Görevlendirilen kişiler veya dışarıdan hizmet alınan kişi veya kuruluşların sayısı; işyerinin büyüklüğü, maruz kalınabilecek tehlikeler ve işçilerin işyerindeki dağılımı dikkate alınarak, koruyucu ve önleyici çalışmaların organizasyonunu yapmaya ve yürütmeye yeterli olacaktır.
- f) İşyeri içindeki veya dışındaki kişi veya kuruluşların bu maddede belirtilen sağlık ve güvenlik risklerini önleme ve risklerden korunma ile ilgili görev ve sorumlulukları açık olarak belirlenir. Bu kişi ve kuruluşlar gerektiğinde birlikte çalışırlar.
- g) İşverenin yeterli mesleki bilgi, beceri ve donanıma sahip olması halinde, işyerinin büyüklüğü, işin niteliği ve işçi sayısı dikkate alınarak bu maddenin (a) bendinde belirtilen hususların yerine getirilmesi sorumluluğunu kendisi üstlenebilir.

- h) İş sağlığı ve güvenliği konularında hizmet verecek kişi ve kuruluşların nitelikleri ve belgelendirilmesi ile işverenin sorumluluğu hangi hallerde üstlenebileceği ile ilgili usul ve esaslar Bakanlık tarafından belirlenir. (İşçi Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği madde:7)

İşçilerin Eğitimi

İşyerinde sağlık ve güvenliğin sağlanması ve sürdürülebilmesi için;

- a) İşveren, her işçinin çalıştığı yere ve yaptığı işe özel bilgi ve talimatları da içeren sağlık ve güvenlik eğitimi almasını sağlamak zorundadır. Bu eğitim özellikle;

- 1) İşe başlanmadan önce,
- 2) Çalışma yeri veya iş değişikliğinde,
- 3) İş ekipmanlarının değişmesi halinde,
- 4) Yeni teknoloji uygulanması halinde,

yapılır.

Eğitim, değişen ve yeni ortaya çıkan risklere uygun olarak yenilenir ve gerektiğinde periyodik olarak tekrarlanır.

- b) İşveren, başka işyerlerinden çalışmak üzere kendi işyerine gelen işçilerin yaptıkları işlerde karşılaşılabilecekleri sağlık ve güvenlik riskleri ile ilgili yeterli bilgi ve talimat almalarını sağlar.
- c) Sağlık ve güvenlik ile ilgili özel görevi bulunan işçi temsilcileri özel olarak eğitilir.
- d) (a) ve (c) bentlerinde belirtilen eğitim, işçilere veya temsilcilerine herhangi bir mali yük getirmez ve eğitimlerde geçen süre çalışma süresinden sayılır.

(İşçi Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği madde:12)

GÜRÜLTÜ YÖNETMELİĞİ:

Amaç

Bu Yönetmeliğin amacı, işçilerin gürültüye maruz kalmaları sonucu sağlık ve güvenlik yönünden oluşabilecek risklerden, özellikle işitme ile ilgili risklerden korunmaları için alınması gerekli önlemleri belirlemektir.

Bu Yönetmelikte belirtilen daha sıkı ve özel önlemler saklı kalmak kaydı ile, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği hükümleri de uygulanır. (Gürültü Yönetmeliği Madde:1)

Tanımlar

Bu Yönetmelikte geçen;

- a) En yüksek ses basıncı (Ppeak) : "C"-frekans ağırlıklı anlık gürültü basıncının maksimum değerini,

- b) Günlük gürültü maruziyet düzeyi (LEX, 8 saat) (dB(A) re.20 μ Pa) : TSE 2607 ISO 1999: 1990 standardında tanımlandığı gibi, sekiz saatlik iş günü için, anlık darbeli gürültünün de dahil olduğu bütün gürültü maruziyet düzeylerinin zaman ağırlıklı ortalamasını,

- c) Haftalık gürültü maruziyet düzeyi (LEX, 8h) : TSE 2607 ISO 1999: 1990 standardında tanımlandığı gibi, günlük gürültü maruziyet düzeylerinin sekiz saatlik beş iş gününden oluşan bir hafta için zaman ağırlıklı ortalamasını,

- d) Bakanlık : Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığını,

ifade eder.(Gürültü Yönetmeliği Madde:4)

İşverenlerin Yükümlülükleri

Maruziyet Sınır Değerleri ve Maruziyet Etkin Değerleri

Maruziyet sınır değerleri ve maruziyet etkin değerleri ile ilgili hususlar aşağıda belirtilmiştir:

- a) Bu Yönetmeliğin uygulanması bakımından, günlük gürültü maruziyet düzeyleri ve en yüksek ses basıncı yönünden maruziyet sınır değerleri ve maruziyet etkin değerleri, aşağıda verilmiştir;

- 1) Maruziyet sınır değerleri : LEX, 8h = 87 dB (A) ve ppeak = 200 μ Pa
- 2) En yüksek maruziyet etkin değerleri : LEX, 8h = 85 dB (A) ve ppeak = 140 μ Pa
- 3) En düşük maruziyet etkin değerleri : LEX, 8h = 80 dB (A) ve ppeak = 112 μ Pa

- b) İşçiyi etkileyen maruziyetin belirlenmesinde, işçinin kullandığı kişisel kulak koruyucularının koruyucu etkisi de dikkate alınarak maruziyet sınır değer uygulanacaktır. Maruziyet etkin değerlerinde kulak koruyucularının etkisi dikkate alınmayacaktır.

- c) Günlük gürültü maruziyetinin günden güne belirgin şekilde farklılık gösterdiğinin kesin olarak tespit edildiği işlerde ve aşağıdaki şartlara uyulmak kaydı ile maruziyet sınır değerleri ve maruziyet etkin değerlerinin uygulanmasında günlük maruziyet değerleri yerine haftalık maruziyet değerleri kullanılabilir:

- 1) Yeterli ölçümle tespit edilen haftalık gürültü maruziyet düzeyi 87 dB (A) maruziyet sınır değerini aşmayacaktır.

- 2) Bu işlerdeki riskleri en aza indirmek için yeterli önlemler alınmış olacaktır. (Gürültü Yönetmeliği Madde:5)

İşverenlerin Yükümlülükleri

Risklerin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi

İşyerlerinde gürültüden kaynaklanan risklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde;

- a) İşveren, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinin 6 ncı maddesinin (c) bendinde ve 9 uncu maddesinin (a) bendinde belirtilen yükümlülükleri yerine getirirken, işçilerin maruz kaldığı gürültü düzeyini değerlendirecek ve gerekiyor ise gürültü ölçümü yapacaktır.
- b) Kullanılan yöntemler ve aygıtlar, mevcut koşullara, özellikle de ölçülecek olan gürültünün özelliklerine, maruziyet süresine ve çevresel faktörlere uygun olacaktır.
- Bu yöntemler ve aygıtlar bu Yönetmeliğin 4 üncü maddesindeki tanımlanan parametrelerin belirlenmesine ve 5 inci maddesinde belirlenen değerlerin aşılmamasına karar verilebilmesine olanak sağlayacaktır.
- c) Kullanılan gürültü ölçme yöntemi, bir işçinin kişisel maruziyetini gösterecek şekilde olacaktır.
- d) Yukarıda (a) bendinde belirtilen değerlendirme ve ölçümler İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinin 7 nci maddesindeki hükümler dikkate alınarak uzmanlarca planlanacak ve uygun aralıklarla yapılacaktır.

Gürültü maruziyet düzeyinin değerlendirilmesi ve ölçüm sonuçları, daha sonraki zamanlarda tekrar değerlendirilebilmesi için uygun bir şekilde saklanacaktır.

