



**T.C SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ  
GÜLHANE TIP FAKÜLTESİ  
SUALTI HEKİMLİĞİ VE HİPERBARİK TIP  
ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI**

**BASINÇ ODASININ OPERASYONU ESNASINDA MEYDANA  
GELEN SES ŞİDDETİNİN ÖLÇÜMÜ VE SES ŞİDDETİNİN  
BASINÇ ODASINDA GÖREVLİ SAĞLIK PERSONELİNİN  
İŞİTME FONKSİYONLARI ÜZERİNE ETKİSİ**

**Dr. Recep ÖZKAN**

**TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**ANKARA/2022**



**T.C SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ  
GÜLHANE TIP FAKÜLTESİ  
SUALTI HEKİMLİĞİ VE HİPERBARİK TIP  
ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI**

**BASINÇ ODASININ OPERASYONU ESNASINDA MEYDANA  
GELEN SES ŞİDDETİNİN ÖLÇÜMÜ VE SES ŞİDDETİNİN  
BASINÇ ODASINDA GÖREVLİ SAĞLIK PERSONELİNİN  
İŞİTME FONKSİYONLARI ÜZERİNE ETKİSİ**

**Dr. Recep ÖZKAN**

**Tez Danışmanı:**

**Dr. Öğr. Üyesi Taylan ZAMAN**

**Yardımcı Tez Danışmanı:**

**Uzm.Dr. Levent YÜCEL**

**TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**ANKARA/2022**

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimimin başlangıcından beri katkıları bulunan, çalışmamda desteğini eksik etmeyen anabilim dalı başkanımız Dr. Öğr. Üyesi Münire Kübra ÖZGÖK KANGAL' a teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimimin başlangıcından beri katkıları bulunan, çalışmamın yönlendirilmesi ve sonuçlandırılmasında katkısı olan tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Taylan ZAMAN' a teşekkür ederim.

Çalışmanın yönlendirilmesi ve sonuçlandırılmasında büyük katkıları olan Uzm. Dr. Levent YÜCEL' e teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitim sürecinde çalışma şansına eriştiğim, çalışma disiplini ve karakteri ile örnek aldığım ve mesleğimin bilimsel yönünün değerini anlamamı sağlayan değerli hocam Doç.Dr Yakup ARSLAN'a teşekkür ederim.

Asistanlığım boyunca her zaman destek olan Dr. Öğr. Üyesi Şükrü Hakan GÜNDÜZ'e, Uzm. Dr. Cesur ÜSTÜNEL'e teşekkür ederim.

Ölçümlerde kullandığım desibelmetre cihazının temin edilmesini sağlayan İstanbul Üniversitesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim dalına teşekkür ederim.

Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp ile tanışmamı sağlayan ve branşı tercih etmemde ön ayak olan, mesleki bilgi ve tecrübesini dinlemekten keyif aldığım, dürüstlüğü ve çalışkanlığıyla tüm camiaya örnek olan, bana yol gösteren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi TAULAND QYRDEDİ' ye teşekkür ederim.

Gerek öğrencilik yıllarımda gerekse hekimlik hayatımda bana her türlü desteği veren sayın hocam Prof. Dr. Serhat VANÇELİK' e teşekkür ederim.

Hekimliğe ilk adım attığımdan beri yanımda olan, engin bilgi ve birikimleriyle bana yol gösteren kıymetli büyüklerim Dr. Cumhur Hakkı

ÇANKAYA' ya, Dr. Mehmet Emin ÖZHAN' a, Dr. Abdullah BAYSAL' a, Metin ÖZMEN' e ve Tolga TELLAN'a teşekkür ederim.

Bana her zaman inanan, her kararında yanımda olan ve bugünlere gelmemde emeği olan annem, babam ve kardeşlerime teşekkür ederim.

Her zaman eşsiz sevgisi ve desteğiyle yanımda olan, etik değerleri ile bana yol gösteren, tez çalışmam boyunca yardımları ve sabrı için sevgili eşim ve meslektaşım Dr. Elif ÖZKAN' a ve biricik oğlum Enver Giray ÖZKAN'A sonsuz teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunuyorum.

Dr. Recep ÖZKAN  
Ankara, 2022

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	iii
KISALTMALAR .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
TABLolar DİZİNİ .....	vii
GRAFİKLER DİZİNİ .....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT .....	xi
<b>1. GİRİŞ VE AMAÇ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>4</b>
2.1.Ses ve Gürültü İle İlgili Temel Kavramlar.....	4
2.1.1 Tanımlar.....	4
2.1.2 Ses Düzeyi Ölçümü ve Standartlar .....	13
2.1.3 Gürültünün Fiziksel Özellikleri .....	19
2.1.4 Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri .....	27
2.1.5 Hiperbarik Ortamda Ses Ölçümü ve Analizi.....	33
2.2. Hiperbarik Oksijen Tedavisi.....	36
2.2.1 Tanım.....	36
2.2.2 Tarihçe .....	37
2.2.3 Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Etki Mekanizması .....	42
2.2.4 Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Endikasyonları .....	50
2.2.5 HBO Tedavisi ve Hiperbarik Ortamda Bulunmanın Komplikasyonları ve Yan Etkileri.....	54
2.2.6 HBO Tedavisinin Kontrendikasyonları .....	58
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM .....</b>	<b>59</b>
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>61</b>
<b>5. TARTIŞMA .....</b>	<b>80</b>
<b>6. SONUÇ.....</b>	<b>90</b>
<b>7. KAYNAKLAR .....</b>	<b>91</b>
<b>8. ÖZGEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ .....</b>	<b>104</b>

<b>9. EKLER.....</b>	<b>105</b>
EK-1 Etik Kurul Onayı .....	105



## KISALTMALAR

<b>ATA</b>	Mutlak Atmosfer Basıncı
<b>DSÖ</b>	Dünya Sağlık Örgütü (WHO)
<b>dB</b>	Desibel
<b>ECHM</b>	European Committee for Hyperbaric Medicine
<b>EUBS</b>	European Underwater and Baromedical Society
<b>EPA</b>	ABD Çevre Koruma Kurumu
<b>HBOT</b>	Hiperbarik Oksijen Tedavisi
<b>kHz</b>	Kilohertz
<b>Hz</b>	Hertz
<b>IEC</b>	International Electrotechnic Committee (Uluslararası Elektroteknik Komitesi)
<b>PTS</b>	Permanent Threshold Shift (Kalıcı Eşik Kayması)
<b>RMS</b>	Root Mean Square (Karekök Ortalama)
<b>Leq</b>	Eşdeğer gürültü seviyesi
<b>UHMS</b>	Undersea and Hyperbaric Medicine Society
<b>SUTEK</b>	Sualtı Teknolojileri
<b>TTS</b>	Temporary Threshold Shift (Geçici Eşik Kayması)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Sinyal Tanımlama Parametreleri .....	14
Şekil 2.2. Akustik Yönden Gürültü Kaynakları.....	20
Şekil 2.3. Tek Kişilik (Monoplace) Basınç Odası .....	37
Şekil 2.4. Çok Kişilik (Multiplace) Basınç Odası.....	37
Şekil 2.5. Taşınabilir Cerrahi Basınç Odası.....	38
Şekil 2.6. Dr. Orville Cunningham'ın Hiperbarik Hastanesi.....	40
Şekil 2.7. Dräger Basınç Odası.....	40
Şekil 2.8. Basınç Odası Bulunan İller .....	42
Şekil 2.9. Basınç ile Oksijen Çözünürlüğü İlişkisi .....	46



## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo 2.1.</b>	Çeşitli Ses Şiddetleri .....	5
<b>Tablo 2.2.</b>	Ses Basıncının, Ses Gücünün, Ses Şiddetinin Ölçüm Birimleri .....	10
<b>Tablo 2.3.</b>	Sesin Çeşitli Ortamlardaki Yayılma Hızları .....	12
<b>Tablo 2.4.</b>	Çeşitli Ses Kaynaklarından Meydana Gelen Gürültü Seviyelerinin dB Cinsinden Karşılaştırılması .....	22
<b>Tablo 2.5.</b>	Gürültü Düzeylerine Göre Önerilen Maksimum Günlük Gürültü Maruziyet Süreleri .....	27
<b>Tablo 2.6.</b>	Meydan Getirdiği Olumsuz Etkilere Göre Gürültü Seviyeleri .....	32
<b>Tablo 2.7.</b>	İşitme Kaybı Dereceleri .....	33
<b>Tablo 2.8.</b>	Sağlık Bakanlığı Tarafından Belirlenen HBO Tedavisi Endikasyon Listesi .....	51
<b>Tablo 2.9.</b>	UHMS, HBOT Endikasyon Listesi .....	51
<b>Tablo 2.10.</b>	ECHM Tarafından Önerilen Kabul Edilmiş HBOT Endikasyon Listesi .....	53
<b>Tablo 2.11.</b>	ECHM Tarafından Önerilen Kabul Edilmemiş HBOT Endikasyon Listesi .....	53
<b>Tablo 2.12.</b>	ECHM Tarafından Uygulanmaması Önerilen HBOT Endikasyon Listesi .....	54
<b>Tablo 2.13.</b>	Hiperbarik Oksijen Tedavisinde Kesin ve Görece Kontrendikasyonlar .....	58
<b>Tablo 4.1.</b>	Basınç Odalarının Operasyonu Esnasında Meydana Gelen Ses Şiddetleri .....	61
<b>Tablo 4.2.</b>	Tüm Merkezlerdeki En Yüksek ve En Düşük Değerler .....	66
<b>Tablo 4.3.</b>	Katılımcıların Demografik Özellikleri .....	67
<b>Tablo 4.4.</b>	İlk Ve Son Odyometrik Ölçümlerdeki Değişimin Karşılaştırılması ....	68
<b>Tablo 4.5.</b>	Operatörlerin İlk Ve Son Odyometrik Ölçümlerindeki Değişimin Karşılaştırılması .....	70
<b>Tablo 4.6.</b>	Ölçülen Odyometrik Değerlerdeki Farkın Operatör ve İç Yardımcılar Arasında Karşılaştırılması .....	71
<b>Tablo 4.7.</b>	Ölçülen Odyometrik Değerlerdeki Farkın Erkekler ve Kadınlar	

	Arasında Karşılaştırılması.....	72
<b>Tablo 4.8.</b>	Ölçülen Odyometrik Değerlerdeki Farkın Sutek Mezunları ve Diğerleri Arasında Karşılaştırılması .....	73
<b>Tablo 4.9.</b>	Ölçülen Odyometrik Değerlerdeki Farkın Çalışma Sürelerine Göre Karşılaştırılması .....	77
<b>Tablo 4.10.</b>	Sağ Kulaktan Ölçülen Odyometrik Değerlerdeki Değişimin Operatör Ve İç Yardımcı Arasında Karşılaştırılması .....	78
<b>Tablo 4.11.</b>	Sol Kulaktan Ölçülen Odyometrik Değerlerdeki Değişimin Operatör VE İç Yardımcı Arasında Karşılaştırılması.....	79



## GRAFİKLER DİZİNİ

<b>Grafik 2.1.</b> Desibel, Pascal Dönüşümü .....	9
<b>Grafik 2.2.</b> Ses Alanları, dB ve Uzaklık İlişkisi.....	10
<b>Grafik 4.1.</b> Sağ Kulak 4000 Hz Frekanstaki İlk ve Son Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği .....	69
<b>Grafik 4.2.</b> Sağ Kulak SSO Kemik İlk ve Son Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği .....	69
<b>Grafik 4.3.</b> Sağ Kulak 1000 Hz Değerinin SUTEK Mezunları ve Diğer Gruplardaki Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği.....	74
<b>Grafik 4.4.</b> Sağ Kulak 2000 Hz Değerinin SUTEK Mezunları ve Diğer Gruplardaki Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği.....	74
<b>Grafik 4.5.</b> Sol Kulak 4000 Hz Değerinin SUTEK Mezunları ve Diğer Gruplardaki Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği.....	75
<b>Grafik 4.6.</b> Sol Kulak 6000 Hz Değerinin SUTEK Mezunları ve Diğer Gruplardaki Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği.....	75
<b>Grafik 4.7.</b> Sol Kulak Yüksek Frekans Değerinin SUTEK Mezunları ve Diğer Gruplardaki Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği.....	76

## ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmada Türkiye’de bulunan hiperbarik oksijen tedavi merkezlerindeki basınç odalarının bulunduğu alanda, basınç odasının operasyonu sırasında meydana gelen ses şiddeti ölçülerek ve kurumlarda çalışan personelin işitme fonksiyonları üzerine olan etkisini değerlendirmeyi amaçladık.

**Gereç ve Yöntem:** Araştırmada bulunduğu ortam basıncına göre kalibrasyonu yapılabilen Bruel & Kjaer desibelmetre (ses ölçer) cihazla basınç odasının kompresyon ve dekompresyon aşamalarının tüm süresi boyunca, tedavi derinliğinde ventilasyon açık ve kapalıyken 5’er dakikalık süre boyunca, basınç odasının dışından ses şiddeti ölçümleri yapıldı. Çalışanlara yapılan periyodik muayenelerdeki odyometrik verilerle meydana gelen gürültünün işitme üzerine etkileri değerlendirildi. Çalışmaya dahil olan personeller subgruplara ayrılıp birbirleriyle kıyaslandı.

**Bulgular:** Çalışmaya ülkemizde bulunan hiperbarik oksijen tedavisi uygulanan 41 merkez dahil edilmiştir. Yapılan ölçümlerde ‘‘A’’ ağırlıklı ortalama düzeyleri, maksimum gürültü düzeyleriyle ‘‘C’’ ağırlıklı tepe değerleri elde edilmiştir. Her merkezde yaklaşık 40 dakikalık ölçüm yapıldı. En yüksek 95,4 dB(A)’lık gürültü yoğunluğu tespit edildi. Çalışanların odyometrik verilerindeki değişime bakılmıştır. Buna göre sağ kulak 4000HZ ( $p=0,003$ ) frekansında ve SSO kemik yolu odyometrik ölçümlerinde ( $p=0,044$ ) artış olduğu görülmüştür. Sol kulak odyometrik ölçümlerinde anlamlı değişim saptanmamıştır.

**Sonuç:** Basınç odalarının bulunduğu tedavi merkezleri ve kliniklerde gürültü etkenleri gerek basınç odasının operasyonundan gerekse insan faktöründen kaynaklandığı bilinmelidir. Bu meydana gelen ses şiddeti periyodik olarak ölçülmeli ve periyodik olarak işitme üzerine testler yapıp risk durumu tespit edilmelidir. HBO tedavisinin uygulandığı klinik veya merkezlerde görevli personeller eğitilmeli, gürültü kaynaklı oluşabilecek hasarlara karşı gerekli tedbirler alınmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** hiperbarik oksijen tedavisi, işitme kaybı, gürültü, ses şiddeti

# **The Measurement of Sound Intensity Out-Chamber During The Operation of The Hyperbaric Chamber and The Effect of Noise On The Hearing Functions of The Inside Attendants and Operators**

## **ABSTRACT**

**Introduction and Aim:** In this study, we aimed to evaluate the effect on the hearing functions of the personnel working in the hyperbaric oxygen treatment centers in Turkey by measuring the sound intensity during the operation of the pressure chambers at the site of the pressure chambers.

**Material and Methods:** Sound intensity measurements were made from outside the pressure chamber throughout the entire duration of the compression and decompression stages of the pressure chamber, at the treatment depth with ventilation on and off for 5 minutes, with the Bruel & Kjaer decibel meter (sound meter) device, which can be calibrated according to the ambient pressures. The effects of noise on hearing were evaluated with the audiometric data in the periodic examinations of the employees. The personnel included in the study were divided into subgroups and compared with each other.

**Results:** The study included 41 centers in our country where hyperbaric oxygen therapy is given. Among the measurements made, "A" weighted average levels and maximum noise levels that is "C" weighted peak values were obtained. Approximately 40 minutes of measurements were made in each center and it was determined that the highest noise intensity of 95.4 dB (A) occurred. The change in the audiometric data of the employees was examined. According to this, an increase was observed in the right ear frequency of 4000Hz ( $p=0.003$ ) and in the SSO bone conduction audiometric measurements ( $p=0.044$ ). There was no significant change in left ear audiometric measurements.

**Conclusion:** It should be known that noise factors in the treatment centers and the clinics where pressure chambers are located are caused both by the operation of the pressure chamber and the human factors. The periodic measurement of intensity of the sound should be made and periodic hearing tests should be made in

order to determine the risks. The personnel working in the clinics or centers where HBO treatment is applied should be trained, and the precautions should be taken against the damages that may occur due to the noise.

**Key words:** hyperbaric oxygen therapy, hearing loss, noise, loudness



# 1.GİRİŞ VE AMAÇ

Dünya Sağlık Örgütüne göre sağlık; hastalık ve sakatlık durumunun olmayışı değil bireyin beden, ruhen, sosyal yönden tam bir iyilik hali içerisinde bulunmasıdır. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre sağlığın en önemli belirleyicileri bireyin sosyal ve ekonomik çevresi, fiziksel çevresi, bireysel özellikleri ve davranışlarıdır. Daha spesifik olarak, insanların sağlıklı veya hasta olup olmadığını etkileyen önemli faktörler vardır. Bunlar çalışma koşulları, sosyal çevre ve fiziksel çevre gibi faktörler olarak açıklanabilir (2). Yıllar içerisinde büyük gelişme sağlayan teknolojiyle birlikte insanlar gerek günlük hayatında gerekse çalışma ortamında sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek birçok çevresel faktörün etkisi altında kalmışlardır. Bu çevresel faktörlerin içerisinde kimyasal faktörler, biyolojik faktörler olmakla birlikte iklim şartları, hava ve su kirliliği, olumsuz çalışma koşulları, gürültü gibi fiziksel faktörler de yer almaktadır (3).Gürültü kirliliği günümüz kentlerinde kirliliğin önde gelen nedenlerinden biridir ve toplumun yaşam kalitesini etkiler (4). Çoğu insan farkında varmadan bu faktörlerden etkilenmekte ve sağlığını riske sokmaktadır. Yaşam ve çalışma ortamımızı kirleten en önemli faktörlerden biri olan gürültü, sağlığımızı da olumsuz etkiler (5).Gürültünün insan sağlığı üzerinde önemli etkileri olup; sinir sistemine, endokrin sisteme, kardiyovasküler sisteme ve immün sisteme olumsuz etkilerinin yanında çalışma verimini düşüren buna ek olarak işitme problemleri yaratan bir halk sağlığı problemidir (6).