- e) Ölçüm sonuçları değerlendirilirken, ölçme uygulamalarına bağlı olan ölçüm hataları dikkate alınacaktır.
- f) İşveren, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinin 6 ncı maddesinin (c) bendi gereğince yapacağı risk değerlendirmesinde aşağıda belirtilen hususlara özel önem verecektir:
- 1) Darbeli gürültüye maruziyet de dahil maruziyetin düzeyine, türü ve süresine,
 - 2) Bu Yönetmeliğin 5 inci maddesinde belirtilen maruziyet sınır değerlerine ve maruziyet etkin değerlerine,
 - 3) Özellikle hassas risk gruplarına dahil işçilerin sağlık ve güvenliklerine olan etkilerine,
 - 4) Teknik olarak mümkünse, gürültü ile işe

bağlı ototoksik maddelerin etkileşimlerine veya gürültü ile titreşim arasındaki etkileşimlerin işçinin sağlık ve güvenliğine olan etkisine,

- 5) Kaza riskini azaltmak için kullanılan ve işçiler tarafından algılanması gereken uyarı sinyalleri ve diğer sesler ile gürültünün etkileşmesinin işçilerin sağlık ve güvenlikleri yönünden dolaylı etkisine,
 - 6) İş ekipmanlarının gürültü emisyonları hakkında ilgili mevzuat uyarınca imalatçılardan sağlanan bilgilere,
 - 7) Gürültü emisyonu daha az olan alternatif bir iş ekipmanının bulunup bulunmadığına,
 - 8) Gürültüye maruziyetin, işverenin sorumluluğundaki normal çalışma saatleri dışında da devam edip etmediğine,
 - 9) Sağlık gözetiminden elde edilen ve mümkünse en son yayınlanmış olanları da içeren tüm bilgilere,
 - 10) Yeterli korumayı sağlayabilecek kulak koruyucularının bulunup bulunmadığına.
- g) İşveren, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinin 9 uncu maddesinin (a) bendinin (1) numaralı alt bendi uyarınca, risk değerlendirmesini yaptırmış olacak ve aynı Yönetmeliğin 5, 6, 7 ve 8 inci maddelerine uygun olarak hangi önlemlerin alınması gerektiğini tanımlayacaktır. Risk değerlendirmesi ile ilgili, yürürlükteki mevzuata uygun olarak kayıt tutulacak ve saklanacaktır. Risk değerlendirmesi, düzenli olarak ve önemli bir değişiklik olduğunda veya sağlık gözetimi sonuçlarının gerektirdiğinde yeniden yapılacaktır.

(Gürültü Yönetmeliği Madde:6)

Maruziyetin Önlenmesi veya Azaltılması

Gürültüden kaynaklanan maruziyetin önlenmesi veya azaltılması için;

- a) Teknik gelişmelere uygun önlemler alınarak gürültüye maruziyetten kaynaklanan riskler kaynağında yok edilecek veya en aza indirilecektir.
- Gürültüden kaynaklanan risklerin azaltılmasında, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinin 6 ncı maddesinin (b) bendinde belirtilen genel prensiplere uyulacak ve özellikle;
- 1) Gürültüye maruziyetin daha az olduğu başka çalışma yöntemleri seçmek,
 - 2) Yapılan işi göz önünde bulundurarak,

mümkün olan en düşük düzeyde gürültü yayan uygun iş ekipmanını seçmek,

- 3) İşyerinin ve çalışılan yerlerin tasarımı ve düzenlenmesi,
- 4) İşçilere, iş ekipmanını gürültüye en az maruz kalacakları doğru ve güvenli bir şekilde kullanmaları için, gerekli bilgiyi ve eğitimi vermek,
- 5) Gürültüyü teknik yollarla azaltmak için;
 - Hava yoluyla yayılan gürültüyü, perdeleme, kapatma, gürültü emici örtülerle ve benzeri yöntemlerle azaltmak,
 - Yapıdan kaynaklanan gürültüyü, yalıtım ve benzeri yöntemlerle azaltmak,
- 6) İşyeri, çalışma sistemleri ve iş ekipmanları için uygun bakım programlarının uygulanması,
- 7) Gürültüyü azaltacak bir iş organizasyonu ile;
 - Maruziyet süresini ve gürültü düzeyini sınırlamak,
 - Yeterli dinlenme araları verilerek çalışma sürelerinin düzenlenmesi,

gibi önlemler alınacaktır.

- b) Bu Yönetmeliğin 5 inci maddesine göre yapılan risk değerlendirmesinde, en yüksek maruziyet etkin değerlerinin aşıldığının tespiti halinde, işveren, özellikle yukarıda (a) bendinde belirtilen önlemleri de dikkate alarak, gürültüye maruziyeti azaltmak için teknik ve/veya organizasyona yönelik bir önlem programı oluşturacak ve uygulayacaktır.
- c) Bu Yönetmeliğin 5 inci maddesi uyarınca yapılan risk değerlendirmesine göre, işçilerin en yüksek maruziyet etkin değerlerini aşan gürültüye maruz kalabileceği çalışma yerleri uygun şekilde işaretlenecektir. Ayrıca, bu alanların sınırları belirlenecek ve teknik olarak mümkün ise, bu alanlara girişler kontrollü olacaktır.
- d) İşçilerin dinlenmesi için ayrılan yerlerdeki gürültü düzeyi, bu yerlerin kullanım amacına uygun olacaktır.
- e) İşveren, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinin 15 inci maddesi uyarınca kadınlar, çocuklar, yaşlılar, özürlüler gibi hassas risk gruplarının korunması için gerekli önlemleri alacaktır. (Gürültü Yönetmeliği Madde:7)

Kişisel Korunma

Gürültüye maruziyetten kaynaklanan riskler başka yollarla önlenemiyor ise;

- a) İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinin 13 üncü maddesinin (b) bendine ve Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik hükümlerine uygun olarak ve aşağıda belirtilen koşullarda, işçilere, kişiye tam olarak uyan kulak koruyucuları verilecek ve bu koruyucular işçiler tarafından kullanılacaktır:
 - 1) Gürültü maruziyeti en düşük maruziyet etkin değerleri aştığında, işveren kulak koruyucuları sağlayarak işçilerin kullanımına hazır halde bulunduracaktır,
 - 2) Gürültü maruziyeti en yüksek maruziyet etkin değerlerine ulaştığında ya da bu değerleri aştığında, kulak koruyucuları kullanılacaktır,
 - 3) Kulak koruyucuları işitme ile ilgili riski ortadan kaldıracak veya en aza indirecek bir biçimde seçilecektir.
- b) İşveren kulak koruyucularının kullanılmasını sağlamak için her türlü çabayı gösterecek ve alınan önlemlerin etkililiğini denetlemekten sorumlu olacaktır. (Gürültü Yönetmeliği Madde:8)

Maruziyetin Sınırlanması

İşçinin maruziyeti, hiçbir koşulda bu Yönetmeliğin 5 inci maddesinin (b) bendinde belirtildiği şekilde maruziyet sınır değerlerini aşmayacaktır.

Bu Yönetmelikte belirtilen tüm önlemlerin alınmasına rağmen, maruziyet sınır değerlerinin aşıldığının tespit edildiği durumlarda, işveren;

- a) Maruziyeti, maruziyet sınır değerlerinin altına indirmek üzere gerekli olanı derhal yapacak,
- b) Maruziyet sınır değerlerinin aşılması nedenlerini belirleyecek ve
- c) Bunun tekrarını önlemek amacıyla, koruma ve önlemeye yönelik tedbirleri alacaktır.

(Gürültü Yönetmeliği Madde:9)

İşçilerin Bilgilendirilmesi ve Eğitimi

İşveren, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinin 10 uncu ve 12 nci maddelerinde belirtilen hususlarla birlikte, işyerinde en düşük maruziyet etkin değerindeki veya üzerindeki gürültüye maruz kalan işçilerin ve/veya temsilcilerinin gürültü

maruziyeti ile ilgili olarak ve özellikle de aşağıdaki konularda bilgilendirilmelerini ve eğitilmelerini sağlayacaktır:

- a) Gürültüye maruziyetten kaynaklanan riskler,
- b) Gürültüden kaynaklanan riskleri önlemek veya en aza indirmek amacıyla bu Yönetmelik hükümlerini uygulamak için alınan önlemler ve bu önlemlerin uygulanacağı koşullar,
- c) Bu Yönetmeliğin 5 inci maddesinde belirtilen maruziyet sınır değerleri ve maruziyet etkin değerleri,
- d) Bu Yönetmeliğin 6 ncı maddesine uygun olarak yapılan değerlendirme ve gürültü ölçümünün sonuçları ve bunların önemi ve potansiyel riskler,
- e) Kulak koruyucularının doğru kullanılması,
- f) İşitme kaybı belirtilerinin niçin ve nasıl tespit edileceği ve bildirileceği,
- g) Bu Yönetmeliğin 12 nci maddesine göre, işçilerin hangi şartlarda sağlık gözetimine tabi tutulacağı ve sağlık gözetiminin amacı,
- h) Gürültü maruziyetini en aza indirecek güvenli çalışma uygulamaları.