Elimize ulaşan yazılı metinlere baktığımızda gürültü kavramı, gürültüye karşı alınan önlemler tarih boyunca insanların gündeminde yer edinmiştir. Milattan önce 600 7. yüzyılda Syrabis şehrinde gürültü kontrolü ele alınmış ve gerekli önlemler alınmaya çalışılmıştır. Bu alınan önlemler neticesinde şehir merkezinde gürültüye yol açan el sanatlarının icra edildiği dükkânların şehir dışına taşınması sağlanmıştır (7).

Gürültüye maruz kalma sonucu tespit edilen ilk işitme fonksiyon kaybı günümüzden yaklaşık 300 sene önce İtalyan bir hekim olan Bernardino Ramazzini'nin çeşitli sağlık sorunlarının tanı ve tedavisini açıkladığı De Morbis Artificum Datriba adlı eserinde bahsedilmiştir. Bu kitapta işitme kaybı yaşayan

kişinin bakır dövücüsü olduğu belirtilmiştir. Bernardino Ramazzini bu eserinde.tiz seslerin sadece iletişim dilinin kalitesini bozmakla kalmayıp, okuma.konuşma, yazma, anlama gibi öğrenme becerilerini de olumsuz etkilediğinden bahsetmiştir (8).

Geçmişte sokak çalışanlarının gürültüsü, gök gürültüsü ana gürültü kaynakları olarak kabul edilirken; günümüzde ana gürültü kaynaklarını endüstriyel ve teknolojik gelişmelere bağlı tasarlanıp, üretilen modern cihazların (tren vb.) çıkardığı sesler, iş yeri gürültüsü, nüfus yoğunluğunun belirli bölgelere lokalize olması ve bunun doğal sonucu olarak ortaya çıkan plansız şehirleşme oluşturmaktadır (9).

Günümüzde hızla gelişen teknoloji ve sanayileşme, bir yandan insanların hayatını kolaylaştırırken diğer yandan çevre sorunları, iş sağlığı ve güvenliğinin korunmasını sağlamaktadır. Bu sorunlardan en önemlilerinden biri olarak kabul edilebilecek gürültü sorunu, çağımızın en önemli çevre sorunlarından biridir ancak ülkemizde pek bilinmez veya önemsenmez. Gürültü, insanların algısal ve işitsel işlevlerinin kalitesini değiştirir, iş performansını düşürür, kişinin fizyolojik ve psikolojik dengesini bozar ve çevrenin sessiz ortamını değiştirir. Maruz kalma süresine ve şiddetine bağlı olarak, gürültü aşağıdakiler dahil birçok sistemi olumsuz etkileyebilir: Yorgunluk, stres, sinirlilik, hipertansiyon, gastrointestinal bozukluklar gibi (9) (10) (11) (12) (13).

Hastanelerdeki ses ortamını meydana getiren öğeler ise daha komplikedir. Tıbbi cihazlar, alarm sistemleri, mobil araçlar, insan kaynakları.telekomünikasyon sistemleri ve klimalar buna örnek teşkil eder (14) (15).

Gaz, yüksek basınçtan alçak basınca geçtiğinde, gaz genişler ve hava dalgalarında titreşimlere ve gürültüye neden olur. Bu ses yoğunluğu çok yüksekse, etkilenen kişi için gürültülü ve rahatsız edici olacaktır. Ancak, basınç odasında gürültüye neden olan tek faktör gaz genişmesi değildir. Ayrıca basınç odasının darlığı, sesin yankılanması ve ortaya çıkan gürültünün daha da güçlü hissedilmesi anlamına gelir. Yüksek basınçlı ortamda daha hızlı ses iletimi Yüksek basınçlı odalarda, yüksek basınçlı koşullarda ses daha hızlı iletildiği için gürültüyü artıran bir diğer faktördür. Basınç odasının operasyonu esnasında çıkan ses cihazın içerisinde



bulunan iç yardımcı personelin ve hastaların konforunu etkilemekle kalmayıp, basınç odasının dışarısında bulunan basınç odasının kontrolünü sağlayan hekim ve operatörü de etkilemektedir. Ses bir dalgadır bu nedenle çeşitli yüzeylere çarpıp yayılımı da olmaktadır. Bu nedenle basınç odasının bulunduğu ortamın özellikleri de gürültünün şiddetini etkilemektedir. Basınç odasının bulunduğu mekânın metrekaresi, mekânın izolasyonunda kullanılan malzemeler ve duvar kalınlığı, basınç odası ile personelin konumlandığı yer gibi etmenlerde gürültünün şiddetini dolayısıyla etkisini önemli ölçüde değiştirmektedir.

İnsanların gürültüden ne ölçüde etkilendikleri konusunda da farklılıklar mevcuttur. Gürültünün fizyolojik özelliklerinin yanı sıra gürültüye maruz kalma süresi, koruyucu ekipman kullanımı ve sesin doğası yani kalıcı veya geçici olması gibi faktörlerde önemlidir. Tüm bu faktörler dikkate alındığında hiperbarik basınç odasının çalışması sırasında oluşan gürültü hem tedavi edilen hasta hem de tıbbi destek personeli için önemlidir. Basınç odalarının aktivasyonu sırasında oluşan gürültü kirliliğinin ne boyutta olduğu ve bunun neden olduğu olumsuz durumların tespiti için bu çalışma planlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, hiperbarik basınç odalarının çalışması sırasında oluşan gürültü seviyelerini belirlemek, uluslararası kabul görmüş standartlarla karşılaştırmak ve bu standartlara gereken önlemlerin ortaya konmasıdır. Ayrıca bu çalışma ile işitme sağlığının önemi ve bu meydana gelen gürültünün yardımcı sağlık personelinin işitme fonksiyonlarına etkileri değerlendirilmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1.SES VE GÜRÜLTÜ İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

#### 2.1.1. Tanımlar

##### 1. Ses

Ses, titreşimlere neden olan ve insan işitmesini uyaran bir kaynağın neden olduğu hava basıncında bir dalgalanma olduğunda meydana gelen fiziksel bir olaydır (7). Ses dalgalar gibi yayılan bir enerji biçimidir ve tamamen fiziksel bir olgudur. Fiziksel olarak ses, basınç altındaki hava gibi elastik bir ortamda parçacıkların yer değiştirmesidir. Gürültü, istenmeyen ve hoş gitmeyen ses olarak tanımlanabilir. Başka bir deyişle gürültü, bağımsız frekans bileşenleri olmayan, düzensiz yapıya sahip bir spektrum olarak tanımlanabilir (16).

Ses basıncını ölçmek için kullanılan birim, desibel (dB) olarak tanımlanan ses basıncının logaritmik fonksiyonudur ve ses basıncının duyulabilir sınırı dB (A) olarak tanımlanır. Desibel, ses basıncının logaritmik bir fonksiyonu olduğundan, iki veya daha fazla sesin gürültü seviyeleri standart hesaplamalarda olduğu gibi üst üste toplanmaz. 0 desibel tablosu değeri, sağlıklı bir insan kulağının duyabileceği en düşük ses seviyesini tanımlar. dB logaritmik bir denklemdir, bu nedenle dB şiddetinde 10 ünitelik bir artış bir alttakinin 10 katı fazlası anlamını taşır; yani 20(yirmi) dB, 10(on) dB'in 10 katıdır. Gürültü zamanla değiştiğinden, ölçümler ve tahminler, belirli bir süre boyunca ortalama veya diğer göstergelerle tanımlanır (17).

Gürültü seviyesi (LP), ses basıncı oranı ( $P/P_0$ ) ile hesaplanır, burada P, ölçülen ses basıncı,  $P_0=2 \times 10^{-5}$  (Pa) referans ses basıncı;  $L_p$  (dBA) =  $20 \log P/P_0$ 'dır. Ses basıncını iki katına çıkarmak, gürültü seviyesini 6 dBA artırır. Gürültü seviyesi 10 dBA düşürüldüğünde, insanlar tarafından algılanan gürültü %50 oranında azalır (17).

Bir frekanstaki kulağın en az düzeyde işitebileceği ses şiddetine 'İşitme eşiği' ismi verilirken; acı hissetmeden ve ses olarak işitebileceği en yüksek miktardaki ses

şiddetine ise 'Acı duyma eşiği' ismi verilir. Genç ve sağlıklı bir insan kulağı 20 Hz ile 20 kHz (kilohertz) arasındaki sesleri duyabilir. Ancak, bu sadece insanların %1'i için geçerli olabilir. Ortalama olarak, duyulabilir frekansın üst sınırı yaklaşık 16 kHz'dir ve yaşlılarda 10 kHz'e düşebilir.

Kulağımızın en çok 3 kHz ile 4 kHz'de hassastır. Bu aralıktaki işitebileceğimiz en zayıf ses şiddeti  $10^{-12}$  watt/m<sup>2</sup> ve acı duymadan işitebileceğimiz en yüksek ses şiddeti seviyesi de 1 watt/m<sup>2</sup>'dir. Yakından bakarsanız, kulağımız işitebileceği en zayıf şiddete sesin milyon kere milyon katına kadar uyum sağlayabilmektedir. Ancak, işitme yoğunluğu (fizyolojik ses şiddeti) fiziksel ses yoğunluğuyla orantılı değildir. Ses algısı, diğer duyumlar gibi, Weber-Fechner yasasını takip eder. Bu yasaya göre, uyarılma gücünün logaritması ile duyuların gücü artar (18).

Ses kaynağı, birim zamanda belirli bir miktarda ses enerjisini (joule/saniye) yayar. Yani belli bir miktarda güce (Watt=joule/saniye) sahiptir. Bu, çevresel faktörlerden bağımsız olarak bu kaynağın üretebileceği ses enerjisi miktarını gösterir. Üretilen enerji, ses basıncını yükselterek çevreye salınır. Tablo 2.1'de de örneklendirildiği gibi ses basıncı, ses kaynağının çıkışına, o noktanın ses kaynağından uzaklığına ve çevresel etmenlere bağlıdır.

**Tablo 2.1.** Çeşitli Ses Şiddetleri (19)

SES	ŞİDDET (watt/m <sup>2</sup> )	ŞİDDET (dBA)
Ağrı Eşiği	1	120
Uçağın Yanında	1	120
Ekspres Treni	$1.10^{-4}$	80
Trafiğin Yoğun Olduğu Cadde	$1.10^{-5}$	70
Normal Konuşma	$3.10^{-6}$	65
Ev Radyosu	$1.10^{-8}$	40
Fısıltı	$1.10^{-10}$	20
Yaprakların hışıltısı	$1.10^{-11}$	10
Minimum Duyulabilir değer (İşitme Eşiği)	$1.10^{-12}$	0

## 2. Gürültü

Sağlık terminolojisi açısından değerlendirildiğinde ise gürültü, bireyler ve toplum üzerinde olumsuz etkileri olan istenmeyen bir ses olarak tanımlanmaktadır. Gürültü çok uzun zamanlardan beri bilinen bir problem olup farklı bilim dallarınca çok farklı tanımlamaları yapılmıştır. Akustik, sesin çeşitli fiziksel ortamlarda akustik davranış kalıplarını inceleyen bir bilim alanıdır. Katı, sıvı ve gaz halindeki maddelerin dalga yayılımını araştırır. Akustikte gürültü, müzikten asenkron titreşimler eklenerek ayrılan, istenmeyen ve duyulabilir seslerin karışımı olarak tanımlanır. Fonolojide gürültü, periyodik olmayan frekanslardan oluşan ses birimlerinin oluşturduğu bir spektrum olarak tanımlanabilir. Halk sağlığı açısından bakıldığında ‘‘Yapı olarak amorf olan ve esas olarak insanlar üzerinde fiziksel ve psikolojik etkileri olabilen, bireyleri olumsuz yönde etkileyen ve işitsel işlevi olumsuz yönde etkileyen gereksiz sesler ‘’ denilmektedir (20) (21).

Günümüz modern toplumunda gürültünün tüm canlılar üzerindeki fiziksel ve psikolojik etkileri düşünüldüğünde bu olumsuz durum bir meslek hastalığı olarak kabul edilebilir ve etkileri daha da önem kazanmaktadır. Özellikle gürültüye maruz kalma ihtimali olan çalışma alanlarında insan bütünlüğünü etkilemesi nedeniyle bu çalışma alanlarında çalışan kişiler için işitme testleri gerekli hale gelmiştir (22).

## 3. Frekans

Birim zamandaki(saniye) ses dalgalarının frekansıdır ve birim Hertz (Hz) olarak ifade edilir. İnsan kulağı belirli bir frekans aralığındaki sesleri duyma yeteneğine sahiptir. İnsan kulağı 20 ila 20.000 Hz arasındaki sesleri duyar, ancak bu frekans aralığının dışındaki gürültü insan kulağı tarafından duyulmaz, ancak zararlı etkileri olabilir. 20 Hz'nin altındaki sesler infrasound. 20.000 Hz'nin üzerindeki sesler ultrasound olarak tanımlanır. İnsanlar tarafından duyulmasa bile da bu sesler insanlarda mide bulantısı, baş ağrısı ve huzursuzluğa neden olabilir (23–25).

## 4. Vibrasyon

Vibrasyon dokunma duyusu ile algılanan ve genellikle katı ortam aracılığıyla yayılan düşük frekanslı, yüksek genlikli titreşim olarak adlandırılır (20). Titreşim,

denge konumunda merkezlenmiş bir sistemin yapmış olduğu salınımlardır. Mekanik bir sistemde yüksek sayılabilecek frekans değerleri, akustik değerlendirmede düşük değerleri temsil eder. Bu açıdan mekanik titreşimin neden olduğu ses genellikle düşük frekanslıdır. Mekanik titreşimin neden olduğu gürültü olgusu, endüstriyel alanda bir sorun olabilir. Mekanik titreşim önemli bir faktör değildir, ancak bazen gürültü iletimine aracılık edebilir.

Ses yolu ile taşınan veya iletilen titreşim en büyük etkisini yayılma doğrultusunda ve bu doğrultuya dik ve titreşebilen yüzeyler üzerinde gösterir buna karşılık ses ile taşınan titreşimlerin etkileri ihmal edilebilir düzeydedir. Daha da önemlisi ses vasıtasıyla taşınan titreşimlerin akustik etkisidir (26).

## **5. Ses Gücü**

Birim zamanda yayılan toplam ses enerjisi olarak tanımlanır. Birimi Watt (Joule/saniye) olarak ifade edilir. Ses gücü, makinelerin ürettiği gürültüye göre sınıflandırmak için kullanılır (27).

## **6. Ses Şiddeti**

Bir P gibi bir ses gücünün bir ses kaynağı tarafından üretildiği göz önüne alındığında, ses kaynağından bitişik hava moleküllerine bir enerji aktarımı vardır. Bu şekilde enerji çevreye yayılır. Bu, büyüyen bir daire şeklinde su yüzeyine düşen bir nesnenin neden olduğu dalgaların ayrışmasına benzer. Belirli bir ekseninde birim zamanda birim alandan geçen bu ışımaya enerjisinin miktarına ses şiddeti (I) denir. Bu enerji yayıldığında, geçtiği her noktada ses basıncı oluşur. Gürültünün kaynağını bulmak için ses şiddeti kullanılır (27).

## **7. Ses Basıncı**

Ses basıncı, sesin yayılmasının herhangi bir noktasında atmosferin denge basıncından hava basıncındaki fark olarak tanımlanır. Ses basıncı ölçüm birimi Pascal (Newton/m<sup>2</sup>)'dir.

Ses gücünü, ses şiddetini ve ses basıncını birbirine bağlayan formül aşağıdaki gibidir.

$$I = (P/4\pi r^2) = p^2/\rho c$$

P: Watt (Joule/sec)

r: Kaynağa olan uzaklık

p: Basınç (Pa = N/m<sup>2</sup>)

$\rho$ : Havanın yoğunluğu

c: Ses hızı

Ses şiddeti ve basıncı spesifik cihazlar yardımıyla ölçülebilir. Bu ölçülen değerleri ve ölçülen yüzey büyüklüğünü kullanarak ses gücünü de hesaplayabiliriz. Ses basıncı, gürültü kaynaklarının meydana getirdiği hasar ve oluşturduğu olumsuz etkilerden dolayı takibi gereken değerlendirme kriteridir.

Ses basıncının titreşiminden dolayı, ortamdaki statik (atmosferik basınç) basınç, yaklaşık 100.000 Pascal (Pa) değerinde dalgalanmalara neden olur. 20  $\mu$ Pa'dan 100 Pa'ya kadar olan ölçekte duyulabilir ses basıncı dalgalanması, statik hava basıncından önemli ölçüde daha düşüktür.

Bu seviye duyum eşiği olarak adlandırılır çünkü 20  $\mu$ Pa normal işitme fonksiyonuna sahip bir kişinin duyabileceği en düşük ses basınç seviyesi olarak kabul edilir. "Acı eşiği", ağrı ve acıya neden olabilecek 100 Pa'ya kadar bir değer olarak tanımlanır. Tanımlanan bu iki seviyenin orantılı hesaplanması bir milyonun üzerinde sonuç verir. Bu nedenle, Pa lineer ölçekte, ölçüm sonuçları çok büyük bir ölçekte önemli ölçüde dalgalanır. Bu, insan kulağının logaritmalara doğrusal artışlardan daha duyarlı olduğu gerçeğini göstermektedir. Tüm bu nedenlerle, akustik parametrelerin belirlenmesinde, ölçümlerin referans olarak kabul edilen parametrik sabitlere oranının logaritmik hesabı olarak ifade edilen desibel (dB) ölçeği kullanılmaktadır (27).

## 8. Desibel

İlk olarak elektrik mühendisliğinde kullanılan desibel, bir oranı veya bağıl değeri temsil eder. İsmi Alexander Graham Bell'den alan bel birimi, iki boyutlu bir ölçeğin logaritması olarak ifade edilir (28).

Başka bir ifadeyle, desibel, ses basınç seviyelerini derecelendirmek için kullanılan logaritmik bir birimdir. Desibel cinsinden ses basıncı seviyesi ( $L_p$ ),  $L_p = 20 \log (p/p_0)$  olarak ifade edilir. Bu denklemde  $p$  ölçülen ses seviyesidir (Pa cinsinden) ve  $p_0$  standart değer olarak kabul edilen standart ses seviyesidir ( $20\mu\text{Pa}$ ). Bir referansa göre belirli bir seviyeye sahip olduğunu gösteren "ses basıncı"nın yerine "düzey" kelimesinin eklendiğini belirtmek önemlidir. Yaygın kullanımda ses seviyesi ölçümünden bahsedildiğinde asıl anlatılması gereken ses basınç seviyesi ölçümüdür ve aynı anlamda birbirinin yerine kullanılmaktadır.

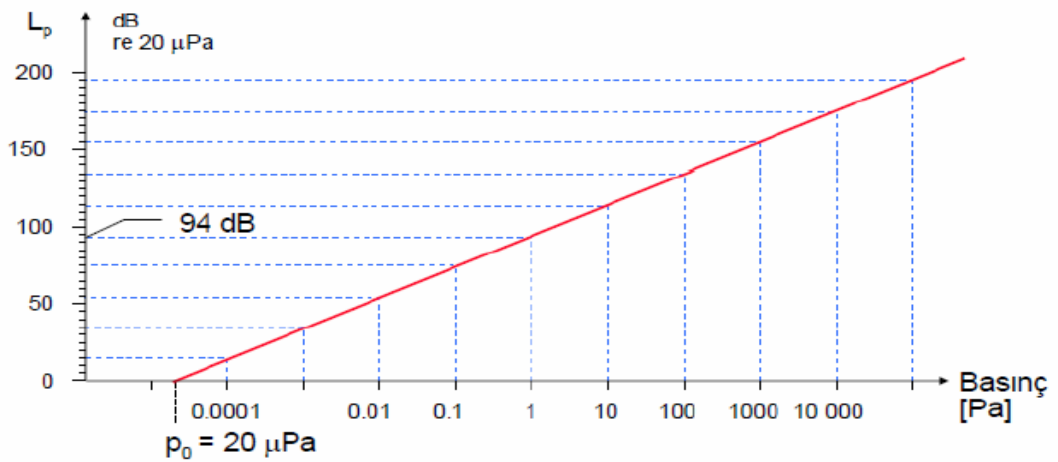
Bunu bir örnekle açıklamak gerekirse: 1 Pa'lık bir ses basıncı düzeyine kaç desibel karşılık gelir?

$$L_p = 20 \log (p/p_0) \quad p = 1, \quad p_0 = 20\mu\text{Pa} = 20 \times 10^{-6}$$

$$L_p = 20 \log (1/20 \times 10^{-6})$$

$L_p = 20 \log 50.000 = 94 \text{ dB}$  (ses ölçümünde kullanılan cihazlarda kalibrasyondeğeri)

Her iki yönde 3 dB'lik bir basınç farkı sadece insanların algılayabileceği bir seviyedir. Basınçta 10 dB'lik yükseliş sesin bir kata kadar kuvvetlendiği hissi yaratır. İnsan kulağının duyabileceği ses seviyesi ile dB cinsinden ölçülen seviye arasında lineer bir ilişki yoktur, ancak bu değişimler logaritmik olarak gerçekleşir. Desibel, Pascal dönüşümlerini göstermek için tasarlanmış grafikler vardır. Desibel, pascal birimlerinin dönüşümü grafik 2.1'de gösterilmiştir.



**Grafik 2.1.** Desibel, Pascal Dönüşümü

Desibel ile yapılan değerlendirmelerin özelliği, bir ortamda birden fazla ses kaynağı varsa, her bir ayrı kaynağın ürettiği ses basıncı düzeylerinin toplamına eşit olmamasıdır. Birbirinden farklı iki ses kaynağı aynı seviyede enerji üretiyorsa ve bu kaynakların her ikisine de eşit mesafedeki bir nokta da ölçüm yapılıyor ise, bu belirlenen noktadaki “ses şiddeti”, kaynaklardan herhangi birinin tek başına belirlenen o noktada meydana getireceği ses şiddetinin iki katı olacaktır. Ses şiddeti, ses basıncının karesi ile doğru orantılı olduğundan dolayı ses basıncının  $\sqrt{2}$  katına artışına ya da 3 dB’lik bir artışa yol açacaktır. Örneğin, ses basıncı düzeyi 70dB olan iki farklı kaynak tarafından üretilen toplam ses seviyesi, aritmetik toplam 140 dB yerine yalnızca  $70\text{dB}+3\text{dB}=73\text{dB}$  olacaktır. İki kaynak farklı ses basınç düzeylerine neden oluyorsa ve aralarındaki fark 10 desibelden den fazla ise küçük kaynağın etkisi göz ardı edilebilir. Desibel değerleri ya Pa cinsine çevrilip toplamı alınarak logaritması hesaplanmalı ya da söz konusu dB değerlerinin eklenip çıkarılması için hazır şablonlar veya eğriler kullanılmalıdır.

İnsan kulağı 0 ila 140 dB arasındaki sesleri algılayabilir ve 0 dB, 20  $\mu\text{Pa}$ ’lık bir ses basıncı değişikliğine karşılık gelir. 120 dB gürültü kulakta rahatsızlığa neden olurken, 125 ila 135 dB ses belirgin kulak ağrısına neden olur. 140 dB’ye maruz kalmak timpanik membranın perforasyonuna neden olabilir, bu da ağrıyla acının yanı sıra kalıcı hasara da neden olabilir (24,25,29,30).

Ses basıncı, ses gücü ve ses şiddeti farklı ölçüler olmakla birlikte, Tablo 2.2’de gösterildiği gibi desibel (dB) olarak ifade edilebilirler.

**Tablo 2.2.** Ses Basıncının, Ses Gücünün, Ses Şiddetinin ölçüm birimleri

ÖLÇÜM	ÖLÇÜM BİRİMİ	GENEL GÖSTERİM ŞEKLİ
SES BASINCI	Pa (Pascal)	dB (ref= $20 \times 10^{-6}$ Pa)
SES GÜCÜ	W (Watts)	dB (ref= $1 \times 10^{-12}$ W)
SES ŞİDDETİ	W/m <sup>2</sup> (Watts/Alan)	dB (ref= $1 \times 10^{-12}$ W/m <sup>2</sup> )



## 9. Ses Dalgalarının Özellikleri

Basit Basit bir harmonik ses dalgasının zamanın belirli bir noktasında oluşturduğu ses basıncındaki değişimde, ses basıncının maksimum değerine (o andaki atmosfer basıncından maksimum fark) genlik denir (28).

Basıncın en büyük iki bitişik değeri ( $t_b - t_a$ ) arasında geçen süreye periyot denir. T ile ifade edilen zaman birimi saniyedir.

Periyot, bir basınç değişim döngüsü için gereken süre olarak tanımlanırsa. Frekans, birim zamandaki basınç değişiminin devir sayısı olarak ifade edilir. Bu nedenle, basınç değişim döngüsü, basıncın aynı seviyeye ulaştığı (aynı yönden yaklaştığı) iki ardışık nokta (a ve b gibi) arasındaki kısımdır. Frekans, saniyedeki devir sayısıdır (Hertz). Sonuç olarak  $T=1/f$  olarak formülize edilir (28).

Dalga boyu  $\lambda$  olan bir ses dalgası T periyodunda kendi uzunluğunu kat ettiğinden, dalga yayılma hızı  $C = \lambda / T$  olarak formüle edilebilir (31).

Tablo 2.3, farklı ortamlarda ses yayılma hızını göstermektedir. Tablodan da anlaşılacağı gibi, bazı maddelerin kimyasal ve fiziksel morfolojilerindeki büyük farklılıklar nedeniyle farklı ortamlar için tek tip sabit değerler vermek mümkün değildir. Bu maddelerin özellikleri, bu ortamdaki sesin yayılma hızını etkiler. Bu nedenle aynı materyalin farklı kaynakları için farklı referans değerleri belirtebilirsiniz (28).

**Tablo 2.3.** Sesin Çeşitli Ortamlardaki Yayılma Hızları (28).

<b>Ortam</b>	<b>Yayılma Hızı (m/s)</b>
Hava (0 ° C'de)	331
Hava (21° C'de)	344
Kurşun	1200-2400
Su	1450
Beton	3200-3600
Tahta	3300-4300
Tuğla	3600
Mermer	3800
Cam	4000-5600
Bakır	3600-4760
Demir	5100-6000
Çelik	5800-6000
Alüminyum	5100-6400

## 10. Sesin Amplitüdü

Amplitüd, ses dalgasının dikey büyüklüğünün ölçüsü olarak adlandırılır. Dalganın genliği, ses dalgasının sıkıştırma ve genişleme hareketleri arasındaki farkla belirlenir. Ses dalgaları hava, su veya diğer ortamlardaki titreşimlerle üretilir. Örneğin, bir gitar telinin titreşimi tarafından üretilen periyodik titreşimler, hava moleküllerinin belirli frekanslarda genişlemesine ve sıkışmasına neden olur. Bu nedenle telin ürettiği enerji havaya aktarılır. Enerji miktarı, telin titreşiminin genliği ile bağımlı bir şekilde artar. Telin ürettiği enerji ne kadar yüksek olursa, telin genliğinin o kadar büyük olduğu gözlemlenir. Tel tarafından üretilen titreşimin genliği ne kadar büyük olursa, parçacıklardan çevreye o kadar fazla enerji aktarılır (32).

## 11. Dalga Boyu

Bir dalganın saniyede geçtiği yolun uzunluğu dalga boyu ( $\lambda$ ) olarak tanımlanır. Dalga boyu uzunluk birimleriyle ölçülür. Dalga tepe noktası, basıncın en

yüksek olduğu noktayı ve dalga çukuru, basıncın en düşük olduğu noktayı temsil eder (33).

Frekans ile orantılı olarak dalga boyu sesin karakteristik özelliğini gösterir. Bir dalga oluşumunda ardışık iki tepe veyahut iki çukur arasındaki mesafe dalga boyudur. Dalga boyu bir ( $\lambda$ ) lambda harfiyle temsil edilir.

Bir dalganın uzunluğu, sinüs dalgası üzerinde rastgele seçilen bir noktadan (0'dan 360 dereceye kadar) aynı noktadan diğerine ölçülür. Dalga boyu  $w = v / f$  formülü kullanılarak hesaplanır; burada  $w$  = dalga boyu,  $v$  = ses hızı ve  $f$  = frekans. Frekans arttıkça dalga boyu azalır(32).

## **12. Periyot**

Bir ses dalgasının yeniden oluşması için geçen süreye periyot (T) ismi verilir. Birimi saniye (s)'dir. Başka bir tanımla dalganın bütünüyle ortaya çıkabilmesi için gerekli süredir (34).

### **2.1.2. Ses Düzeyi Ölçümü ve Standartlar**

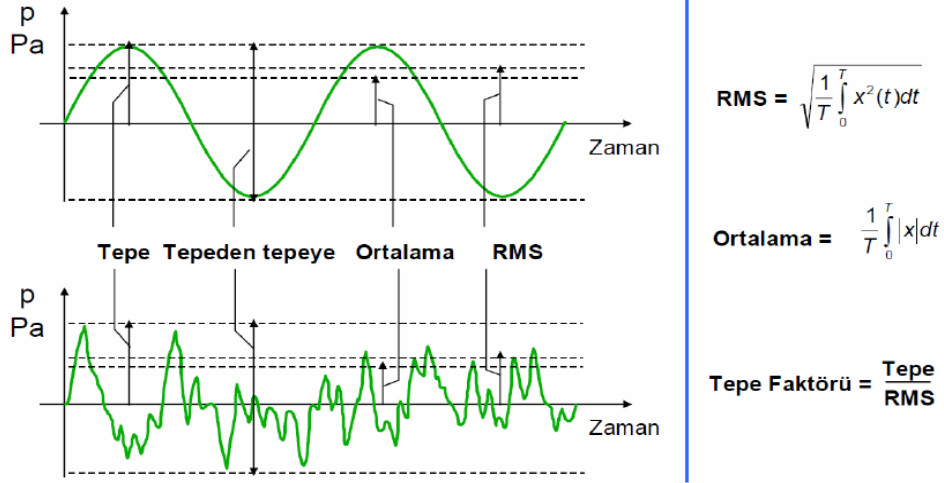
#### **1.Ses Düzeyi Ölçüm Cihazları**

Ses seviyesi, ses seviyesi ölçer (ses seviyesi ölçer ve desibel ölçer) kullanılarak belirlenebilir. Ses ölçer, ortamdaki gürültü seviyesini standart olarak ekranında gösterebilen elektronik bir cihazdır. Bu cihazlar bir mikrofon, bir mikrofon ön yükselticisi, RMS (Kök Ortalama Kare) ve tepe değerleri gösteren dedektörler, standardize edilmiş zaman ağırlığı ve bir ekran içerir(27).

Gürültüyü ölçerken, bir ses seviyesi ölçer kullanmak yaygındır. Uluslararası Elektroteknik Komisyonu standartlarına göre IEC 61672-1, IEC 61672-2 ve IEC 61672-3 ses seviye ölçerin sağlaması gereken şartlardır. Model değerlendirme testleri ve ses seviye ölçerin periyodik testleri buna göre tanımlanır(35–37).

Gürültü ölçümü yapılırken izlenecek yöntemleri anlatan birçok uluslararası standart ve kılavuz bulunmaktadır(38,39).

Bir sinyali tanımlamanın birkaç yolu vardır. Tepe (Peak) ve RMS esas olarak ses seviyesi ölçümünde kullanılır. Tepe değeri, sinyalin ulaştığı maksimum değer (pozitif veya negatif) olarak ifade edilir. Ölçümde kullanılan sinyal tanımlama parametreleri Şekil 2.1’de anlatılmaya çalışılmıştır.



**Şekil 2.1.** Sinyal tanımlama parametreleri (27).

Ses seviyesi ölçerlerin sabit akustik sinyallere verdiği yanıtlar Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) tarafından standardize edilmiştir.

Kullanımı yaygın gürültü ölçüm cihazları genellikle gürültüyü saniyenin onda biri kadar bir sürede bütünleştirir ve sonuç verir. Bu süre, işitsel sistemin bir sesi algılaması için geçen süredir ve psikoakustik deneylerle ortaya konmuştur. Bu aynı zamanda merkezi sinir sistemi entegrasyon zamanı olarak da adlandırılabilir. Gürültüden en çok zarar gören organ olan kohleanın entegrasyon süresi çok daha kısadır ve yaklaşık birkaç milisaniyeye ulaşır(21).

Ses seviyesi ölçer, ortam gürültüsünün ani yükselişini ve düşüşünü hemen sağlayamadığından, bunu başarmak için kısa bir yükselme ve düşüş süresi vardır. Bunun için farklı ağırlıklar var. Hızlı (F) yükselme ve düşme süreleri eşittir ve 124 milisaniyedir. Hızlı zaman ağırlığı kullanan ses seviyesi ölçerler, ortamdaki ses seviyelerindeki değişikliklere daha hızlı tepki verebilir ve gerçek sinyali daha hızlı takip edebilir(27). Yavaş (S) için yükselme ve düşme süresi 1 saniyeye eşittir.

Seviyesi fazla değişmeyen gürültüler için veya beklenmeyen gürültülerin ölçümü (ani kapı çarpması gibi) ses seviyesinin etkilemesini önlemek için önerilebilir.

Darbe için yükselme süresi (I) yaklaşık 35 milisaniye kısadır, ancak azalma süresi 1.5 s'dir, bu daha uzundur. Darbelerde belirli aralıklarla gelen ses seviyelerini algılamak için kullanılabilir. Ses sinyali yeterince uzun sürerse, tüm ağırlıklar eşit olarak görülür.

Benzer şekilde, tepe dedektörü çok kısa süreli mikrosaniye seviyesinde yükselmeye ve sönümlenmeye sahiptir. Çoğu ses seviyesi ölçer hafızasında en yüksek tepe değerini (MaxPeak) tutma gibi özelliklere sahiptir.

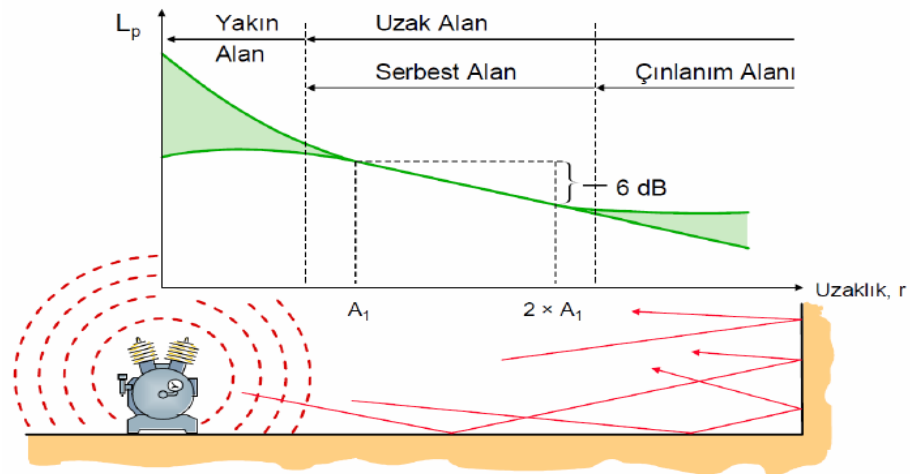
Ses seviyesi ölçerin ekranında görünen değer, belirli zaman aralıklarında sürekli değişen RMS seviyesinin örneklenmesiyle elde edilir.