(Gürültü Yönetmeliği Madde:10)

İşçilere Danışılma ve Katılımın Sağlanması

İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinin 11 inci maddesine uygun olarak işçilere ve/veya temsilcilerine bu Yönetmeliğin kapsadığı konular ile özellikle aşağıdaki konularda danışılacak ve katılımları sağlanacaktır:

- a) Bu Yönetmeliğin 6 ncı maddesinde belirtilen şekilde risklerin değerlendirilmesinde ve alınacak önlemlerin tanımlanmasında,
- b) Bu Yönetmeliğin 7 nci maddesinde belirtilen, gürültüden kaynaklanan risklerin ortadan kaldırılmasını veya azaltılmasını amaçlayan önlemlerin alınmasında,
- c) Bu Yönetmeliğin 8 inci maddesinin (a) bendinin 3 numaralı alt bendinde belirtilen şekilde kulak koruyucularının seçilmesinde. (Gürültü Yönetmeliği Madde:11)

Sağlık Gözetimi

İşçiler aşağıdaki hususlar gözönünde bulundularak sağlık gözetimine tabi tutulacaktır:

- a) Bu Yönetmeliğin 6 ncı maddesinin (a) bendi gereğince yapılan risk değerlendirmesi sonucunda sağlık riski olduğunun anlaşılması halinde işçiler uygun sağlık gözetimine tabi tutulacaktır.
 - b) En yüksek maruziyet etkin değerlerini aşan gürültüye maruz kalan bir işçi, bir hekim veya hekimin sorumluluğu altındaki uzman bir başka kişi tarafından işitme testi yapılmasını isteme hakkına sahiptir. Bu Yönetmeliğin 6 ncı maddesinde hükme bağlanan değerlendirme ve ölçüm sonuçlarının bir sağlık riski olduğunu gösterdiği yerlerde, en düşük maruziyet etkin değerlerini aşan gürültüye maruz kalan işçiler için de işitme testleri yapılacaktır. Bu testlerin amacı gürültüye bağlı olan herhangi bir işitme kaybında erken tanı koymak ve işitme işlevini koruma altına almaktır.
 - c) Yukarıda (a) ve (b) bentlerine uygun olarak yapılan sağlık gözetimi ile ilgili olarak her işçinin kişisel sağlık kaydı tutulacak ve güncelleştirilecektir. Sağlık kayıtları, sağlık gözetiminin bir özetini içerecektir. Bu kayıtlar gizlilik esasına uygun olarak ve gerektiğinde incelenebilecek şekilde saklanacaktır.
- Bu kayıtların kopyaları, yetkili makamların istemesi halinde verilecektir. Her işçi, istediğinde kendisiyle ilgili kayıtlara ulaşabilecektir.
- d) İşitme ile ilgili sağlık gözetimi sonucunda, işçide işitme kaybı saptandığında, işitme kaybının gürültü maruziyetine bağlı olup olmadığını bir hekim veya hekimin uygun gördüğü bir uzman değerlendirecektir. İşitme kaybı gürültüye bağlı ise;

- 1) İşçi, hekim veya uygun nitelikli diğer bir kişi tarafından, kendisi ile ilgili sonuçlar hakkında bilgilendirilecektir.
- 2) İşveren;
 - i) Yönetmeliğin 6 ncı maddesi uyarınca yapılan risk değerlendirmesini gözden geçirecektir.
 - ii) Riskleri önlemek veya azaltmak için Yönetmeliğin 7 nci ve 8 inci maddeleri uyarınca alınan önlemleri gözden geçirecektir.
 - iii) Riskleri önlemek veya azaltmak için Yönetmeliğin 7 nci ve 8 inci maddeleri uyarınca gerekli görülen ve işçinin gürültüye maruz kalmayacağı başka bir işte görevlendirilmesinin de aralarında olduğu önlemleri uygularken, iş sağlığı uzmanları veya diğer uygun vasıflı kişilerin veya yetkili makamların önerilerini dikkate alacaktır.

- iv) Benzer biçimde maruz kalan işçilerin sağlık durumunun gözden geçirilmesi için de düzenli bir sağlık gözetimi uygulayacaktır. (Gürültü Yönetmeliği Madde:12)

Yürürlük

Bu Yönetmelik yayımı tarihinden 3 (üç) yıl sonra yürürlüğe girer. (Gürültü Yönetmeliği Madde: 14)

- i 140 dB (C) ile ilgili olarak 20 μ Pa
 ii 137 dB (C) ile ilgili olarak 20 μ Pa.
 iii 135 dB (C) ile ilgili olarak 20 μ Pa.

IV.BÖLÜM:

SİGORTA MEVZUATINDA MESLEK HASTALIKLARI İLE İLGİLİ MADDELER:

Sosyal Sigortalar Kanununa Sağlık İşlemleri Tüzüğüne Göre Gürültülü İşler:

Sosyal Sigortalar Kanunu Sağlık İşlemleri Tüzüğü'ne göre; kanunla sağlanan yardımlardan yararlanabilmek için sigortalının meslek hastalığına sebep olan işinden fiilen ayrıldığı tarih ile meslek hastalığının meydana çıktığı tarih arasında geçecek azami süreye yükümlülük süresi denir. Gürültü sonucu işitme kaybı teşhisi için yükümlülük süresi kanunda 6 ay olarak ön görülmüştür.

Hastalık tehlikesi olan başlıca işler;

- Çekiçle, özellikle hava basınçlı çekiçlerle kaporta ve perçin işleri,
 Metallerin, sac levhaların haddelenmesi, perdahlanması, yüzeylerinin düzeltilmesi, buhar kazanlarındaki kazan taşlarının parçalanıp çıkarılması, hava basmalı kumla temizleme ve metal püskürtme işlemleri,
- Kakma, zımbalama, çekiçleme, perçinleme,
- Bazı testereler ve planya makineleri,
- Dokuma tezgahlarında mekik vurma, tekstil sanayiinde gürültü yapan diğer makine ve tezgahlar,
- Maden cevherlerinin parçalanması, kırma değirmenler, çekiçli bilyalı değirmenler, titreşimli elekler,
- Metal taşıyıcıların otomatik yüklenmesi,
- Taş kesme,
- Gaz tribünleri, kompresörler, aspiratörler,
- Şahmerdan, buldozer, ekskavatör gibi gürültülü araçlarla yapılan çalışmalar (cadde, ev yapımı v.b.)

- Motorların (pistonlu, jet v.b.) muayene edildikleri ve onarıldıkları, teste tabi tutuldukları iş yerleri,
- Tarak dubaları, demiryolu, denizyolu araçlarında kullanılan diesel motorları makine daireleri,
- Havayolları (yer personeli, makinistler, uçucu personel v.b.)
- Taşınabilir motorlu testereler ve ağaç kesimi,
- Müzikçiler (caz).

olarak listelenmiştir.

Gürültü zararlarının meslek hastalığı sayılabilemesi için gürültülü işte en az iki yıl, gürültü şiddeti sürekli olarak 85 desibel' in üstünde olan işlerde en az 30 gün çalışmış olmak gereklidir. (S.S.K. Sağlık İşlemleri Tüzüğü)

MESLEK HASTALIKLARI

Sigortalının çalıştırıldığı işin niteliğine göre tekrarlanan bir sebeple veya işin yürütüm şartları yüzünden uğradığı geçici veya sürekli hastalık, sakatlık veya ruhi arıza halleri meslek hastalığıdır. (S.S.K. Sağlık İşlemleri Tüzüğü Madde:62)

Hangi hastalıkların meslek hastalığı sayılacağı ve bu hastalıkların, işten fiilen ayrıldıktan en geç ne kadar zaman sonra meydana çıkması halinde sigortalının mesleğinden ileri geldiğinin kabul edileceği bu bölüm hükümlerine ve Tüzüğe ekli meslek hastalıkları listelerine göre tespit ve tayin edilir.