## 2. Ses Alanları

Aslında herhangi bir ses kaynağının çevresinde dört tip ses alanı olduğu düşünülmektedir.

Bunlar;

- Uzak alan
- Serbest alan
- Yankılanım alanı
- Yakın alandır.



**Grafik 2.2.** Ses alanları, dB ve uzaklık ilişkisi (27).

Yakın alan, çok az mesafe değişikliğine rağmen ses basınç seviyesinde büyük bir değişikliğin meydana geldiği kaynağa çok yakın bir bölgedir. Bu bölge, kaynak tarafından yayılan en düşük frekanslı sesin dalga boyuna eşit bir alana sahiptir. Bu alanda akustik ölçümler yapılmamalıdır.

Öte yandan, uzak alan, serbest bölge ve yankılanan bölge olmak üzere iki bölgeye ayrılabilir. Serbest alanda ses, yayılmasını engelleyebilecek yansıtıcı yüzeylerle temas etmeden, açık havadaymış gibi yayılır. Noktasal ses kaynağının yaydığı ses basıncı, kaynağa olan uzaklık iki katına çıktığında yarı yarıya azalır. Bu azalma, ses basıncında 6 dB'lik bir azalmaya karşılık gelmektedir (Grafik 2.2). Yankılanma bölgesinde, çevredeki duvarlardan ve nesnelere gelen yansımalar, kaynağın ses seviyesi kadar güçlü olabilir(27).

### **3. Eşdeğer Sürekli Ses Düzeyi (Leq)**

Eşdeğer sürekli ses seviyesi, elektronik olarak hesaplanan ve ölçüm süresi için belirli bir T süresi boyunca ölçülen anlık ses basınç değerlerinin ürettiği ses enerjisinin toplanmasıyla elde edilen ortalama RMS seviyesidir. Genellikle "Leq" ile gösterilen eşdeğer sürekli ses seviyesi, sabit bir ses seviyesinin ortamdaki değişen gürültü ile aynı akustik enerjiye sahip olduğu anlamına gelir.

Genellikle, anlık ses basıncı bir A ağırlıklı frekans filtresinden filtrelendiğinde, Leq değerinin büyüklüğü dB(A) cinsinden verilir. Leq değeri ölçümün başında değişse de ölçüm ilerledikçe ortalama almaya devam ettiği için sabite yakın bir değere ulaşır ve bu noktadan sonra ölçüme devam etmek anlamsızdır.

### **4. Örneklem**

Günümüzde dijital ses sayaçları, belirli bir frekansta çok kısa bir süre için (örneğin 100 örnek/saniye) gürültülü bir sinyali örnekleyerek çalışır. Numune ile alınan bu değerler, istatistiksel sonuçları hesaplamak için de kullanılabilir.

## 5. Gürültü Dozu

Gürültü dozu, bir kişinin normal sekiz saatlik bir vardiya sırasında kalıcı işitme kaybı olasılığı olmaksızın maruz kaldığı A ağırlıklı eşdeğer gürültü seviyesidir. İzin verilen maksimum ses seviyesi ülkeden ülkeye değişir, ancak genellikle 85 veya 90 dB'dir (20,40).

Gürültü dozu yüzde (%) olarak ifade edilir. Örneğin 8 saat 85 dB gürültüye maruz kalan bir kişi için gürültü dozu %100'dür. Bu kişiler günlük olarak alabilecekleri maksimum miktarda gürültüye maruz kalmıştır. Aynı kişi 4 saat boyunca aynı gürültüye maruz kalırsa gürültü dozu %50 olacaktır. Buradan şu sonuç çıkarılabilir: Gürültünün dozu sadece gürültünün düzeyine değil, aynı zamanda süresine de bağlıdır.

Gürültüden uzun süre etkilenmenin yanı sıra, yüksek sesler aniden kulaklarda kalıcı hasarlara neden olabilir. Gürültü dozu ve günlük kişisel maruziyet gibi parametreler, gürültüye maruz kalma kriterleridir ve anlık tepe değeri (Peak), yüksek gürültü seviyelerinin bir göstergesidir. Bu nedenle çoğu ülke kendi standart ölçeklerine maksimum değer için bir üst sınır eklemiştir. Çoğu ülke için bu parametre C ağırlıklı bir tepe değeridir ve seviyesi 135 veya 140 dB'de sabitlenmiştir. A ağırlığı yerine C ağırlığı kullanılmasının nedeni, yüksek gürültü seviyesi karşısında insan kulağını daha iyi toparlayabilmesidir.

## 6. Günlük Kişisel Etkilenim Düzeyi, $L_{EP,d}$

$L_{EP,d}$  ile gösterilen ve kısaltılan günlük kişisel maruziyet, işçi ve çalışanların aşırı gürültüden etkilenip etkilenmediğini belirlemenin başka bir yoludur. Bu parametreyi hesaplamak için bu mekânda sağlıklı bir ölçüm yaparak  $L_{Aeq}$  değerini belirlemeniz ve çalışanların bu mekânda ne kadar zaman harcadıklarını öğrenmeniz yeterlidir. Bu yöntemi kullanarak 8 saat boyunca sürekli ölçüm yapmadan gün içerisinde kişinin etkilendiği gürültüyü tespit edebiliyoruz.

➤ **Eşdeğer Gürültü Seviyesi;** bu belirli bir zamanda deneyimlenen ses enerjisinin veya ses basıncının ortalama değerini yansıtan dBA cinsinden bir gürültü ölçüğüdür. Öte yandan, dBA, insan kulağının en hassas olduğu yüksek ve orta

frekansları vurgulayan bir ses değerlendirme birimidir. Formüle halde gösterirsek;  
 $Leq = 10 \log (1/n) \sum 10$  olarak ifade edilir (26).

➤ **Gürültü Azaltma Katsayısı;** konuşma seslerinin algılanmasında önemi bir birimdir ve 250 Hz ile 2500 Hz frekans aralığındaki malzemelerin ortalama ses yutma katsayısını verir.

Formüle halde gösterirsek;

$NRC = [\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000}] / 4$  şeklinde ifade edilir.

$\alpha$  ses yutuculuk katsayısı olup, 0-1 arasında değişen değerleri alır (26).

## 7. Standartlar

**IECC Directive EEC/86/188:** Bu, Avrupa Birliği'nin, çalışanların iş yerinde gürültüye maruz kalma riskine karşı korunmasına ilişkin bir bildirgesidir.

**ISO (International Organization for Standardization) 1999:** Bunlar, çalışma ortamında gürültüye maruz kalmanın belirlenmesi ve gürültüye bağlı işitme kaybının boyutunun belirlenmesi için uluslararası kuruluşların tavsiyeleridir.

**ISO 9612:** Bunlar, çalışma ortamında gürültüye maruz kalmanın ölçülmesi ve hesaplanmasına ilişkin yönergeleridir.

**OSHA (Occupational Safety and Health Administration):** Bu, Amerika Birleşik Devletleri'nde iş sağlığı ve güvenliği yasasını belirleyen yapıdır.

Ülkemizde işyerlerinde maruz kalınacak gürültü düzeyi ile ilgili kanun, 28 Temmuz 2013 tarih ve 28721 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Gürültüye Bağlı Risklerden İşçilerin Korunmasına Dair Yönetmelik'tir. Maksimum maruz kalma eylemi değeri: (LEX, 8h) = 85 dB(A) veya (Ppeak) = 140 Pa [137 dB(C) re. 20µPa].

Ses ölçümlerinin hangi aşamaları olarak yapılması gerektiğini ve ölçüm sırasında kullanılacak ses ölçüm cihazlarının özelliklerini açıklayan çeşitli standartlar bulunmaktadır. Ölçüm cihazları için standartlar arasında en önemlileri ikisidir.

**IEC Standart 804:** İntegral alabilen ses ölçüm cihazları



## **IEC Standart 651: Ses ölçüm cihazları**

Bu belirlenen standartlar, ses ölçüm cihazlarını hassasiyet seviyelerine göre dört gruba ayırır. Duyarlılık, temel özellikler, toleranslar, frekans ve zaman ağırlık özellikleri ve çeşitli çevresel faktörlerden kaynaklanan değişiklikleri içerir.

### **8. Ses Ölçüm Cihazlarının Hassasiyet Dereceleri**

**Tip 0:** Bir laboratuvar standardı olarak tanımlanmıştır ve en dar tolerans aralığı mevcut olan ses ölçüm cihazlarıdır.

**Tip 1:** Laboratuvar ve sahada yüksek hassasiyet ve doğrulukla ölçümler yapmak için geliştirilmiş cihazlardır.

**Tip 2:** Genel kullanım için tasarlanmıştır. Sahada aktif olarak kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Raporlama gerektirmeyen kontrol önlemleri için tercih edilebilir. Çevresel gürültünün ölçülmesinde yaygın olarak kullanılan cihazlardan biridir.

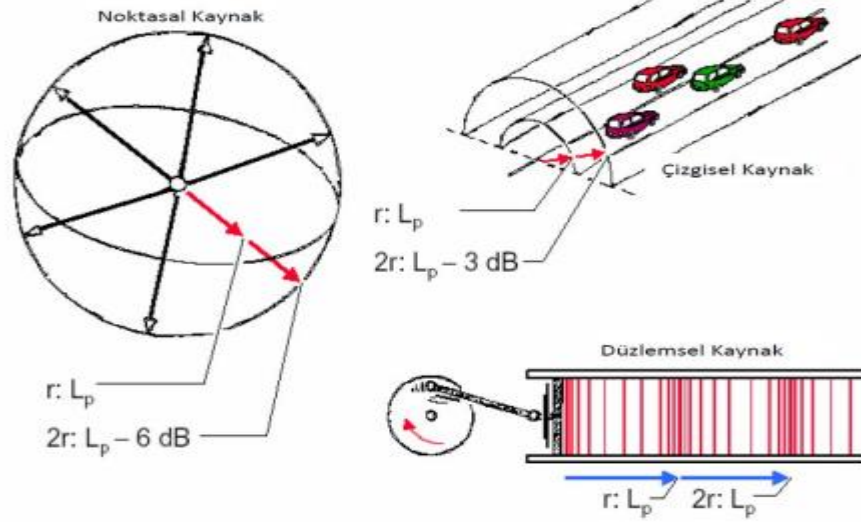
**Tip 3:** Bu tür cihazlar kontrol ölçümleri için tasarlanmıştır. Teknolojik gelişmeler nedeniyle daha nitelikli cihazlar tasarlandığından piyasada artık bu tür cihazlar bulunmamaktadır.

Dört tip cihaz olmasına rağmen çevresel gürültünün tespit edilmesinde kullanılan cihazlar iki tip olup, uluslararası standartlarda sınıf1 ve sınıf2 olarak isimlendirilmişlerdir.

### **2.1.3. Gürültünün Fiziksel Özellikleri**

#### **1. Gürültü Kaynak Türleri**

Gürültü kaynaklarını Şekil 2.2’de de şematize edildiği gibi fiziksel olarak üç sınıfa ayırabiliriz. Bunlar;



Şekil 2.2. Akustik Yönden Gürültü Kaynakları (41).

a) **Noktasal Kaynak:** “Gürültü etkisinde kalanların kaynağa uzaklıkları, kaynağın boyutundan büyükse bu kaynaklara nokta kaynaklar denir. Bu kaynaklar tarafından yayılan ses dalgaları aslında yaygındır ve serbest küresel ya da yalnızca küresel olarak yayılırlar. Bu tür dalgalar, kaynaktan radyal olarak yayılan dalgalardır. Mesafe iki katına çıktığında böyle bir ses kaynağının ses basıncı yarıya iner. Bu azalma, ses basıncı seviyesinde 6 dB’lik bir azalmaya karşılık gelir (42).

b) **Çizgisel Kaynak:** Böyle bir kaynağa bir örnek, araçlardan kaynaklı trafik gürültüsü ya da sıvı bir madde taşıyan bir borudur. Böyle bir ses kaynağından gelen ses basınç seviyesindeki azalma, mesafe iki katına çıktığında 3 dB olur. Çizgisel kaynaklar birbirine yakın noktasal kaynakların oluşturduğu kaynaklar olarak tanımlanır (43).

c) **Düzlemsel Kaynak:** Bu tür kaynaklar günlük yaşamda daha az yaygındır. Prensip olarak, enerji yayan bir piston ve oluşan düzlemsel dalgaların içinden yayıldığı bir tüpten oluştuğu söylenebilir. Bu tür ses kaynağı ile ses şiddeti, ses kaynağından olan mesafeye bakılmaksızın ses basınç düzeyi azalmaz (27).

## 2. Gürültü Tipleri

Gürültünün türü, frekans bandına, zamanla ses seviyesindeki değişikliklere ve ses alanının yapısına bağlıdır.

### a) Frekans İçeriğine Göre

- **Basit Ses:** Saf ses olarak da bilinen tek bir frekansı ihtiva eden karışık olmayan harmonik basınç dalgalanmalarıdır. Örnek verecek olursak, TV yayını başlamadan önce çaldıkları düdük sesi olabilir.
- **Periyodik Ses:** Bu seslerin frekansları birbiriyle ilgisi sınırlanmış düzeyde bileşenin meydana getirdiği sese denebilir. Bu tür sesler örneğin telli çalgılar tarafından üretilen seslerdir.
- **Dar Bant Gürültü:** Periyodik seslerdeki gibi frekansları birbiriyle ilgileri kısıtlanmış düzeyde fakat birbiriyle çoğunlukla ilgisi kısıtlanmış miktarda bileşenin hâkim olduğu seslerdir. Örnek bir radyo programındaki uzay efektidir.
- **Geniş Bant Gürültü:** Frekansları geniş bir aralığa yayılmış fazla sayıda bileşenin meydana getirdiği gürültüye denebilir. Örnek verecek olursak televizyon kanalında boş yayında duyulan hışırtı sesini verebiliriz.

### b) Zamana Bağımlılığa Göre Gürültü Tipleri

- **Kararlı Gürültü (Sabit Gürültü):** Ses düzeyinin aradan geçen süreye rağmen değişmediği ya da neredeyse aynı kaldığı gürültü çeşididir. Sabit olacak seviyede bir güç ve hızla çalışmakta olan bir motorun oluşturacağı gürültü buna örnek teşkil eder.
- **Kararsız Gürültü:** Geçen sürede ses düzeyinde değişimlerin meydana geldiği gürültüler bu tür gürültülerdir. Örneğin, yolcu uçağı ya da otomobilin hareket halindeyken çıkardığı ses bu türdür.
- **Darbeli Gürültü:** Çekiç kullanılarak çakılan çividen çıkan ses bu gürültü türüne örnektir.
- **Patlama Gürültüsü:** Tüfek ile ateş etme esnasında meydana gelen ses, patlama gürültüsüne bir örnektir.
- **Kesikli Gürültü:** Bu, ölçüm sırasında aniden ortam gürültü seviyesine düşen ve bir saniyeden fazla sabit kalan veya bir saniye boyunca ortam gürültü seviyesinin üzerinde kalan gürültüdür. Bu kesikli gürültüye örnek trafik

gürültüsüdür.

- **Dalgalı Gürültü:** Ses düzeylerinin periyodik olarak çeşitlilik gösterdiği gürültüye denir.

### c) Frekans Bandına Göre Gürültü Tipleri

- **Sürekli Bant Gürültüsü (Beyaz Gürültü):** Tüm frekans aralığında sürekli bir spektruma sahip seslerden oluşur.

- **Sürekli Dar Bant Gürültüsü:** Yoğun olarak birkaç frekansın görüldüğü bant gürültüsüdür.

**Tablo 2.4.** Çeşitli ses kaynaklarından meydana gelen gürültü seviyelerinin dB cinsinden karşılaştırılması (27).

Ses yoğunluğu (dB)	SES KAYNAĞI
160	Jet Motoru
140	Alarm sirenleri
	Prete metal doğrama
	Perçinleme makinaları
120	Yüksek sesli müzik
	Metal delme presleri
100	Konserve kutusu üreten makinalar
	Yoğut trafik
	Otobanlar
90	Fabrika çalışma ortamı
80	Yoğun çalışan ofis ortamı
60	Normal konuşma
40	Evdeki sessizlik
20	Fısıltı ile konuşma
1	Duyulabilir en düşük ses
0	Duyup-duymama eşiği

#### d) Oluşum Yerine Göre Gürültü Tipleri

Gürültü kaynaklarını çeşitli şekillerde sınıflandırabiliriz. Gürültü kaynağına bağlı olarak hava da ya da katı bir madde ortamında oluşan gürültüler, akustik açıdan düzlemsel, noktasal, çizgisel kaynaklardan yayılabilirler. Akustik gürültü oluşturan çevreye bağlı gürültüler; gürültü kaynağı ve alıcıların bir ortamdaki konumlarında ve yayılma şekillerine bağlı olarak 2 farklı gruba ayırabiliriz. Bunları iki ana başlıkta toplamak gerekirse yapı içi gürültüleri ve yapı dışı çevre gürültüleridir (26).

1) Yapı içi çevre gürültüleri; gürültü, binadaki her türlü elektronik sistem, makine ve yaşamsal olaylardan kaynaklanan gürültülerdir.

2) Yapı dışı çevre gürültüleri; binaların dışında yer alan yapı içindeki (balkon gibi) ve yapı dışındaki (bahçe gibi) açık alanları kullanan kişileri etkisine alan gürültülerdir. Demiryolu, karayolu ulaşımı kaynaklı, endüstri kaynaklı vb. örnekler verilebilir.

▪ Kentlerin içerisinde, konut yerleşkelerinin yakınında olan fabrikalar ile işyerleri gürültü kirliliği oluşturmaktadır. Endüstriyel tesisler için çevresel gürültü sınır değerleri belli yönetmeliklerce belirlenmiştir.

Örneğin; insanların yaptıkları faaliyetler sonucu oluşan gürültüler vardır. Bunlar ticari amaçlı organizasyonlar, reklam faaliyetleri ve sosyal etkinliklerdir (26).