(7/16989 sayılı Kararla ilave edilmiştir) Herhangi bir meslek hastalığının klinik ve laboratuvar bulgularıyla kesinleştiği ve meslek hastalığına yol açan etkenin, işyeri incelenmesiyle kanıtlandığı hallerde, meslek hastalıkları listesindeki aşılırsa bile, söz konusu hastalık, Sosyal Sigorta Yüksek Sağlık Kurulunun onayı ile meslek hastalığı sayılabilir. (S.S.K. Sağlık İşlemleri Tüzüğü Madde:63)

Meslek hastalıkları, ilişik "Meslek Hastalıkları Listesinde" ;

- A. Kimyasal maddelerle olan meslek hastalıkları,
- B. Mesleki cilt hastalıkları,
- C. Pnömonyozlar ve diğer mesleki solunum sistemi hastalıkları,
- D. Mesleki bulaşıcı hastalıklar,
- E. Fizik etkenlerle olan meslek hastalıkları, olmak üzere 5 grupta toplanmıştır.

(7/16989 sayılı Kararla değiştirilen şekli)

Listenin sol kolonunda zararlı ajanın meydana getirdiği başlıca hastalıklar ve belirtileri, orta kolonunda yükümlülük süreleri, sağ kolonunda hastalık tehlikesi olan başlıca işler yer almıştır.

Kanunla sağlanan yardımlardan yararlanabilmek için sigortalının meslek hastalığına sebep olan işinden fiilen ayrıldığı tarih ile meslek hastalığının meydana çıktığı tarih arasında geçecek azami süreye yükümlülük süresi denir. (S.S.K. Sağlık İşlemleri Tüzüğü Madde:64)

S.S.K. KANUNU:

İş kazası ve meslek hastalığının tanımı:

- A) İş kazası, aşağıdaki hal ve durumlardan birinde meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan bedence veya ruhça arızaya uğratan olaydır:
- Sigortalının işyerinde bulunduğu sırada,
 - İşveren tarafından yürütülmekte olan iş dolayısıyla,
 - Sigortalının, işveren tarafından görev ile başka bir yere gönderilmesi yüzünden asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda,
 - Emzikli kadın sigortalının çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda,
 - Sigortalıların, işverence sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere toplu olarak götürülüp getirilmeleri sırasında.
- B) Meslek hastalığı, sigortalının çalıştırıldığı işin niteliğine göre tekrarlanan bir sebeple veya işin yürütüm şartları yüzünden uğradığı geçici veya sürekli hastalık, sakatlık veya ruhi arıza halleridir.

Bu kanuna göre tespit edilmiş olan hastalıklar listesi dışında herhangi bir hastalığın meslek hastalığı sayılıp sayılmaması üzerinde çıkabilecek uyuşmazlıklar, Sosyal Sigorta Yüksek Sağlık Kurulunca karara bağlanır. (S.S.K. Kanunu Madde:11)

Sağlanan yardımlar:

İş kazaları ile meslek hastalıkları halinde sağlanan yardımlar

- Sağlık yardımı yapılması,
- Geçici iş göremezlik süresince günlük ödenek verilmesi,
- Sürekli iş göremezlik hallerinde gelir verilmesi,
- Protez araç ve gereçlerinin sağlanması, takılması, onarılması ve yenilenmesi,

E) (A) ve (D) fıkralarında yazılı yardımlar için sigortalının başka yere gönderilmesi,

F) İş kazası veya meslek hastalığı dolayısıyla bedeni veya ruhi bir arızaya uğrayanlardan, yurt içinde tedavisi kabil olmayıp, ancak yabancı bir ülkede kısmen veya tamamen tedavisi mümkün görülen ve mesleğinde uğradığı iş göremezlik derecesinin azalabileceği Kurum sağlık tesisleri sağlık kurulu raporu ile tespit edilen sigortalının ve bu raporda belirtilmişse, beraber gidecek kimselerin yabancı ülkelere gidip gelme yol paraları ile o yerdeki kalış ve tedavi masraflarının ödenmesi (Sağlık Kurulunca verilen rapora Kurum veya sigortalı itiraz ederse, bu husus Sosyal Sigorta Yüksek Sağlık Kurulunca karara bağlanır),

G) Cenaze masrafı karşılığı verilmesi,

H) Sigortalının ölümünde hak sahiplerine gelir bağlanması.

(S.S.K. Kanunu Madde:12)

Sağlık yardımlarının tanımı:

İş kazalarıyla meslek hastalıkları halinde sigortalıya yapılacak sağlık yardımları, sigortalının:

A) Hekime muayene ettirilmesi, hekimin göstereceği lüzum üzerine teşhis için gereken klinik ve laboratuvar muayenelerinin sağlanması, gerekirse sağlık müessesesine yatırılması ve her türlü tedavisinin yapılması,

B) Tedavi süresince gerekli ilaç ve iyileştirme araçlarının sağlanması,

Şeklinde olur.

Yukarı ki fıkralara göre yapılacak sağlık yardımları, sigortalının sağlığını koruma, çalışma gücünü yeniden kazandırma ve kendi ihtiyaçlarını görme yeteneğini artırma amacını güder. (S.S.K. Kanunu Madde:13)

Sağlık yardımlarının süresi:

Sağlık yardımı, iş kazasına uğrayan veya meslek hastalığına tutulan sigortalıların sağlık durumunun gerektirdiği sürece devam eder.

Sigortalı, tedavi gördüğü müessese sağlık kurulu veya Kurum sağlık kurullarınca gerekli görülürse, Kurumun dinlenme evlerine yatırılabilir.

Bu yardımlar, iş kazasının olduğu veya meslek hastalığına tutulan sigortalının Kurumca tedaviye alındığı tarihten başlar.

Ancak, meslek hastalığına tutulan sigortalı, Kurumca tedaviye alınmadan önce herhangi bir

suretle işverene ait yahut resmi veya Kurumca uygun görülen ücret tarifesi kabul eden özel sağlık müesseselerinden birinde tedaviye alınmış ise, yardımlar bu tedavinin başladığı tarihten başlanmış sayılır ve belgelere dayanan masraflar Kurumca ödenir.

İş kazası veya meslek hastalığı sonucu sürekli iş göremezlik geliri almakta olan veya bu geliri sermayeye çevrilerek kendilerine ödenmiş bulunanlardan, aynı iş kazası veya meslek hastalığı dolayısıyla yeniden tedavi edilmeleri Kurum sağlık tesisleri sağlık kurulu raporu ile gerekli gösterilenler de sağlık yardımlarından yararlanırlar. (S.S.K. Kanunu Madde:14)

İşverenin yükümü:

İşveren, iş kazasına uğrayan sigortalıya, Kurumca işe el konuncaya kadar, sağlık durumunun gerektirdiği sağlık yardımlarını yapmakla yükümlüdür. Bu amaçla yapılan ve belgelere dayanan masraflarla yol paraları Kurum tarafında işverene ödenir.

Birinci fıkrada belirtilen yükümlerin yerine getirilmesindeki savaşa ve gecikmeden dolayı, sigortalının tedavi süresinin uzamasına, malul kalmasına veya malullük derecesinin artmasına sebep olan işveren, Kurumun bu yüzden uğrayacağı her türlü zararı ödemekle yükümlüdür. (S.S.K. Kanunu Madde:15)

Geçici iş göremezlik ödeneği:

İş kazası veya meslek hastalığı dolayısıyla geçici iş göremezliğe uğrayan sigortalıya her gün için geçici iş göremezlik ödeneği verilir. (S.S.K. Kanunu Madde:16)

Sürekli iş göremezlik hali:

Geçici iş göremezlik hali sonunda Kuruma ait veya Kurumun sevk edeceği sağlık tesisleri sağlık kurulları tarafından verilecek raporlarda belirtilen arızalarına göre, iş kazası veya meslek hastalığı sonucu meslekte kazanma gücünün en az % 10 azalmış bulunduğu Kurumca tespit edilen sigortalı, sürekli iş göremezlik gelirine hak kazanır.

Sürekli iş göremezlik geliri almakta olan veya bu geliri sermayeye çevrilerek ödenmiş bulunan sigortalının yeniden tedavi ettirilmesi halinde meslekte kazanma gücünü ne oranda yitirdiği, yukarıdaki fıkrada belirtilen sağlık kurullarından alınacak raporlara göre yeniden tespit olunur. (S.S.K. Kanunu Madde:19)

İşverenin sorumluluğu:

(Değişik birinci fıkra : 20/06/1987 3395/2 md.) İş kazası ve meslek hastalığı, işverenin kastı veya işçilerin sağlığını koruma ve iş güvenliği ile ilgili mevzuat hükümlerine aykırı hareketi veyahut suç sayılabilir bir hareketi sonucu olmuşsa, Kurumca sigortalıya veya hak sahibi kimselerine yapılan veya ileride yapılması gerekli bulunan her türlü gi-

derlerin tutarları ile gelir bağlanırsa bu gelirlerinin 22 nci maddede belirtilen tarifeye göre hesaplanacak sermaye değerleri toplamı sigortalı veya hak sahibi kimselerin işverenden isteyebilecekleri miktarlarla sınırlı olmak üzere Kurumca işverene ödettilir.

(Ek: 29.07.2003 - 4958 / 28 md. Y.T. 06.08.2003) İşçi ve işveren sorumluluğunun tespitinde kaçınılmazlık ilkesi dikkate alınır.

İş kazası veya meslek hastalığı, 3 üncü bir kişinin kasıt veya kusuru yüzünden olmuşsa, Kurumca bütün sigorta yardımları yapılmakla beraber zarara sebep olan 3 üncü kişilere ve şayet kusuru varsa bunları çalıştıranlara Borçlar Kanunu hükümlerine göre rücu edilir.

(Ek: 24/10/1983-2934/3 md.) Ancak; iş kazası veya meslek hastalıkları sonucu ölümlerde bu Kanun uyarınca hak sahiplerine yapılacak her türlü yardım ve ödemeler için, iş kazası veya meslek hastalığının meydana gelmesinde kastı veya kusuru bulunup da aynı iş kazası veya meslek hastalığı sonucu ölen sigortalının hak sahiplerine Kurumca rücu edilemez. (S.S.K. Kanunu Madde:26)

Meslek hastalığını bildirme:

İşveren, bir sigortalının meslek hastalığına tutulduğunu öğrenirse veya durum kendisine bildirilirse bunu, örneği Kurumca hazırlanan haber verme kağıdı ile ve öğrendiği günden başlayarak iki gün içinde Kuruma bildirmekle yükümlüdür.

Bu yükümü yerine getirmeyen veya haber verme kağıdında belirtilen bilgiyi kasten eksik veya kasten yanlış bildiren işveren hakkında 27 nci maddenin ikinci fıkrası hükmü uygulanır.

Durumu 18 inci maddenin ikinci fıkrasına uyan kimse, alacağı hekim raporu ve gerekli belgelerle doğrudan doğruya Kuruma müracaat eder.

V. BÖLÜM:

İŞ TEFTİŞ TÜZÜĞÜNDE BELİRTİLEN MÜFETTİŞİN GÖREV YETKİ VE SORUMLULUKLARI

Müfettişlerin görevleri şunlardır:

- İş teftiş Kurulu Başkanı veya grup başkanıca kendilerine verilen işleri yapmak,
- Çalışmalarının sonuçlarını rapora bağlayarak grup başkanına vermek,
- Görevli oldukları yerlerde, programlarında bulunmayan, fakat işçi sağlığı ve iş güvenliği yönünden kesin ve ciddi zorunluluk bulunan durumlarda, kendilerinden ve derhal işe el koyarak gereğini yapmak ve durumu grup başkanına bildirmek,
- Mevzuatta gördükleri boşluk ve aksaklıkların giderilmesi için önerilerde bulunmak,
- İş Teftiş Kurulu Başkanlığınca düzenlenen anketleri yürütmek ve istenen istatistik bil-

- gileri derlemek,
- F) Teftiş programı gereğince yapacağı işlerin yer ve gününü belirleyen aylık çalışma çizelgesini hazırlayarak iki örneğini grup başkanına vermek,
- G) Yasalarla verilen diğer görevleri yapmak.
- Müfettişlerin yetkileri:
- Müfettişlerin yetkileri şunlardır:
- A) Bu Tüzüğün kapsam ve amacı çerçevesinde işyerlerindeki çalışma koşullarıyla üretim ve yapım yöntemlerini incelemek,
- B) İşveren ve işçileri veya konuyla ilgili bulunan kimseleri, işyerinde ya da işyeri dışında dinlemek, sorular sormak, bunlardan gerekli bilgileri istemek ve imzalı ifadelerini almak, C) (Değişik: 21/7/1989 - 89/14389 K.) Mevzuatın tutulmasını veya bulundurulmasını öngördüğü kayıt, puan-taj cetveli, defter, belge, liste, çizelge, rapor, bordro, makbuz, hesap pusulası, ilan, sağlık raporu, işçi sağlığı ve iş güvenliği kurulu defteri, tesisat, makine ve cihazların periyodik bakım ve kontrol kartları vb. belgelerin işyerlerinde bulundurulup bulundurulmadığını tesbit etmek, bunları işveren veya vekilinden incelemek üzere istemek, gerektiğinde örnek ve özet çıkarmak.
- D) İşyerinde inceleme olanağı bulunmayan veya işyerinde bırakıldığında inceleme seyrinin değiştirilmesi ya da suç kanıtlarının yok edilmesi olasılığı bulunan durumlarda, ilgili belgeleri, üzerlerinde silinti, kazıntı ve ek yapılmadan geri vermek koşuluyla bir örneğini işyeri yetkilisine vereceği imzalı ve mühürlü bir saptama tutanağı düzenleyerek geçici olarak almak
- E) İşyerinde kullanılan makine, araç, gereç, aygıt, tesis vb. ile yapımda kullanılan veya işlenen ham madde ve bunların işlenmiş olanlarını görmek, işçisağlığı ve iş güvenliği bakımından zararlı, tehlikeli ve mevzuata uygun olup olmadıklarını incelemek ve araştırmak, gerektiğinde kullanılan veya işlenen ham-maddelerle işyerindeki hava, duman, buhar, toz vb. den örnekler alıp tahlil ve muayene etmek veya ettirmek, (Örnekler, işveren veya işveren vekili, bulunmadıklarında işyerinde çalışanlardan birinin önünde ve durum bir tutanakla belgelenmek ve bir kaba konup mühürlenmek suretiyle alınır.)
- F) Görevlerini yaptıkları sırada İş Kanununa göre suç sayılan eylemlere rastladıklarında;

1- Bu eylemler, işçilerin, yaş, cinsiyet ve sağlık durumlarına ilişkin ise bu

durumdaki işçileri çalışmaktan alıkoymak,

- 2- İşçilerin sağlığı ve güvenlikleriyle ilgili yakın tehlikeleri, üretimin az etkili olabilecek biçimde, tehlike gösteren makine veya tesisleri veya bölümlerini mühürleyerek, olanak varsa tehlike kaynağının yerini değiştirerek, kullanılması yasak ve zararlı maddeleri işverenin işyerinden uzaklaştırmasına kadar belirli bir kap veya yere koyup mühür altına alarak veya kullanılmamasını yasakla yarak önlemek, 1475 sayılı İş Kanununun 75 inci maddesinin A ve B bentlerinde yazılı hallerde de bu bentlerde ve aynı maddenin D bendine göre çıkarılmış bulunan "İşyerlerinde İşin Durdurulmasına veya İşyerinin Kapatılmasına Dair Tüzük hükümleri uygulanıncaya kadar bu önlemleri almak,

- G) Teftişe tabi olan veya tabi olduğu kanısına varılan işyerlerine ve eklentilerine, gündüz ve gecenin çalışılan herhangi bir saatinde işveren veya işveren vekillerine önceden haber vermeden girmek ve teftiş görevinin yerine getirilmesi işyerinin açılıp inceleme yapılmasını gerektiriyorsa, yasal bir sakınca olmamak koşuluyla, kapalı olan işyerlerini işveren veya vekiline açtırıp gerekli gördüğü incelemeyi yapmak.

Müfettişlerin sorumlulukları:

Müfettişler, başladıkları teftişleri olanaklar ölçüsünde, ara vermeden, kendileri yapmak zorundadırlar. Emir almadıkça işlerini bırakamaz; başka bir müfettişe devredemezler.