4 Haziran 2010 tarih ve 27601 sayılı Resmî Gazete'de, yerleşim alanındaki bina tipine bağlı olarak iç mekanlarda oluşabilecek gürültü seviyesi sınırları, "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde listelenmiştir ve yönetmeliklerle belirlenmiştir.

#### e) Diğer Gürültüler

Yağmur, fırtına, şimşek ve yanar dağ patlamaları gibi doğal olaylar sonucu meydana gelen gürültülerdir.

### 3.Çevre Şartlarının Gürültüye Olan Etkileri

a) **Sesin yansıması ve absorpsiyon:** Ses absorpsiyonu; bir materyalden geçen ses enerjisinin, pürüzlü veya gözenekli bir yüzeyle temas ve sürtünme yoluyla

termal enerjiye dönüştürülmesidir(42). Gürültünün taşınıp yayıldığı bir ortamdaki malzemeler, gürültü üreten ses dalgalarını yansıtması veya emmesi açısından önemlidir. Bir ses dalgası bir yüzeye dokunduğunda, enerjinin bir kısmı geri yansır, bir kısmı malzemeler yoluyla iletilir ve bir kısmı da yüzey tarafından emilir. Bu parçaların boyutu yüzeyin tipine bağlıdır(26).

#### **b) Atmosferik şartların gürültüye olan etkileri:**

- **Rüzgârın Etkisi:** Hava akımı nedeniyle yoğunluk derecesine bağlı olarak ses dalgasının yönüne doğru çeker. Rüzgar yönüne bağlı olarak, ses kaynağının bir tarafında ses şiddetinin artması, diğer tarafında ise azalması beklenir (44).

- **Sıcaklığın Etkisi:** Ses dalgalarının yayılırken hızı, hava sıcaklığına bağlı olarak değişir. Atmosferdeki değişik sıcaklıklardaki olan hava tabakaları, ses dalgalarında kırılmaya yol açar. Gün boyu sıcaklık arttıkça, kırılma artar ve yer kaynaklarından yayılan ses dalgaları yukarı doğru bükülür ve kaynağın her iki tarafında sessiz alanlar oluşturur. Sıcaklık düştüğünde ses dalgaları yeryüzüne doğru bükülür ve uzaktan duyulabilir(44).

- **Nemin Etkisi:** Atmosferdeki bağıl nem ne kadar yüksek olursa, ses yoğunluğu o kadar düşük olur. Bunun nedeni, havadaki su buharı oranı arttıkça, daha fazla ses dalgasını tutan daha yoğun bir ortamın oluşmasıdır. Bu özelliğin düşük frekanslarda etkisi yoktur ve yüksek frekanslarda bu özelliğin etkisi artar(18).

#### **4.Gürültü Kontrolü**

Gürültüden korunmada ilk adım, gürültü seviyesinin ölçülmesi ve gürültü dozu yardımıyla gürültünün frekans ve yoğunluğunun belirlenmesidir. Ardından, zaman ağırlıklı ortalamayı (zaman ağırlıklı ortalama, TWA) ayarlamanız gerekir. Bu denklem, 90 dB'yi aşan 5 dB'lik izin verilen maruz kalma sürelerinin birbirinden yarıya indirilmesini gerektirir. Sesi absorbe etmek ve titreşimi azaltmak için bazı önlemler alınarak gürültünün azaltılmasına çalışılmıştır. İş yerinde kişisel koruyucu ekipmanlarla gürültü önleme tedbirlerine ek olarak, üretim sahasında gürültünün azaltılmasına yönelik tedbirlerin alınması gerekir (45).

Topluluk tarafından üretilen gürültüyü azaltmak için kişisel koruyucu ekipman kullanılmıyorsa gürültü kaynağına müdahale etmek ve gürültünün işyerine veya eve ulaşmasını önlemek daha önemlidir.

Gürültü kontrolü üç seviyede yapılabilir. Kaynak kontrolü, alıcı kontrolü, çevresel kontrol.

**a) Kaynakta kontrol:** Trafik kaynaklı gürültüyü azaltmak için tasarım ve üretim aşamalarında araç içi ve dışındaki gürültü seviyelerini azaltacak önlemlerin planlanması gerekmektedir. Başlangıç noktasındaki gürültünün kontrol altına alınması için araca uygun ve etkili bir susturucu sistemi takılmalıdır. Havalı kornaların ve normal yaygın kullanılan kornaların kullanımının yasaklanması ve muayene ile tespit edilmesi önemlidir. Makinenin operasyonu sırasında oluşan gürültüyü maskeleyen ve azaltan bilimsel dokunuşlar, işyeri gürültüsünün önlenmesi, kontrol altına alınması ve azaltılmasına yönelik uygulamalardan birisidir.

**b) Etkilenecek kişilerin korunması:** Dış kulak kanalına yerleştirilen poliüretan kulak tıkaçları, ses şiddetini düşük frekanslarda 25-30 dB (A), yüksek frekanslarda 40-50dB (A)'ya kadar azaltabilir. Kulaklıklar, gürültüden korunmanın en etkili ve kişisel yoludur. Fakat kullanımda olan bu çeşitli kulaklıkların gürültüyü önleme dereceleri birbirlerinden farklılık göstermektedir. Köpük kauçuktan imal edilmiş ve balmumuna batırılmış pamuktan imal edilmiş yapıda olanlar yaklaşık olarak 25 dB bir koruma sağlar. Kulak kepçesini de içeri alarak takılarak kullanılanlarda ise 35 dB'lik bir düşüş sağlanmış olur. İkisinin birlikte kullanımında ise yaklaşık 45 dB koruma sağlanır (27).

**c) Çevresel kontrol:** Burada temel aşama kişilerde gürültü bilincinin meydana getirilmesidir. Gürültüyü toplumsal bir sağlık sorunu olarak tanımlamak yeterli değildir. Seyyar satıcıların, yüksek sesle bağırması vb. nedeniyle meydana gelen sesler bazı toplumlarda olağan bir durum olarak adlandırılırken, modern toplumlar açısından (önemli bir halk sağlığı sorunu olduğu bilinci çocukluk döneminden verildiği için) bu tepki verilmesi gereken bir problem olarak algılanır ve hükümetlerce cezai yaptırımla önlem alınır. Bu nedenle temel eğitimden başlayarak gürültünün bir çevre kirleticisi olarak tanımlanması ve sağlığa olumsuz etkilerinin

açıklanması gerekmektedir.

## 5.Gürültü Standartları

Amerikan Oftalmoloji ve kulak burun boğaz akademisi tarafından tanımlandığı üzere kabul edilebilir gürültü seviyeleri, bir kişinin sessiz bir ortamda 1,5 metre mesafeden günlük konuşmaları anlamakta güçlük çekmeye başladığı nokta olarak tanımlanmaktadır. Bu tipik olarak 500, 1000 ve 2000 Hz frekanslarında ortalama 25 dB'ye karşılık gelir (46).

Gürültü standartları ülkeler arasında farklılıklar gösterebilmektedir. Çoğu ileri toplumlarda, haftada 5 gün 8 saat maruziyet için "izin verilen maksimum gürültü seviyesi" 85-90 dB'dir (A). Ağırlıklı bir frekans bandı ölçeği kullanan bir ses ölçer tarafından belirlenen 85 dB (A) gürültü, insanları günde sekiz saat etkileyerek işitme kaybına neden olabilir.

Sağlık tesislerinin yataklı bakım tesisleri ve organizasyonları, eczaneler, poliklinikler, huzurevleri ve huzurevleri gibi alanlar olarak tanımlanan alanlarında izin verilen iç ortam iklim gürültü seviyeleri 35 dB (A)'e kadardır (20).

ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), hastane gürültü seviyelerinin 45 dB'yi geçmemesini, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise hastane gürültü seviyelerinin 30 dB'yi geçmemesini, tepe gürültü seviyesinin 40 dB'den az olmasını tavsiye etmektedir (17,47).



**Tablo 2.5.** 28.07.2013 tarihli ve 28721 sayılı Resmî Gazete’ de yayımlanan Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik’teki gürültü düzeylerine göre önerilen maksimum günlük gürültü maruziyet süreleri

<b>Maruz Kalınan Gürültü Şiddeti dB (A)</b>	<b>Önerilen Maksimum Maruziyet Süresi (Saat-hour)</b>
85 dB	8h
87 dB	6h
90 dB	4h
92 dB	3h
95 dB	2h
97 dB	1,5h
100 dB	1h
105 dB	1/2h
110 dB	1/4h

#### **2.1.4.Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri**

İşitme kaybı sadece bir meslek hastalığı ya da kaza değil aynı zamanda bireyin sosyal ilişkilerini etkileyen, öğrenme güçlüğüne, davranış sorunlarına ve tabii ki asosyal olmasına neden olan sosyal bir olaydır. İşitme engelli insanlar işte, okulda, öğrenme güçlüğü ve kötüleşen sosyal ilişkiler neticesinde çeşitli sorunlar yaşayabilirler (48).

##### **1. Fiziksel Etkileri**

Gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkileri temel olarak sesin fiziksel özelliklerine bağlı olan işitsel işlevi etkiler. Ses yoğunluğu ve maruz kalma süresi, sesin fiziksel etkisiyle ilgilidir. Gürültünün işitsel sistem üzerindeki ana etkisi gürültüye bağlı işitme kaybıdır (NIHL). Gürültüye bağlı işitme kaybı, esas olarak kohleanın duyu epitelindeki hasardan kaynaklanır. En belirgin hasar, ses enerjisinin elektrokimyasal dönüştürücüsü olarak bilinen tüy hücrelerinin stereosilyalarında oluşur.

İmpuls gürültünün biyolojik etkilerinin devamlılık gösteren gürültüden

ayrıldığı noktalar mevcuttur. İç kulak, akustik refleks nedeniyle devamlı gürültünün etkilerinden kısmen korunabilir. Aktive olan refleks iç kulak kasları olarak bilinen m. tensortimpani ve m. stapedius isimli kasları uyarır. Bu uyarı özellikle 90 dB üzerindeki gürültüde aktive olarak ses girişinin azaltılmasına yardımcı olur. Bu refleks nöral bir uyarı ile tetiklendiğinden aktive olması 25-150 milisaniyeye kadar gecikebilir. Şiddeti yüksek olan gürültü akustik refleksin aktivasyonundan önce kohleaya ulaşır. 140 dB şiddetinde bir şok gürültüsü ani ve geri dönüşü mümkün olmayan işitme kaybına yol açabilir (49). Akustik refleksleri mevcut olmayan hayvanlar üzerine yapılan çalışmalar, gürültüye bağlı işitme kaybının arttığı göstermiştir (50).

Belirli bir süre boyunca insanları etkileyen gürültünün ilk sonucu, işitme eşiğinin yükselmesidir (25). Bu gürültünün etkisi ilk andan itibaren zirve noktasındadır ve yoğunluğu giderek azalır. Gürültü hasara yol açacak kadar yeterli şiddette ve sürede etkilemediyse, işitme eşiğindeki değişiklik zamanla normale dönecektir. Bu tabloya geçici eşik kayması (temporary threshold shift-TTS) adı verilir. Etki, yeterli şiddet ve süreye sahipse kalıcı eşik kayması meydana gelecektir (permanent threshold shift-PTS). PTS, nispeten yüksek şiddetteki seslere kısa süreli maruz kalmaktan kaynaklanabilir. Uzun vadeli etkinin kümülatif etkisi, tüy hücrelerinin sayısındaki azalmadır. TTS, PTS ile aynı değerlendirme verilerini sağladığından, bireyler zararlı akustik etkilere maruz kaldıktan 12 ila 24 saat sonra işitme testine tabi tutulmalıdır. TTS, iç kulaktaki duyu hücrelerinin işlev bozukluğundan kaynaklanır ve PTS ise etkilenen bu hücrelerde geri dönüşü olmayan hasardan kaynaklanır (21).

İşitme kaybı olan kişiler ilerleyici işitme kaybını tanımlar. En yaygın şikâyet, arka plan gürültüsü varlığında konuşmayı anlamada zorluktur. Gürültüye bağlı işitme kaybı olan kişiler, yüksek frekanslı seslere karşı daha duyarlıdır, bu nedenle sesli harflerin duyulması daha kolaydır. Özellikle tiz sesli (high pitch) kadın ve çocukları anlamak zor olabilir. Ortam gürültüsü, işitmenin korunan kısmını etkilediği için anlamayı daha da zorlaştırır.

Aynı yoğunluktaki düşük frekanslı sesler, yüksek frekanslı seslerden daha az hasara neden olur. İşitme kaybının ortaya çıkmasında kişisel özellikler rol oynar.

Ancak henüz gürültüye daha hassas bireyleri tespit edecek bir yöntem geliştirilememiştir. Fareler kullanılarak yapılan çalışmalar, yüksek tansiyon ve işitme kaybı arasında olası bir bağlantı olduğunu düşündürmektedir(51–53). İnsanlarda kohlear kan akışındaki değişikliklerin gürültü duyarlılığını etkilediği düşünülmektedir (53,54). Ratlar da yapılan sempatektominin gürültünün meydana getirdiği işitme kaybını azalttığı düşünülmektedir (55,56).

İşitme kaybı yaşayan kişilerin gürültü nedeniyle normal işitme seviyesindeki sesleri algılama yeteneğinin yanı sıra sesleri algılama biçimleri de etkilenir (57). Akustik travma, yüksek düzeyde ses basıncına bir veya daha fazla maruz kalma ile gelişebilir. Nadiren membran perforasyonuna ve orta kulak yapılarında hasara yol açabilir. Genellikle, iç kulakta var olan basiller membranda perforasyon oluşur.

**Akut Akustik Travma:** Bu çınlama, ağrı gibi sorunların yoğun olarak yaşanabildiği, blast etkinin işitme organında yaptığı hasar sonucu işitme kaybına kadar gidebildiği tablodur.

**Kronik Akustik Travma:** Bu, sürekliliği olan ancak Patlayıcı özellikte olmayan ve gürültünün oluşturduğu etkiler sonucunda ortaya çıkan durumdur.

**Tinnitus:** Çeşitli etiyolojik nedenlerle ortaya çıkabilen, ancak esas olarak yüksek endüstriyel gürültüye maruz kalma nedeniyle bir veya iki kulakta uğultu-çınlama sesinin algılanmasıdır. Aralıklı veya bazen süreklilik paterni gösterebilir, hastalık olarak değil semptom olarak ifade edilmesi daha doğrudur (58). Gürültüye bağlı işitme kaybında kulak çınlamasının bilinen bir tedavisi yoktur. Meydana gelen kulak çınlaması nedeniyle çeşitli psikiyatrik sorunlarla karşılaşılacağı akılda tutulmalıdır. Depresyon dahil gelişebilecek psikiyatrik sorunlar için gerekli tıbbi kontroller sağlanmalıdır.

Kronik gürültü, değişen derecelerde dejeneratif değişikliklere yol açabilir. Histopatolojik değişiklikler önce dış titretili hücrelerde meydana gelir, sonra iç titretili hücrelerde ve daha sonra destek hücrelerinde görülür. Reissner membran rüptürünün ardından Corti organının tamamen kaybolması meydana gelir. Kan damarlarında, kemik dokusunda, spiral ligamentte ve bazal membranda herhangi bir

değişiklik gözlenmez. Titrek tüyler tamamen harap olmadan nöronlarda ve gangliyon hücrelerinde değişiklik görülmez (51,53).

## 2. Fizyolojik Etkileri

Gürültünün neden olduğu fizyolojik etkiler; insan vücudunun yüksek, sürekli ve ani seslere otomatik ve bilinçsiz tepkisi olarak tanımlanır. Fizyolojik parametreler ve EEG (elektroensefalogram) çalışmaları gürültünün fizyolojik etkilerini göstermiştir. Çok sayıda çalışma gürültünün fizyolojik etkilerini incelemiş, orta ve uzun vadeli etkileri WHO tarafından da detaylı olarak açıklanmıştır.

Gürültü ve kardiyovasküler hastalık arasındaki ilişkiyi belirlemek için çalışmalar mevcuttur; kan basıncında artışa, taşikardiye, kolesterol artışına, adrenal artışına, takipneye, kas spazmlarına, metabolik değişikliklere, sindirim bozukluklarına, yorgunluğa, uyku bozukluklarına neden olduğu gösterilmiştir. Gürültünün vücut fonksiyonlarına etkileri; çoğu hipofiz hormonu gürültüden etkilendiği için gürültü kan basıncını yükseltir. Meydana gelen bu değişimin otonom sinir sistemi aracılığıyla meydana geldiği düşünülmektedir. Gürültünün şiddeti ile gürültünün Otonomik tepkiler üzerindeki etkisi doğru orantılıdır (59). Alfa ve beta reseptörleri üzerinde yapılan çalışmalar, her ikisinin de gürültünün kan basıncı üzerinde aynı etkiye sahip olduğunu göstermiştir (57).

Bebeklerin hamilelik sırasında sese maruz kalmaları nedeniyle doğum kusurları ile doğabilecekleri konusunda farklı görüşler vardır. Ancak fetüsün işitme sorunları yaşayabileceği göz ardı edilmemelidir (60).

Gürültünün yüksek olduğu mekanlar ve ortamlarda uzun süreler yaşamını sürdüren bireyler üzerinde yapılan incelemelerde; uyku durumu, psikososyal, duygusal durum araştırılmış ve gürültüye maruz kalan kişilerde sindirim sistemi sorunları, baş ağrıları, depresyon, sinirlilik, yorgunluk ve normal popülasyona göre nevroz sıklığında artış gösterilmiştir (61,62).

Yapılan çalışmalar, sesin çocukların okuryazarlık becerilerini yüksek oranda etkilediğini göstermiştir. Sokak gürültüsünden uzakta çalışan ve binaların üst katlarında yaşayan çocukların okuma yeterlik testlerinde daha başarılı oldukları

gözlemlenmiştir. Sokak gürültüsüne yakın ve bu ortamda yaşayan çocuklar bu testlerde daha kötü performans göstermişlerdir (63).