Müfettişler, teftişle görevlendirildikleri işyerlerinde aldıkları emirde aksine bir açıklama yoksa, ilgili tüm mevzuatın uygulanmasını denetlemek zorundadırlar. Grup başkanları, bu durumu izlemek ve raporların bu yönden eksikliklerini tamamlamakla ve yinelendiğinde, durumu, İş Teftiş Kurulu Başkanlığına bildirmekle yükümlüdürler.

Müfettişler, teftiş sırasında, mevzuatla saptanan kuralların yerindeliğini, işçi, işveren veya bunların meslek kuruluşları ilgilileriyle tartışamazlar.

İş teftişinin zamanı :

Teftişler, işin ve işyerlerinin niteliğine göre etkili sonucu sağlayacak zamanlarda yapılır.

Gece ve gündüz çalışılan işyerlerinin teftişleri, gece devresini de kapsayacak biçimde düzenlenir.

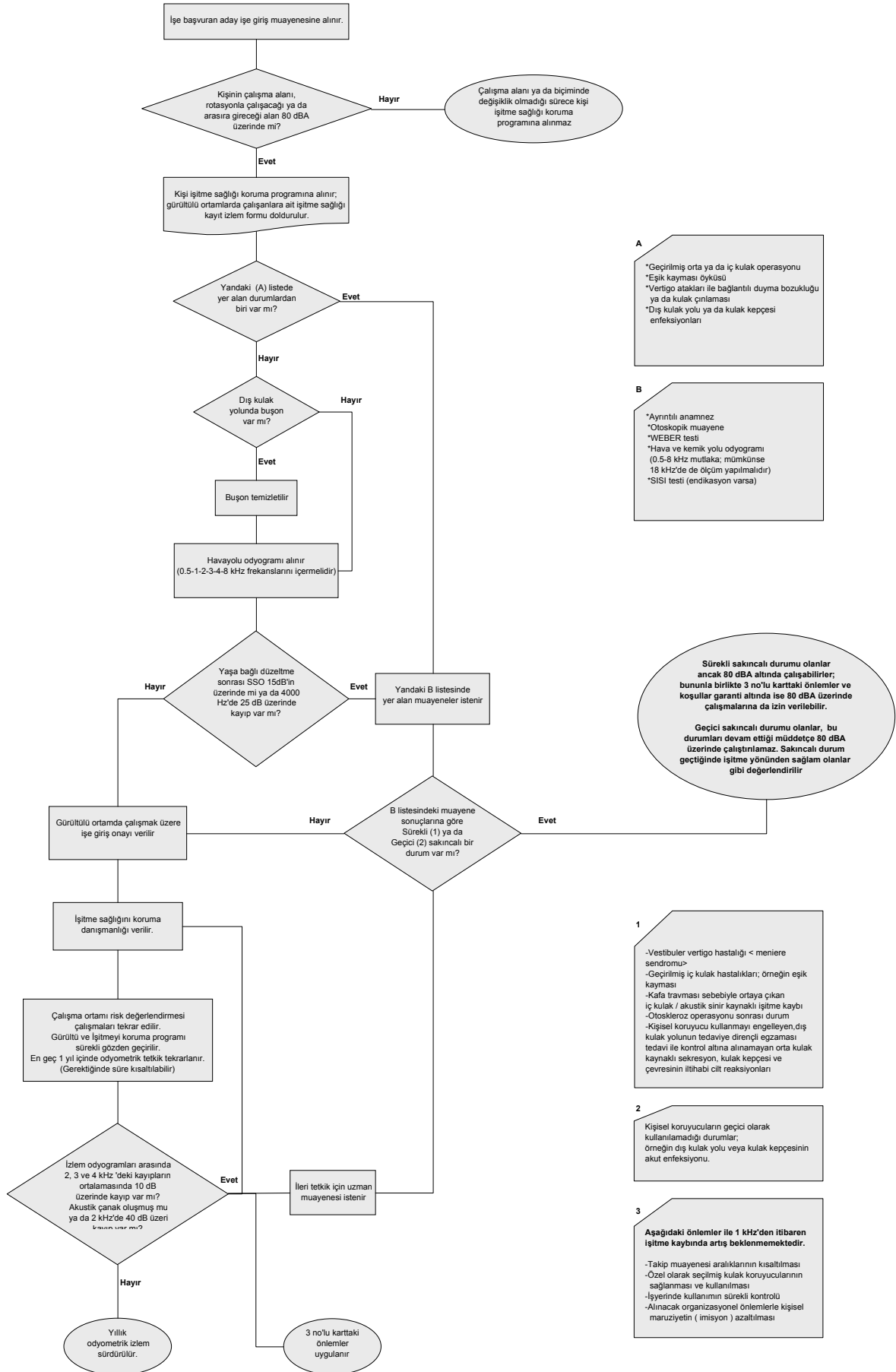
Bazı dönemlerde çalışmalarını durduran veya azaltan işyerlerinin teftişi, tam çalışma dönemlerine rastlatılır.