### **3. Psikolojik Etkileri**

Gürültüye maruz kalan kişilerin büyük bir kısmında değişik psikolojik problemlere normal popülasyona göre yatkın oldukları sonucuna varılmıştır. Yaşam alanlarında gürültü şiddetinin fazla olması veya gürültü kaynağının belirsiz olması bireylerde farklı davranış bozukluklarına neden olur. Bunları;

- Huzursuzluk, hoşgörü kaybı, tahammülsüzlük ve sakinleştirici ilaç kullanımı
- Karakter değişiklikleri, davranış bozukluğuna eğilimi olanlarda sorunların ağırlaşması
- Kendini suçlu görme, kendine kızgınlık ve aşırı sessizlik ile içe kapanma
- Kontrol edilemeyen öfke, ani patlamalar, heyecan, huzursuzluk ve şiddete yönelim gibi aşırı tepkiler ve davranışlar olarak sıralayabiliriz.

Farklı zaman dilimlerinde doğrudan veya dolaylı olarak ortaya çıkabilecek yan etkilerin kapsamı ve bu etkilerin süresi; temel akustik faktörlerin yanı sıra her kişinin duyarlılığına, yaşam tarzına, çevre koşullarına ve zaman faktörlerine göre de değişkenlik gösterir(27).

### **4. Performans Etkileri**

Maruz kalınan gürültünün çeşidine ve yapılmakta olan iş dolayısıyla meydana gelen gürültü, gün içerisinde iş ile ilgili sorunlara daha da önemlisi iş yeri kaza ve yaralanmalarına yol açabilmektedir. İşyerinde ve laboratuvarında yapılan bilimsel çalışmalar, gürültünün dikkat dağıtıcı ve uyarıcı bir faktör olduğunu göstermiştir. Kısa vadede gürültünün bu uyarıcı fonksiyonu kolay işlerin özellikle düşünme fonksiyonunun çok kullanılmadığı işlerin yapılmasını kolaylaştırır fakat kompleks işlerdeki kavrama ve performansı kötü yönde etkiler. Okumaya, odaklanmaya, problemleri çözmeye ve hafızaya olan etkisi kavrayış üzerindeki çok önemli etkileridir. Tablo 2.6'da da görüldüğü üzere farklı ses şiddetleri farklı sistemler üzerinde farklı etkilere neden olmaktadır.

Genel olarak, gürültünün etkisi işin kalitesini etkiler, ancak işin hacmini etkilemez. Frekans ve zaman özellikleri de önemli bir rol oynamaktadır. Düşük frekanslı sesler, yüksek frekanslı seslerden daha fazla iş akışına zarar verir. Aralıklı oluşan sesler de sürekli seslerden daha çok olumsuz etki yaratırlar. Aralıklı oluşan sesler kendi içerisinde değişiklik gösterebilir. Aralıklı meydana gelen ani gürültü, periyodik oluşan gürültüden daha çok olumsuz etkileri vardır. Bu etkiler, işin türüne ve diğer etkileyen faktörlere bağlı olarak değişir (64).

**Tablo 2.6.** Meydan getirdiği olumsuz etkilere göre gürültü seviyeleri (65).

<b>SINIFLANDIRMA</b>	<b>GÜRÜLTÜ SEVİYESİ (dB)</b>	<b>ORTAYA ÇIKABİLEN OLUMSUZ DURUMLAR</b>
<b>1. DERECE</b>	<b>30-65 dB (A)</b>	<b>Konforsuzluk, rahatsızlık hissi, öfke, kızgınlık, uyku sorunları ve konsantrasyon bozukluğu</b>
<b>2. DERECE</b>	<b>65-90 dB (A)</b>	<b>Fizyolojik tepkiler; artan kan basıncı, taşikardi ve takipne, BOS basıncının azalması, meydana gelen ani refleksler</b>
<b>3. DERECE</b>	<b>90-120 dB (A)</b>	<b>Fizyolojik tepkilerdeki artış, baş ağrısı</b>
<b>4. DERECE</b>	<b>120-140 dB (A)</b>	<b>İç kulakta meydana gelen sürekli hasar ve dengenin bozulması</b>
<b>5. DERECE</b>	<b>&gt;140 dB (A)</b>	<b>Beynin ciddi hasarı</b>

Odyoloji (Audiology), Audio (işitme; sesin algılanması) ve Logy (bilim) terimlerinin bir araya gelmesiyle oluşmuş, işitme bilim dalını ifade eder. Geniş bir test kümesini içeren inceleme araçlarının büyük çoğunluğuna odyometre, inceleme işlemine ise odyometri adı verilmektedir.

Odyometre; işitme düzeyini ölçmek, ayırıcı tanı testlerini yapabilmek için bu işe özel tasarlanmış cihazlara ihtiyaç vardır. Bu cihazlar ihtiyaca göre güvenilir, stabil, saf ses üretimi ya da kompleks ses üretimi yapabilir (76).

İnsan kulağı 20Hz ila 20000 Hz arasındaki frekans aralığına duyarlıdır.

Ancak konuşma için en önemli frekanslar 125 Hz ile 8000 Hz'dir. Bundan dolayı da odyometrelerin büyük çoğunluğu da 125Hz ile 8000 Hz arasında sinyal üretirler. Bazıları 1500 Hz, 3000 Hz, 6000 Hz ile 10000 Hz'yi içerirken, bir kısmı da 125 Hz'yi veya 250 Hz'yi içermemektedir (77).

Bir hastadan elde edilen odyometrik sonuçların grafiksel gösterimine odyogram denir. Bir kişinin odyolojik değerlendirmesi, sahip olduğu işitme sorununu belirlemeye ve tespit edilen bu bozukluğun olası nedenlerini değerlendirmeye yöneliktir.

İşitme kaybı, kulağın bölümlerinden birisinde meydana gelen hasar sonucu sesi algılama yeteneğinde eksilme ya da kaybolma olarak tarif edilir. Duyma kayıpları Tablo 2.7'de gösterildiği gibi farklı derece ve tipte olabilmektedir (22).

**Tablo 2.7.** İşitme kaybı dereceleri (78).

(0-15 dB)	Normal – İletişime etkisi yoktur.
(16–25 dB)	Çok Hafif – Gürültülü ortamda kısık sesleri anlamada zorluk
(26-40 dB)	Hafif-Sessiz ortamda bile kısık sesleri anlamakta zorluk çekme
(41-55 dB)	Orta-Karşılıklı konuşmalarda sadece yakın mesafeden anlayabilme
(56-70 dB)	Orta-ağır Anlaşılır bir şekilde sadece yüksek sesle konuşulanı anlama
(71-90 dB)	Ağır-yüksek sesle konuşulduğunda dahi duyamama ve bazı kelimeleri ayırtedememe.
(91 dB ve yukarısı)	Çok ağır-karşılıklı konuşmalar duyulmaz. Belki bazı yüksek sesler duyulabilir. Konuşma anlaşılır değildir. Belki de hiç geliştirilemez.

### 2.1.5. Hiperbarik Ortamda Ses Ölçümü Ve Analizi

Hiperbarik ortam şu şekilde sıralanabilir:

- Basınçlı Tüneller
- Hiperbarik Transfer Kabinleri
- Saturasyon Dalış Çanları

#### ▪ Basınç Odaları

İnsan kulağı; mevcut atmosfer basıncında meydana gelen ekivalan ses şiddetine, basınç odalarında ya da sualtında daha duyarsız hale gelir. Fakat tüm bunlara rağmen sualtında dalış aksiyonunu gerçekleştirenler, dalış gerçekleştirmeyen kendi akranlarıyla karşılaştırıldığında daha çok işitme kaybı tanısı alırlar. Son zamanlarda yapılmış incelemelerde anlaşılmış ki, dalgıçlarda bu kişilere ek olarak hiperbarik ortamlarda çalışan insanlarda etraflarındaki şiddet yüksek olan ses basıncına maruziyet sonucunda gürültü odaklı işitme kaybı (Noise Induced Hearing Loss.NIHL) oluşmaktadır (66–70).

Fizik yasalarına göre, ses iletimi ve bireyin işitme mekanizmaları bulunduğu basınç seviyesine göre değişkenlik gösterir. Ortam basıncı sesin hızını etkilediği için üreteceği ses basıncını da etkiler. Sualtında yapılan ölçümlerde ortamın daha yoğun olması ve varyasyonun daha fazla olması nedeniyle bu etkinin daha fazla olacağı dikkate alınmalıdır. Farklı ortamlarda ses iletim hızı aşağıdaki gibidir (71):

- Su Ortamında: 1497 m/sn (Sıcaklık 25°C)
- Helyum Ortamında: 965 m/sn (Sıcaklık 0°C)
- Hava Ortamında: 331,8 m/sn (Sıcaklık 0°C)

Yüksek basınç altında gürültü ölçümü yapılırken bazı problemler ile karşı karşıya kalırız. Bu sorunların kaynağı ortam basıncı, ortamın basınçlandırıldığı gaz, basınç altında kullanılacak bir cihaz ve sıkıştırıldığında veya dekompresyon sırasında kullanılan aletin kalibrasyonu olarak düşünülebilir. Ayrıca basınç odaları dar ve kapalı alanlar olduğu için basınç odası içerisinde yansıyan seslere bağlı olarak farklı ses alanları oluşmakta ve sesin konumuna bağlı olarak ölçülen değerler oluşmaktadır (1).

Hiperbarik ortamlarda ses basınç düzeyini ölçmek için kalibrasyonu yapılmış mikrofon sistemlerine ek olarak basınç altında doğru ölçüm yapabilecek cihazlar kullanılması gerekmektedir. Hiperbarik bir ortam olarak ifade ettiğimiz sualtında yapılacak ölçümlerde çeşitli hidrofonlar kullanılır.

Avrupa Standartları EN 14931' e göre bir basınç odası tasarlanıp inşa



edilirken dikkat edilmesi gereken nokta, basınç odalarının kompresyonu ile dekompresyonu aşamasında oluşabilecek maksimum gürültü düzeyi 90 dB, tedavi derinliği aşamasında ise maksimum havalandırma yapılırken ve tüm bunlara ek olarak maksimum hasta kapasitesinde 70 dB olmasıdır (72).

İnsanın işitsel tepkisi derinliğe, frekansa, çevresel koşullarına (hava, helyum vb.) bağlı olarak değişir. Son zamanlarda yapılan bilimsel çalışmalarda hava, helyum ve su altında geçici eşik değişikliklerinin değişen derecelerde olduğu gösterilmiştir. İşitme eşiğindeki değişiklik esas olarak ilk 1-2 ATA sırasında meydana gelir ve bu 30-40 dB olarak tanımlanır (73).

Basınç odasındaki ortam basıncının artmasına bağlı olarak kulak zarı etkilenir ve akustik empedans artar. Bu empedans uyumsuzluğu aşağıdakilere yol açar: Orta kulağa iletilen enerji azalır ve işitme eşiğinin yükselmesine neden olur (74).

Dalış işlerinde ve tünel işlerinde yani hiperbarik ortamlardaki oluşan sesler mekanik ve teknolojik aletlerinden, soluma aparatlarından, iletişim sistemlerinin kullanımından, basınç odasının kompresyonundan ve basınç odasının dekompresyonundan, deniz taşıtlarının pervanelerinden kaynaklanıyor olabilir.

Basınç odası hava ile doldurulduğunda, kompresörden pompalanan yüksek basınçlı gaz boruların duvarlarına çarparak ses çıkarırlar. Gaz akışı sonucu oluşan ses seviyesini düşürmek için özellikle son zamanlarda basınç kabinlerinde farklı susturucu tipleri kullanılmaktadır. Bunun sonucunda basınç kabininin çalışması sırasında oluşan ses şiddeti azaltılmış olacaktır. Çeşitli özellikteki susturucuları içeren basınç kabinleri ile saturasyon dalış çanlarında yapılan bilimsel incelemelerde 40 dB'i aşan çeşitliliğe sahip veriler not edilmiştir(75). Bu çalışmalar göstermiş ki basınç odasında kullanılacak susturucuların tipi ses şiddetini dolayısıyla gürültü seviyesini etkilemektedir bu da hem hasta konforunu hem yardımcı sağlık personelinin konforunu bozacaktır.

Howie'nin çalışmalarına göre basınç altında yapılan ölçümlerde insan kulağı yüksek basınç ortamında ve şiddetli gürültü seviyelerine maruz kaldığında aynı 1 atm havadakine eşit TTS (Standart Geçici Eşik Kayması) kaybı yaşamıştır. Ek olarak

yüksek basınçlı helyum ortamında, sığ derinliklerde 4 kHz'in üzerindeki frekanslarda kulaklar daha da hassas olup daha fazla risk altında kalmaktadır (50).

## 2.2. Hiperbarik Oksijen Tedavisi

### 2.2.1. Tanım

Hiperbarik Oksijen tedavisi (HBOT), 1 mutlak atmosfer basıncından (1 atmosfer absolute = 1 ATA = 1 Bar = 760 mmHg) daha yüksek bir basınçta belirli bir süre kapalı bir basınç odası içerisinde yüzde yüz oksijen gazının solunması ile uygulanan medikal bir tedavi şeklidir. Uygulanan tedavinin süresi ve tedavinin derinliği yani tedavi basıncı endikasyonlara göre değişiklik gösterir. 1 ATA'da solunan %100 oksijen gazı (normobarik oksijen uygulanması) veya insan bedeninin çeşitli lokal bölgelerinin %100 oksijen gazına maruz bırakıldığı topikal oksijen uygulamaları, hiperbarik oksijen tedavisi olarak kabul görmemektedir. Bu yapılan oksijen uygulamalarının, HBOT olarak isimlendirilebilmesi için, en az 1,4 ATA'ya ya da daha fazla basınca gereksinim vardır (79,80).

Hiperbarik oksijen tedavisi, yalnızca tek bir kişinin tedavisinin uygulandığı monoplace (tek kişilik) basınç kabinlerinde (**Şekil 2.3**) ya da aynı seansta birden fazla bireyin tedavisinin sağlandığı multiplace (çok kişilik) basınç kabinlerinde (**Şekil 2.4**) uygulanabilir (81). Monoplace basınç kabinleri %100 oksijen gazı yardımıyla veya hava ile basınçlandırılır. Bu yüzden kişi ya direkt bulunduğu kabindeki havayı alır ya da maske yardımıyla %100 oksijen gazını solur. Multiplace (Çok kişilik) basınç kabinleri aksine sadece hava ile basınçlandırılır ve belirlenen tedavi tablosunda tedavi basınç seviyesine ulaşıldıktan sonra kişiler aralıklı olarak uygun maskeler, başlıklar (hood vb.) ya da endotrakeal tüp yardımıyla yüzde yüz oksijen gazını solurlar.



**Şekil 2.3** Tek kişilik basınç odası



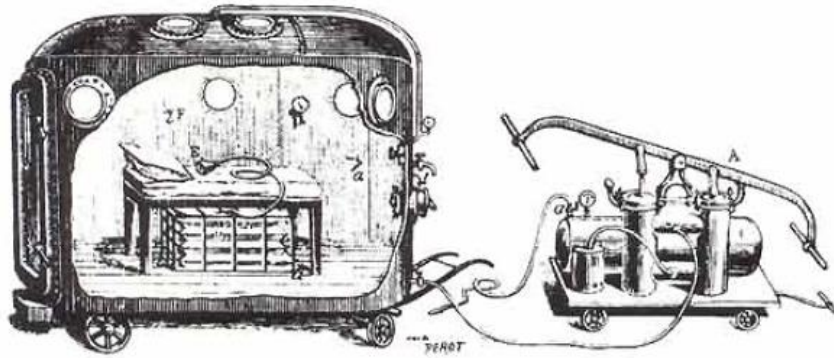
**Şekil 2.4** Çok kişilik basınç odası

### 2.2.2. Tarihçe

HBO tedavisinin geçmişi 17. yüzyıla kadar dayanır. Aslında İngiliz bir rahip olan Henshaw tarafından 1662 senesinde tasarlanan “Domicilium” adlı yapı, ilk basınçlı kabin olarak düşünülebilir. Bu “Domicilium” isimli yapı körük yardımıyla hava transferi yapılarak basınçlandırılmıştır. Bu basınç odasında akut gelişen hastalıklar için basıncın yüksek olarak uygulandığı, kronik olan hastalıklar için basıncın daha düşük olarak uygulandığı tedavi modaliteleri geliştirilip sonuç alınmaya çalışılmıştır (79,82). Bu basınç odalarında hastalar basınç kabini

içerisindeki havayı solumuşlardır. Basınç odalarında oksijenin kullanılması daha sonraki yıllarda gerçekleşmiştir. Oksijen 1775 yılında bir papaz olan Priestly tarafından keşfedilmiştir ve oksijenle ilgili araştırmalar günümüzde dahil devam etmektedir (82,83). 1830'larda bu tedaviye ilgi yeniden canlandı ve Junod, Pravaz ve Tabarie basınç odasındaki hastaların çeşitli hastalıklarına çözüm aradılar (84). 1840'larda Triger, köprülerin yapımında ve onarımında ve su altı tünellerinin yapımında kullanılan, kezon olarak da bilinen basınçlı tünel açma işlerini yaptı. Triger, uzun süre basınçlı tünellerde çalışan işçilerin eklem ağrıları ve merkezi sinir sistemi (MSS) rahatsızlıkları yaşadığını bildirdi. Sonraları bu bulguların dekompresyon hastalığının belirtileri olduğu ortaya konmuştur (85).

Oksijen gazının tıbbi kullanımları yaygınlaşmaya başladığı dönemde, konsantre oksijenin toksik etkileri 1789'da Lavoisier ve Seguin tarafından rapor edildi. 19. yüzyılın ilk yarısında Fransa'dan Junod bir basınç odası kurmuş ve 2-4 ATA'da akciğer ile ilişkili hastalıkları tedavi etmeye çalışmıştır. Ayrıca bu süre zarfında Fransa'nın Lyon kentinde zamanının en büyük basınç odasını inşa eden Pravaz, çeşitli bazı hastalıkların tedavisini sonuçlandırmaya çalıştı. Öte yandan Fransız cerrah Fontaine, 1877'de ilk portatif hiperbarik ameliyathanesini geliştirdi ve buna "cerrahi basınç odası"(Şekil 2.5) adını vermiştir(86).