Bölüm IX

AKIŞ ŞEMASI 1

Dr. Mehmet Ali Sarıboyacı
İşyeri Hekimi

İŞİTME SAĞLIĞI KORUMA VE İZLEM SÜRECİ

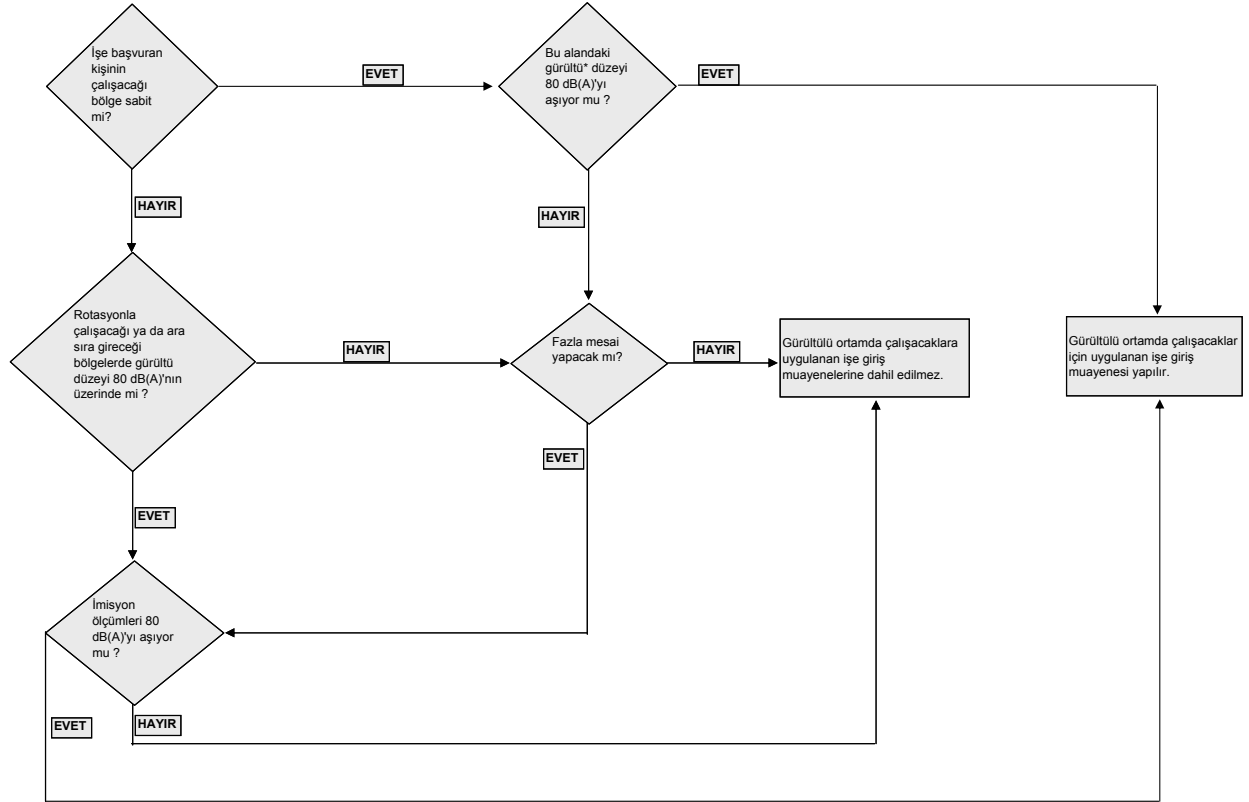


Bölüm X

AKIŞ ŞEMASI 2

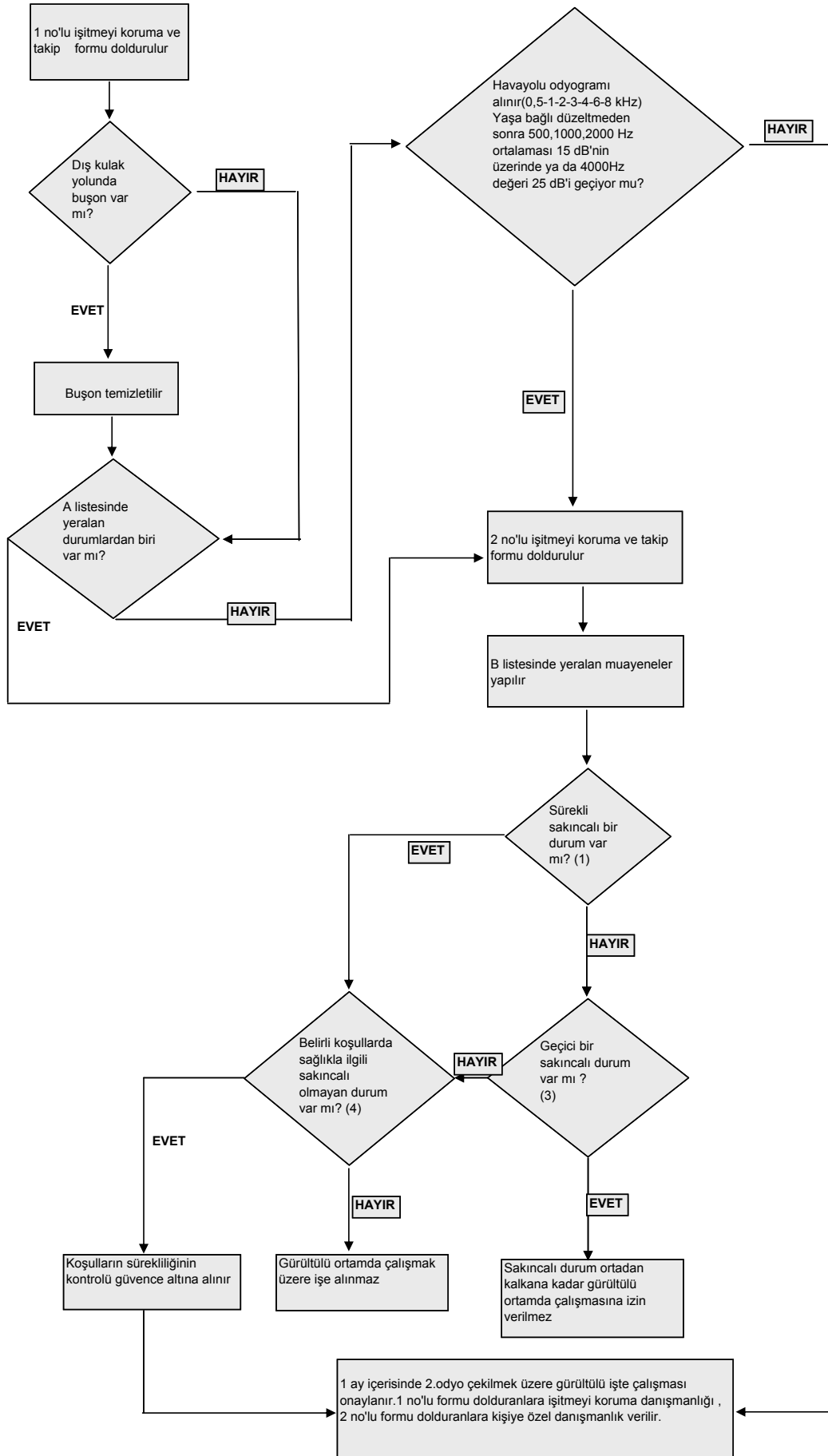
Dr. Deniz Erduran
İşyeri Hekimi

İLK BAŞVURU AKIŞ ŞEMASI

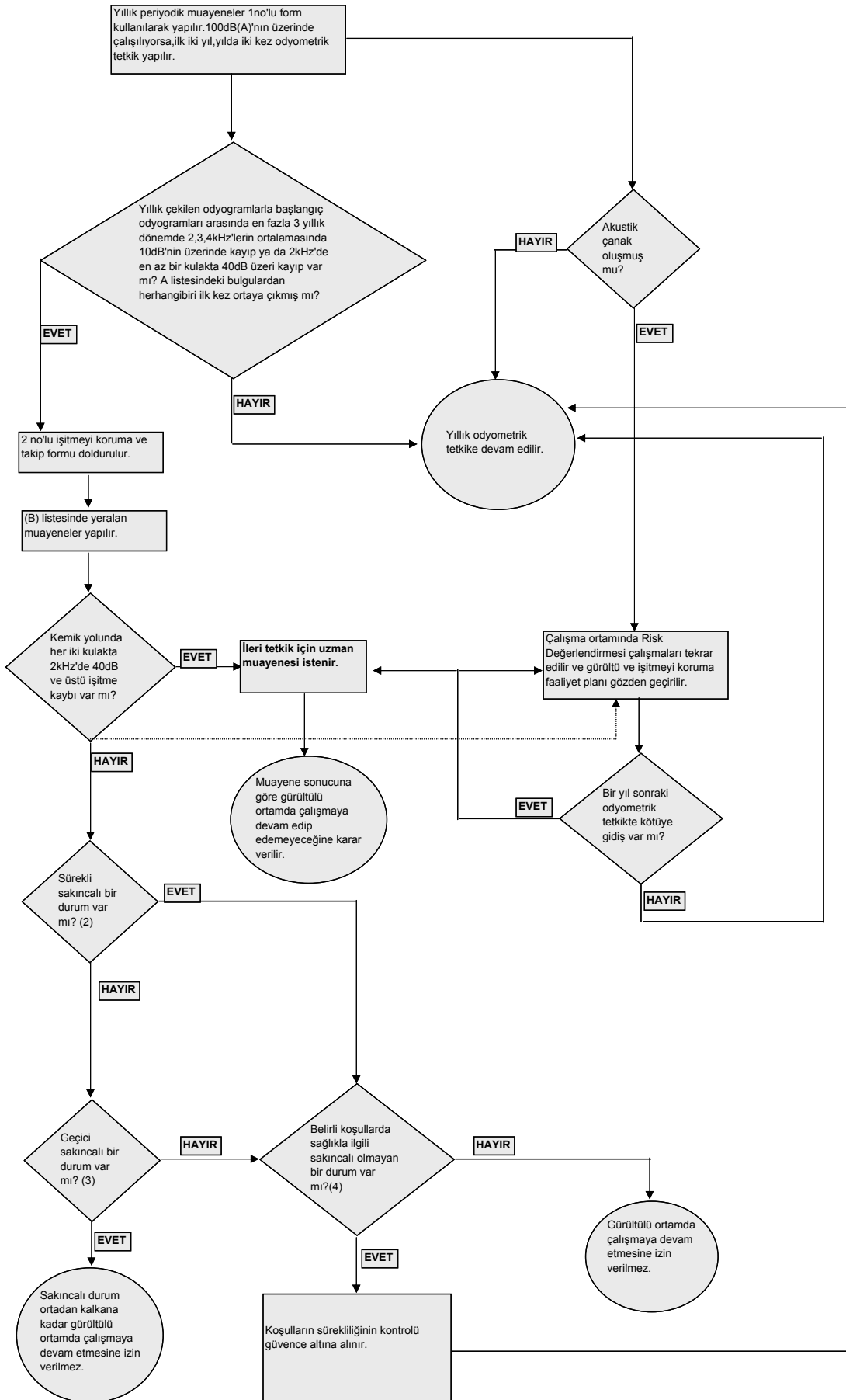


* Halihazırda kullanılagelen Gürültü Kontrol Yönetmeliği Madde 11'e göre

GÜRÜLTÜLÜ ORTAMDA İŞE GİRİŞ AKIŞ ŞEMASI



PERİYODİK MUAYENE AKIŞ ŞEMASI



(1) Sürekli sakıncalı durumlar (işe uygun olmayanlar)

İlk muayene sonucunda genel iş sağlığı ve otolojik deneyimlere dayanan, kişiye özel gürültüye bağlı işitme bozuklukları açısından yükselmiş riske dair gerekçeli şüphe.

Şüphe uyanmasına sebep olacak bulgulara örnekler:

- en az bir kulakta yaşa bağlı düzeltilmeden sonra 500, 1000, 2000 Hz ortalamasının 15 dB'in üzerinde tespit edilmesi (kemik yolu)
- vestibuler vertigo hastalığı < meniere sendromu>
- geçirilmiş iç kulak hastalıkları;örneğin eşik kayması
- Kafa travması sebebiyle ortaya çıkan iç kulak \ akustik sinir kaynaklı işitme kaybı
- Otokleroz operasyonu sonrası durum
- Kişisel koruyucu kullanmayı engelleyen,dış kulak yolunun tedaviye dirençli egzaması,tedavi ile kontrol altına alınamayan orta kulak kaynaklı sekresyon,kulak kepçesi ve çevresinin iltihabi cilt reaksiyonları

(2) Sürekli sakıncalı durumlar (periyodik muayene)

Takip muayenesi sonucunda genel iş sağlığı ve otolojik deneyimlere dayanan, kişiye özel gürültüye bağlı işitme bozuklukları açısından yükselmiş riske dair gerekçeli şüphe. 2 no'lu işitmeyi koruma ve takip formunun doldurulmasından önce akış şemasında belirtilen muayene usulleri ile ortakulak komponenti ekarte edilmesine rağmen daha iyi duyan kulakta 2 kHz'de 40 dB veya üstünde işitme kaybı tespit edilirse sürekli sakıncalı durum telaffuz edilmelidir.

Bunun dışında, aşağıda sıralanan bulgu ve anamnez bilgileri de sürekli sakıncalı durum göstergeleridir.

- vestibuler vertigo hastalığı < meniere sendromu>
- geçirilmiş iç kulak hastalıkları;örneğin eşik kayması
- Kafa travması sebebiyle ortaya çıkan iç kulak \ akustik sinir kaynaklı işitme kaybı
- Otokleroz operasyonu sonrası durum
- Kişisel koruyucu kullanmayı engelleyen,dış kulak yolunun tedaviye dirençli egzaması,tedavi ile kontrol altına alınamayan orta kulak kaynaklı sekresyon,kulak kepçesi ve çevresinin iltihabi cilt reaksiyonları

(3) Geçici sakıncalı durumlar

Kişisel koruyucuların geçici olarak kullanılmadığı durumlar; örneğin dış kulak yolu veya kulak kepçesinin akut enfeksiyonu.

(4) Belirli koşullarda sağlıkla ilgili sakıncalı olmayan durumlar

Sürekli sakıncalı durum tespit edilen kişilerin içinden,belli yükümlülüklerin yerine getirilmesi halinde,1kHz' den itibaren işitme kaybında artış beklenmeyenler.

Koşullar:

- takip muayenesi aralıklarının kısaltılması
- özel olarak seçilmiş kulak koruyucularının sağlanması ve kullanılması
- işyerinde kullanımın sürekli kontrolü
- alınacak organizasyonel önlemlerle kişisel maruziyetin (imisyon) azaltılması

İşitmeyi Koruma ve Takip Programı Muayene Listeleri**A Listesi**

- Geçirilmiş orta ya da iç kulak operasyonu
- Eşik kayması öyküsü
- Vertigo atakları ile bağlantılı duyma bozukluğu ya da kulak çınlaması
- Dış kulak yolu ya da kepçesi enfeksiyonları

B Listesi

- Ayrıntılı anamnez
- Otoskopik muayene
- Weber testi
- Hava ve kemik yolu odyometrisi (0.5-1-2-3-4-6-8 kHz), mümkün olduğu takdirde 18 kHz'de de ölçüm yapılmalıdır
- SISI testi (endikasyon varsa)

1 NO'LU İŞİTME KORUMA VE TAKİP FORMU

ÖZLÜK BİLGİLERİ			
İlk muayene		Takip muayenesi	
İşyeri Bilgileri			
Çalıştığı bölge			
Yaptığı iş			
Gürültülü ortamda bulunma:	genellikle	arasıra	çalıştığı bölge değişken
Emisyon:	85-89dBA	90-94dBA	95-99dBA
	100-105dBA	> 105 dBA	
İmisyon :	dBA		
Gürültü	darbeli	orta-yüksek frekanslı	belirgin düşük frekanslı
kulak koruyucu	tıkaç	manşon	bilgi yok
kişisel koruyucu tipi :	<input type="text"/>		
Anamnez			
1 - İşitme testi öncesi istirahat	<input type="text"/> saat	<input type="text"/> dakika	
2 - Gürültülü ortamda toplam çalışma süresi		<input type="text"/> yıl	
3 - Kulak operasyonu	bilmiyor	hayır	evet <input type="text"/> yılında
4 - Baş dönmesi atakları ve kulak çınlaması ile bağlantılı duyma bozukluğu	evet	bilmiyor	hayır <input type="text"/> yılında
5 - kulaktan gelen ses	hayır	evet	
6 - arasıra kulak kepçesi veya dış kulak yolu iltihaplanması	evet	hayır	en son <input type="text"/> ay önce
7 - geçici işitme kaybı	bilmiyor	hayır	<input type="text"/> yılında
evet		evet	
İşitmeyi koruma danışmanlığı			
kişisel koruyucu görüldü	evet	hayır	
aynı koruyucu kullanılmaya devam edilmeli		evet	hayır
tespit edilen noksanlar:	<input type="text"/>		
kullanılması gereken kişisel koruyucu tipi:	<input type="text"/>		
Bulgu	SAG	ÖZELLİK YOK	SOL
kulak kepçesi ve deliği inspeksiyonu		ÖZELLİK VAR	

2 NO'LU İŞİTME KORUMA VE TAKİP FORMU

ÖZLÜK BİLGİLERİ			
İlk muayene		Takip muayenesi	
İşyeri Bilgileri			
Çalıştığı bölge			
Yaptığı iş			
Gürültülü ortamda bulunma:	genellikle	arasıra	çalıştığı bölge değişken
Emisyon:	85-89dBA	90-94dBA	95-99dBA
	100-105dBA	> 105 dBA	
İmisyon :	dBA		
Gürültü	darbeli	orta-yüksek frekanslı	belirgin düşük frekanslı
kulak koruyucu	tıkaç	manşon	bilgi yok
kişisel koruyucu tipi :	<input type="text"/>		
Anamnez			
1 - İşitme testi öncesi istirahat	<input type="text"/>	saat	<input type="text"/>
			dakika
2 - Gürültülü ortamda toplam çalışma süresi	<input type="text"/>	mesleki	<input type="text"/>
	diğer	<input type="text"/>	yıl
		yıl	kaynak:
3 - Kulak operasyonu	hayır	evet	<input type="text"/>
			yılında
		operasyonu
4 - Meniere şüphesi	hayır	evet	
5 - Dış kulakta tekrarlayan enfeksiyonlar	hayır	evet	Tanı :
6 - geçici işitme kaybı	hayır	evet	<input type="text"/>
			yılında
7 - kulaktan gelen ses	hayır	evet	<input type="text"/>
			yılından beri
8 - Subjektif işitme azalması	hayır	evet	<input type="text"/>
			yılından beri
9 - duyma bozukluğu etyolojisi	patlama	silah atışı	kafa travması
	kulak op.	enfeksiyon hst.	diğer
			<input type="text"/>
İşitmeyi koruma danışmanlığı			
kişisel koruyucu görüldü	evet	hayır	
aynı koruyucu kullanılmaya devam edilmeli	evet	hayır	
tespit edilen noksanlar:	<input type="text"/>		
kullanılması gereken kişisel koruyucu tipi:	<input type="text"/>		
Otoskopik Bulgular			
SAĞ		SOL	
Dış kulak yolu		KULAK ZARI	
<input type="checkbox"/>	özellik yok	<input type="checkbox"/>	özellik yok
<input type="checkbox"/>	çok dar	<input type="checkbox"/>	santral defekt
<input type="checkbox"/>	nemli	<input type="checkbox"/>	kenarda defekt
		<input type="checkbox"/>	Op. sonrası görünüm değerlendirilemedi