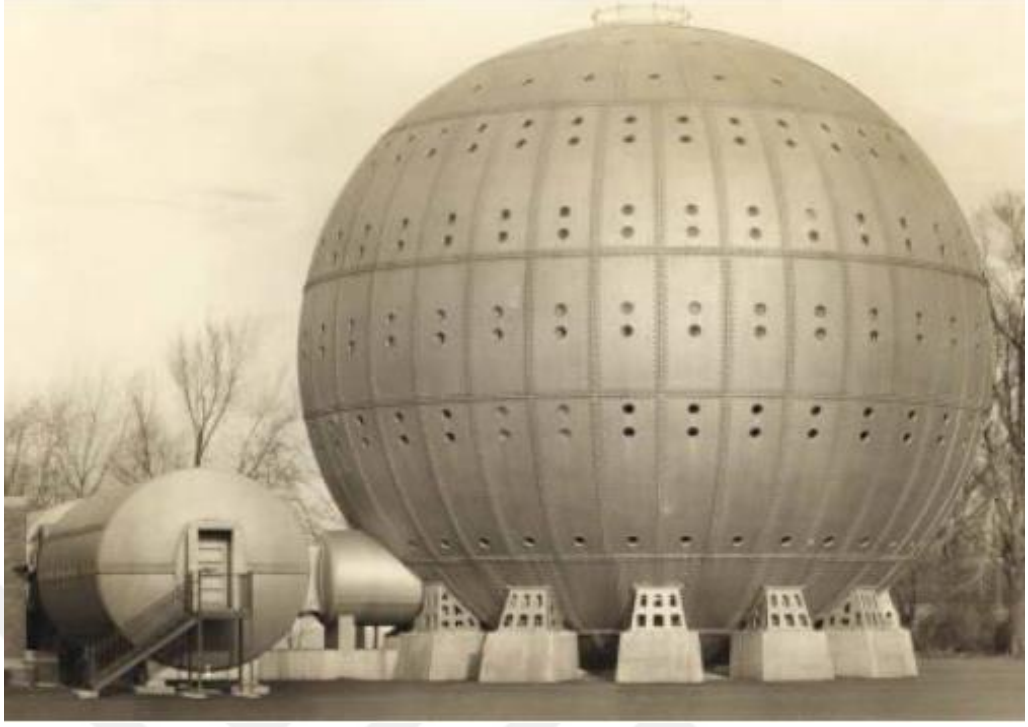


**Şekil 2.5:** Cerrahi taşınabilir basınç odası

Hiperbarik uygulama modalitelerinin temellerinin atılmasında büyük katkıları olan Paul Bert, 1878 senesinde “*La Pression Barométrique: Recherches de Physiologie Experimentale*” adlı kitabı yayınladı. Hiperbarik etkilerin

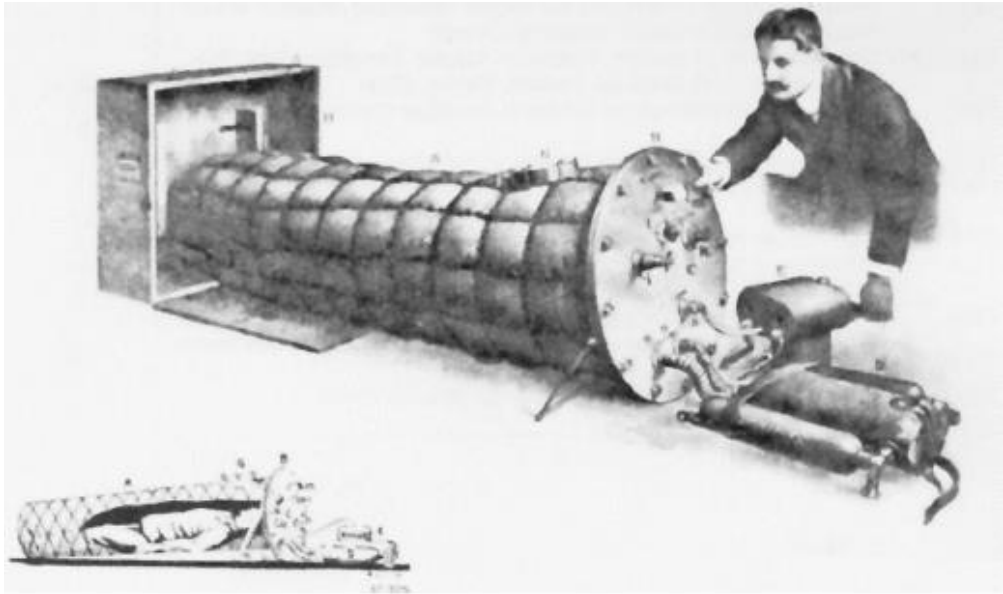
fizyolojisinden, gaz çözünebilmesinin fizyolojik temellerinden, kabarcıkları oluşturan fizyolojik temellerden ve hiperbarik oksijen uygulanmasının sonuçlarından bahsetmiştir. Paul Bert, kezon işçilerinde meydana gelen olaylarda nitrojen molekülünün patofizyolojik rolünü anlatmıştır. Bununla birlikte, basınçlı tünellerde basınç düşürülme aşamalarının aldığı zamanın kısaltılmasıyla nitrojenin atılımının azalacağını ve bu nedenle meydana gelen patolojilerin ve ölümlerin daha fazla görüleceğini söylemiş. Paul Bert bu uygulamanın tam tersi olduğunda ise ölümlerin ve çeşitli patolojilerin önüne geçilebileceğini ifade etmiştir. Tüm bunlara ek olarak dekompresyon hastalığının meydana gelmesinde kan ve dokularda çözünen gaz miktarının değil, serbest hale geçen gaz miktarının patolojilerde temel rol üstlendiğini belirtmiştir. Bu basınçlı tünellerde çalışan işçilerde meydana gelen patolojilerde yeniden basınç altına alınmasının fayda sağladığını gösteren Bert, dekompresyon hastalığı tedavisinde oksijen kullanılmasının fayda vereceğini de söyleyen ilk isimdir. Bilime yaptığı katkılardan dolayı hiperbarik oksijen uygulamalarının SSS( santral sinir sistemi) üzerinde oluşturduğu toksik etkiler, Paul Bert etkisi ismi ile tanımlanmıştır(83).

Bu çalışmalar sonucunda ilk hiperbarik ünite Kuzey Amerika'da inşa edilmiştir. 1887'de Valenzuela, tavşanlar üzerinde hiperbarik oksijeni kullandı(87).Dr.Orville Cunningham basınç odasının çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılabileceğini savundu. Bu düşüncesini Birinci Dünya Savaşı sırasında Amerika Birleşik Devletleri'ni ciddi şekilde etkileyen İspanyol gribine yakalanan hastalarını basınç odasında tedavi altına alarak uygulamaya koydu. Hastaların siyanotik tablosunda gerileme olduğunu ve komaya iyi geldiğini iddia etti. Daha sonra 1928'de 40 hastayı aynı anda basınç odasında tedavi edebileceği beş katlı bir hiperbarik hastane inşa ettirdi (**Şekil 2.6**) (86).



**Şekil 2.6.** Dr. Orville Cunningham'ın Hiperbarik Hastanesi

1917'de Dräger, mevcut dekompresyon hastalığını tedavi etmek için hiperbarik oksijen kullanımını önerdi. Ancak bu yaklaşım 1937'de Benhke ve Shaw tarafından ilk olarak uygulanmış ve dekomprese hastalara HBO tedavisini uygulayarak iyi sonuçlar elde etmişlerdir (Şekil 2.7) (83).



**Şekil 2.7.** Dräger Basınç odası

1930 yılına gelindiğinde ise İngiliz ve ABD donanmaları dekompresyon hastalığını tedavi etmek için, oksijeninde kullanıldığı tedavi tabloları tasarlamaya ve kullanmaya başladı. Almeida ile Costa 1938 yılında hiperbarik oksijeni lepra tedavisinde denemişlerdir. 1942 yılına geldiğimizde ise End ile Long hayvan deneyleri tasarlayarak CO gazına maruz bıraktıkları hayvanları hiperbarik oksijenle tedavi etmeyi başarmışlardır (79). Sharp ile Smith ise 1960 yılında insanlarda meydana gelen CO zehirlenmesinde ilk kez HBO tedavisini başarıyla uygulamışlardır (88).

Yapılan bilimsel çalışmalar neticesinde HBO tedavisi 1950'li yıllardan sonra modern anlamda kullanıma girebilmiştir. Kanser tedavisinde radyoterapinin etkilerini arttırmayı amaçlayan Churchill ve Davidson, hiperbarik oksijen tedavisinin tümörün prognozuna etkisini incelemeye çalışmışlardır (83). Boerema ise 1959 yılında, HBO tedavisini kardiyak cerrahilerde kullanmaya başlamıştır. Araştırmalarına devam eden Boerema, 1960'da hemoglobinin düzeylerinin çok düşük olduğu domuzları basınç kabini içerisinde yaşamlarını sürdürmelerini sağlayarak, "*Life Without Blood*" (Kansız Yaşam) isimli bilimsel makalesini yayınlamıştır (89).

1963'te Amsterdam'da Hiperbarik tıbbın ilk kongre boyutunda organizasyonu Boerema başkanlığında yapılmış ve kongreden sonra da hiperbarik oksijen tedavisine yönelik araştırmalar hız kazanmıştır. Bu süreçte hiperbarik oksijen tedavisi pek çok hastalıkta bilimsel temellerden uzak şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bunun sonucunda HBO tedavi uygulamaları duraksamış hatta kullanımının azalmasına neden olmuştur. Yaşanan bu olumsuzluklar nedeniyle, 1970 yıllarında UHMS (Undersea & Hyperbaric Medical Society) tarafından, hiperbarik oksijen tedavisinin temel ilkeleri ve prensipleri ortaya konmuştur. Ayrıca EUBS (European Underwater and Baromedical Society ) ve ECHM(European Committee for Hyperbaric Medicine, ) tarafından, yapılan güncel bilimsel çalışmalar neticesinde HBOT ile ilgili fikir birliği sağlanarak, HBO'nin tedavi endikasyonları net şekilde ortaya konmuştur (90). 1994 yılında ECHM, hiperbarik oksijen tedavisi için endikasyonları kapsayan ilk konsensüs bildirisini yayınladı.

1976 yılında imzalanan protokol ile İstanbul Tıp Fakültesi bünyesinde Deniz ve Sualtı Hekimliği bölümü kurulmuş olup, 1989'dan itibaren anabilim dalı olarak

faaliyet göstermektedir. 1980 yılından beri GATA (Gülhane Askeri Tıp Akademisi)'nin yardımlarıyla dalış hastalıklarının tedavisinin yanı sıra çeşitli endikasyonlarda hiperbarik oksijen tedavisi uygulamaya konulmuştur. 2002'de Tıpta Uzmanlık Tüzüğü ile Deniz ve Sualtı Hekimliği'nin ismi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı şeklinde olarak şekilde değiştirilmiştir. 1990'dan sonra özel HBO merkezlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte bu tedavi modalitesi daha fazla kişiye ulaşmıştır. HBO tedavisi ile ilgili bilimsel çalışmalar yapıp sonuçları bilim dünyasına kazandırıldıkça, HBO tedavisinin tıp alanında kullanımı net bir şekilde ortaya konulmuştur (27). Günümüzde birçok şehirde basınç odası bulunmakta ( bazı illerde birden fazla), resmi ve özel merkezlerde HBO tedavisi uygulanmaktadır (Şekil 2.8) (79).



Şekil 2.8. Basınç Odası Bulunan İller (91).

### 2.2.3. Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Etki Mekanizmaları

#### I. Fiziksel Temeller

Hiperbarik oksijen tedavisi, oksijenin basıncı artırılmış bir kabinde solunmasına dayanan tıbbi bir tedavi olduğundan, etki mekanizmasını açıklamak ve anlamak için basınç ilişkilerini, basınç, sıcaklık, hacim ve gaz çözünürlüğünü



gösteren gaz yasalarını göz önünde bulundurmak gerekir.

### **a. Boyle Gaz Kanunu**

Sabit sıcaklıkta, belirli bir gaz kütesinin hacmi, basıncıyla ters orantılıdır. Boyle Gaz Kanunu'nun sembolize edildiği formül aşağıda belirtildiği gibidir.

$$P.V = k \text{ (T sabiti) } P: \text{ Basınç } V: \text{ Hacim } k: \text{ Sabit}$$

Bu kanununa göre basınç arttıkça gaz kabarcıklarının hacmi küçülür. Arteriyel gaz embolisi (AGE) ve dekompresyon hastalığı gibi bazı hastalıkların HBO kullanılarak yapılan tedavisi bu yasaya dayanmaktadır. Basınç değişikliklerine bağlı gelişebilen ve hiperbarik oksijen tedavisinin bir yan etkisi olan barotravma da Boyle Gaz Kanunu ile açıklanır (92).

### **b. Charles ve Gay-Lussac Gaz Kanunları**

Basınç değeri sabit tutulduğunda gazların hacimleriyle sıcaklıkları doğru orantılı olarak değişir (J. Charles). Hacmi sabit tutulan bir gazın, basıncıyla sıcaklığı doğru orantılı olarak değişir (L. Gay-Lussac). Bahsedilen bu iki kanun aşağıdaki gibi formülize edilebilir.

$$P1 / T1 = P2 / T2 \text{ (V:sabiti) } P: \text{ Basınç } V: \text{ Hacim } T: \text{ Sıcaklık}$$

Bu yasaya göre, basınç odasında hızlı şekilde yapılacak kompresyon ortam sıcaklığında artışa neden olacaktır. Sıcaklık ile basınç arasındaki fizyolojik ilişki nedeniyle gerek kabin güvenliği gerekse de hasta konforundan dolayı hiperbarik basınç odalarında iklimlendirmenin büyük önemi vardır (93).

### **c. Henry Gaz Kanunu**

Bir sıvıda çözünen gazın konsantrasyonu, sadece basınca değil, aynı zamanda gazın çözünürlük katsayısına da bağlıdır. Henry gaz yasasına göre, çözülmüş bir gazın konsantrasyonu, basınç ve çözünürlük katsayısı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle sabit sıcaklıkta bir sıvıda çözünen gaz miktarı, o gazın kısmi basıncı ile doğru orantılıdır. Çözünürlük katsayısı, sıcaklığa bağlı olarak farklı sıvılar

için farklıdır ve bir gazın çözünürlüğü sıcaklıkla ters orantılı olarak değişir (94).

Normalde oksijenin, %97'lik kısmı hemoglobin molekülüne bağlı olarak, %3'lük kısmı plazmada çözünmüş halde dokulara taşınımı gerçekleşir. Deniz seviyesinde arteriyel oksijen saturasyonu %97,5'tir. 1 gram hemoglobin, 1,34 ml oksijeni bağlayabilir. Sağlıklı bir insanda hemoglobin değeri 15 gr/dl olarak alınır, 100 ml kanda 19,5 ml oksijen taşınabilir. Kapiller seviyede oksijen saturasyonu ise %75 civarındadır. Yani 100 ml kanda taşınan oksijen miktarı 14,5 ml'ye düşer. Dolayısıyla arteriyel sistemden venöz sisteme geçerken 100 ml kan ile yaklaşık 5 ml oksijenin dokulara transferi gerçekleşir. HBOT ile hemoglobin molekülünden bağımsız olarak, plazmada çözünmüş halde bulunan oksijen miktarı artacaktır. 2,8 ATA'da %100 oksijenin solunmasıyla, 100 ml kanda çözünecek oksijen miktarı yaklaşık 6 ml olacaktır. Bu değer, dokuların oksijen ihtiyacını hemoglobinden bağımsız olarak karşılayabilecek değerlerdir (94).

#### **d. Dalton Gaz Kanunu**

Gaz karışımının basıncı, karışımdaki her bir gazın kısmi basınçlarının toplamına eşittir ve aşağıdaki denklem ile gösterilebilir.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

$P_T$ : Gaz karışımının toplam basıncı

$P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$ : Karışımdaki gazların kısmi basınçları toplamı

Atmosfer havasının yaklaşık olarak %21'ini oksijenden, %78'ini nitrojenden, %1'ini ise diğer başka gazlar oluşturmaktadır. Deniz seviyesinde atmosferin uyguladığı basınç 1 kg/cm<sup>2</sup>, 760 mmHg veya 1 ATA'dır. Dalton'un gaz yasasına göre, havadaki oksijenin kısmi basıncı  $21/100 \times 760 \text{ mmHg} = 159.6 \text{ mmHg}$  (yaklaşık 160 mmHg) veya 0.2 ATA olarak hesaplanır. Ortam basıncı iki katına çıktığında, oksijen kısmi basıncı orantılı olarak 320 mmHg veya 0,4 ATA'ya yükselir (94).

## **II. Fizyolojik Etkileri**

Hiperbarik oksijenin etkileri iki gruba ayrılabilir: doğrudan basınçtan

kaynaklananlar ve oksijenin kısmi basıncındaki artıştan kaynaklananlar.

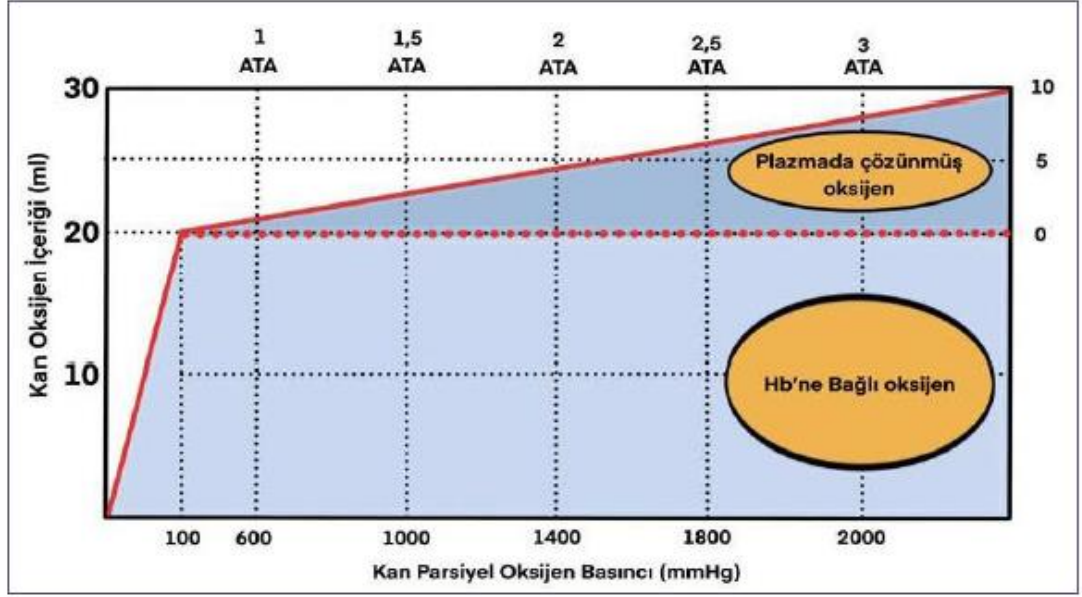
### **a) Basıncın Doğrudan Mekanik Etkileri**

Basıncın hacim ilişkisini ortaya koyan Boyle Gaz Kanunu'na göre basınçta meydana gelen artış gazın hacminin küçülmesine neden olmaktadır. Bu etkisinden dolayı doku ve damar yapılarında çeşitli durumlarda bulunan gaz kabarcıklarının hacminin küçülmesine ve gaz kabarcıklarının yol açtığı çeşitli patolojilerin tedavisinde HBO tedavisi kullanılmaktadır. Bununla birlikte kabarcığın hacminde meydana gelen küçülme yüzey geriliminin artışıyla yol açarak küçülen bu kabarcıkların belli bir çapın altına düştükten sonra kollabe olmasına neden olacaktır. Ayrıca oluşan basınç değişimleri orta kulak boşluğunda, sinüsler gibi kapalı alanlarda, gastrointestinal sistem, solunum sistemi gibi belirli bir gaz hacmi olan ortamlarda basınç etkisiyle barotravmalara neden olabilecektir (95).

### **b. Artan Parsiyel Oksijen Basıncına Bağlı Etkiler**

Hemoglobin genellikle oksijen ile %97 kadar satüre durumdadır. Bu nedenlerle, normobarik şartlarda %100 oksijen solutulması, hemoglobine bağlı olarak bulunan oksijeni belirgin olarak arttırmaz ama plazmada çözünen oksijen düzeyinde hafif bir artışa neden olabilir. Açıklanan bu fizyolojik nedenlerden dolayı doku oksijenasyonunda önemli bir fark oluşmayacaktır. Dokunun oksijenasyonunun daha iyi sağlanabilmesi için plazmada çözünen oksijen miktarını arttırmak gerekir (80).

Henry yasasına göre, atmosfer basıncının artmasıyla oksijenin plazmadaki çözünürlüğü artar ve kanda taşınan oksijenin hacmi artar (Şekil 2.9). Atmosfer havasında bulunduğu 100 ml kanda çözünen oksijen miktarı 1ATA için 0,3 ml ve 2ATA için 0,8 ml iken, %100 oksijen inhalasyonu ile 1ATA için bu değer 2 ml, 2ATA için bu değer 4 ml olacaktır.



**Şekil 2.9.** Basınç ile oksijen çözünürlüğü ilişkisi. Uygulanan basınç arttıkça çözünebilir oksijen miktarı artacaktır ve hemoglobine bağlı olarak bulunan yaklaşık % 20'lik kısmı ise hemen hemen sabit kalacaktır (94).

Plazmadaki çözünen oksijen  $0,003 \text{ hacim/mmHg} \times \text{ppO}_2 \text{ (mmHg)}$  denklemine göre solunan oksijenin kısmi basıncı ile doğru orantılı olacak şekilde artar. Ortam basıncı iki katına çıkarıldığında plazmada çözünen oksijen hacimce %4,6 ( $1520 \text{ mmHg} \times 0,003 \text{ hacim/mmHg}$ ) olacaktır. Bu 3 ATA'ya çıkarılırsa değer %6,8'e yükselecektir ve solunan oksijen basıncındaki her mmHg artışta plazmaya hacimce %0,003 oranında oksijen ekleyecektir (96).

Hiperbarik oksijen tedavisinin etkisi karbonmonoksit zehirlenmesi gibi hemoglobinin oksijen taşımalarının zorlaştığı akut olaylarda da faydalıdır. Kandaki yüksek çözülmüş oksijenin bir sonucu olarak, doku hipoksisi azalır ve toksisite belirtileri azalır. Ayrıca bu etki, derin anemide kan transfüzyonları geciktiğinde veya hipoksi gözlemlendiğinde HBO tedavisinin kullanılabilir olmasını açıklar(80).

Yüksek basınçlı bir ortamda oksijen solunumu gerçekleştiğinde hemoglobinden bağımsız olarak plazmada çözünürlüğü artan oksijen miktarına bağlı olarak meydana gelen etkilerden faydalanılmaktadır. HBO'nun etkisiyle plazmada fazlaca çözünen oksijenin organlar, dokular ve biyokimyasal reaksiyonlar üzerinde birçok etkisi vardır. Gazlı gangrende uygulanacak HBO tedavisi neticesinde alfa

toksin üretimini baskılanır, lökositlerin antimikrobiyal etkinliğinde artış gerçekleşir, kapiller damar duvarında lökosit adezyonunda azalmaya ve hipoksi gerçekleşmeyen alanlardaki damarlarda vazokonstriksiyona yol açabilir. Ayrıca kapiller proliferasyon artışına, fibroblastların çoğalmasına, kollajen sentezinin uyarılmasına, SOD aktivitesinde artışa yol açabilir. CO intoksikasyonunda HBO tedavisi lipid peroksidasyonunu engelleyerek etkili olur. Ayrıca HBO tedavisi osteoklastik aktivite artışına, oküler lensin esnekliğinin azalmasına, sürfaktan sentezinin azalmasına neden olabilir (80).

### **1) Antiödem Etki**

HBOT, adenozin trifosfat (ATP) üretimindeki dengesizliği düzelterek doku ödemi azaltabilir. Ayrıca kısmi oksijen basıncının artması sonucu vazokonstriksiyona neden olur. Ödem bölgesinde artan oksijen içeriği ile vazokonstriksiyon oluşumu ödemin azalmasına yardımcı olur. Vazokonstriksiyon damar geçirgenliğini düzenler ve ödemi azaltır(97). HBO tedavisi doku hipoksisinin neden olduğu kapiller geçirgenliği düzenleyerek, sıvının ekstravasküler kompartmandan geçişini engeller, doku ödemi azaltır ve vasküler kontraksiyona rağmen çözünmüş oksijen parsiyel basıncının artması dolayısıyla doku oksijen ihtiyacı karşılanır (98).

### **2) Kardiyovasküler Etkiler**

Hiperbarik oksijen tedavisinin bir sonucu olarak yüksek oksijen parsiyel basıncına maruz kalmak arteriyel vazokonstriksiyonuna neden olur ve sistemik vasküler direnci artırır. Bunun sonucunda ortaya çıkan vasküler etkiler; nitrik oksit radikallerinin artan oksidasyonuna bağlı damar gevşetici etkilerinin kaybına bağlı, prostaglandinler gibi damarların dilatasyonuna neden olan bileşenlere bağlı ve hiperoksijenin sempatik sinir sistemi stimülasyonu gibi merkezi vasküler düzenleyici mekanizmalarına bağlı meydana gelir.HBO tedavisi artmış parasempatik aktiviteye ve sinüs bradikardisine neden olan vagal aktiviteyi uyandır. Yüksek oksijen fonksiyonunun bu bradikardiyi başlatmanın ve bradikardiyi sürdürmenin ana nedeni olduğu bilinmektedir, ancak artan ortam basıncıyla ilişkili oksijene bağımlı olmayan bradikardiye neden olan başka etmenler de vardır. Bu nedenle, HBOT tedavisi ile

ilişkili bradikardinin hem artan çözünmüş oksijenin hem de artan ortam basıncının sonucu olduğuna inanılmaktadır (99).

HBO tedavisi ile ilişkili kardiyak kontraktilitede hafif bir azalma, bradikardi kalp debisini %10-20 oranında azaltabilir. Tedavi sırasında çoğu hastada kan basıncında değişim olmaz iken bazı hastalarda minimal bir artış olabilmektedir (99).

### **3) Antitoksik Etki**

HBOT, karbon monoksit (CO), siyanür, hidrojen sülfür, karbon tetraklorür ve methemoglobinemiye neden olan çeşitli ilaçlarda ve bazı zehirlenmelerde temel basamak tedavisi veya yardımcı tedavi seçeneği olarak değerlendirilebilir.

CO zehirlenmesinin bir sonucu olarak, hemoglobine bağlanan CO, karboksihemoglobin oluşumuna neden olur ve dokulara oksijen taşınmasına engel olur. Ayrıca hücresel solunum zincirinde sitokrom a<sub>3</sub> oksidaz ve sitokrom P-450'ye bağlanarak hücrelerde hipoksiye neden olur. HBO tedavisi, CO'nun hemoglobinden ayrılmasını destekler ve ayrıca dokunun ihtiyacı olan oksijenin plazmada çözünmesini sağlar. HBO tedavisi, siyanür zehirlenmesinde antidot kullanımına ek olarak denenebilir. Ayrıca HBOT, hepatositlerle kovalent bağlar oluşturan karbon tetraklorürün hepatotoksik etkilerini azaltarak etki gösterir (100).

Hiperbarik oksijenin bir başka antitoksin etkisi, bakteriyel ekzotoksinlerle ilişkilidir. Gazlı gangrene neden olan anaerobik özellikte bir bakteri olan Clostridium türlerinin toksin üretmesi için hipoksik bir ortam gereklidir. Clostridium'un en önemli ekzotoksinlerinden biri olan alfa toksinin üretiminin HBO tedavisi ile tamamen durduğu kanıtlanmıştır (101).

### **4) Antibakteriyel etki**

HBO tedavisi, bakterileri direkt etkileyerek, vücudun savunma sistemlerinin bakterilere tepkisini artırarak veya antibiyotiklerin etkilerini artırarak antibakteriyel aktivite sergiler. HBO tedavisi, antioksidan savunma sisteminden yoksun olan anaerobik bakterilere karşı bakterisidal bir etkiye sahiptir. Tedavi sırasında bakteri DNA ve RNA dizileri artan serbest reaktif oksijen radikallerine karşı yetersiz bir

savunma sistemi nedeniyle zarar görür, metabolik aktivitelerini engeller ve bakterilerin yaşamasını engeller. Polimorfonükleer lökositlerin (PNL'ler), makrofajların antibakteriyel özelliklerini hipoksi etkiler. Oksijen kısmi basıncı 30 mmHg'nin altına düştüğünde, lökositlerin oksijene bağımlı öldürme mekanizması durur. HBO'da bu seviyeyi 30-1200 mmHg'ye çıkarmak, konağın savunma sisteminin etkinliğini artırır (102)

HBO tedavisinin çeşitli antibiyotiklerle sinerjistik veya additif etkileri vardır. Örneğin, aminoglikozidlerin bakteri hücre duvarından geçişi oksijene bağlıdır. Florokinolonlar, vankomisin ve teikoplanin gibi antibiyotiklerin etkinliği de çeşitli mekanizmalarla artırılır (102).

### **5) Yara iyileşmesine etkisi**

Yara iyileşmesi aşamalarını 3 evrede inceleyebiliriz. Bunlar sırasıyla inflamasyon, proliferasyon ve maturasyon evreleridir.

Yara oluşumu ile başlayan inflamatuvar evrede, ilk olarak damar bütünlüğünün bozulduğu fibrin tıkaçları oluşur. Daha sonra, bu bölgede kemotaktik faktörlerin etkisi altında nötrofil göçü meydana gelir. HBO hem oksidatif hem de oksidatif olmayan süreçlerde nötrofil fonksiyonu üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (103).

Proliferatif fazda fibroblastlar ile endotel hücreleri ön plandadır. Bu aşamada doku matrisi oluşumu ve anjiyogenez aynı anda gerçekleşir. Matriksin temel elemanı olan kolajen, anjiyogenez olmadan yapılamaz. Kollajen ayrıca kan damarlarının duvarlarını oluşturan endotel hücrelerinin destek dokusunu oluşturur. Prolin, daha sonra hücreden salınan, kollajenin üçlü sarmal yapısını oluşturmak üzere hidroksillenir. Stabilizasyon için lizinin hidroksilasyonu gereklidir. Bu gerçekleşen reaksiyonlar oksijen bağımlıdır ve en az 30-40 mmHg oksijen kısmi basıncı gerektirir. Bununla birlikte, yara dokusu yetersiz oksijen kaynağı nedeniyle hipoksiktir ve yaradaki kısmi oksijen basıncı 20 mmHg'den azdır (104).

HBO'nun etkisi ile dokularda hiperoksi gerçekleşir ve kolajen üretimi desteklenir. Öte yandan, yaranın hipoksisi anjiyogeneze neden olur. Son aşamada yeniden yapılanma evresinde yani maturasyon evresinde ise, üretilen kollajen son

haline düzenlenir. Kollajen lifler ağ oluşturur ve bağ dokusu güçlendirilir. Bu kolajen lifleri arasında çapraz bağlar oluşturmak için gereken minimum kısmi oksijen basıncının 20-60 mmHg olduğu gösterilmiştir (105). HBO tedavisinin neden olduğu artan oksijenlenme de bu aşamayı etkiler. Bu ana aşamalardan sonra yara epitel dokusu ile kapatılır (re-epitelizasyon). Ek olarak, epitel hücreleri, granülasyon dokusu üzerinde hareketi için oksijene ihtiyaç duyar. Bu etkilerinin dışında HBO ödemi azaltarak ve enfeksiyonla mücadeleyi güçlendirerek yara iyileşmesine de katkı sağlar (106).

Özetleyecek olursak; İyileşmesi gecikmiş yaraların etyolojileri farklı farklı olmakla beraber bu yaralar hiperkalemik, hipoglisemik, hiperkarbik ve hipoksiktir. HBO tedavisi iyileşme sürecinde aksaklık olan yaralarda oksijen bağlı fibroblast proliferasyonunu ve kollajen sentezini uyararak anjiogenezisi destekler. Tüm bunlara ek olarak anjiyogenezis ve yara iyileşme süreçlerini organize eden büyüme faktörlerini, özellikle vasküler endotelial büyüme faktörünü (VEGF) uyarır. HBO tedavisi antimikrobiyal aktiviteye gösterir. Sistemik vazokonstriksiyon sonucu ödem azalır. Bunun sonucunda oksijenin, glukozun dokulardan daha iyi diffüze olmasına neden olurken, çevre dokular ile damarlar üzerindeki basıncı azaltır. Ayrıca hücre içi oksijen bağımlı lökosit öldürme mekanizmalarını olumlu yönde etkileyerek yara iyileşmesini hızlandırır (107).

#### **2.2.4. Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Endikasyonları**

HBO tedavisi bazı ülkelerde yaygın bir tedavidir, ancak endikasyon çeşitliliği ülkeden ülkeye değişmektedir. Ülkemizde hiperbarik oksijen tedavisi için endikasyonlar Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenmekte ve Sağlık Uygulama Tebliği (SUT) uyarınca Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından geri ödemeler yapılmaktadır. HBOT endikasyon listesi T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından 1 Ağustos 2001 tarihinde 24480 Sayılı Resmî gazetede yayınlanmış ve EK-5 ile Hiperbarik Oksijen Tedavisi Yapan Özel Sağlık Kuruluşları Hakkında Yönetmelik yürürlüğe girmiştir (Tablo 2.8). 2013'teki birkaç değişiklik sonucunda SUT faturalandırma çizelgesine bu endikasyonlar listesinde olmayan avasküler nekroz eklendi ve aşırı kan kaybını SUT faturalandırma programından çıkarıldı.



**Tablo 2.8.** Sağlık Bakanlığı Tarafından Belirlenen HBO Tedavisi Endikasyon Listesi

1. Dekompresyon hastalığı
2. Hava veya gaz embolisi
3. Karbonmonoksit, siyanid zehirlenmesi, akut duman inhalasyonu
4. Gazlı gangren
5. Yumuşak dokunun nekrotizan enfeksiyonları (derialtı, kas, fasya)
6. Crush yaralanmaları, kompartıman sendromu ve diğer akut travmatik iskemiler
7. Yara iyileşmesinin geciktiği durumlar (diyabetik ve non-diyabetik)
8. Kronik refrakter osteomyelit
9. Aşırı kan kaybı
10. Radyasyon nekrozları
11. Tutması şüpheli deri flepleri ve greftleri
12. Termal yanıklar
13. Beyin absesi
14. Anoksik ansefolapati
15. Ani işitme kaybı
16. Retinal arter oklüzyonu
17. Kafa kemikleri, sternum ve vertebraların akut osteomyelitleri

HBO tedavisinin etkisinin olduğu çeşitli birçok hastalık olmakla birlikte, HBO tedavisi endikasyonları çeşitli organizasyonlar veya tıbbi kurumlar tarafından belirlenmiştir ve zaman zaman bu endikasyon listeleri güncellenmektedir. 2019 yılında, Sualtı ve Hiperbarik Tıp Birliği (Undersea and Hyperbaric Medicine-UHMS) Hiperbarik Oksijen Tedavisi için mevcut endikasyon listesinin 14.baskısını yayınladı. **Tablo 2.9'** da bu listeye yer verilmiştir.

**Tablo 2.9.** UHMS, HBO Tedavi Endikasyon Listesi (2019)

1. Hava veya gaz embolisi
2. Dekompresyon hastalığı
3. Arteriyel yetmezlikler
  - a. Santral retinal arter oklüzyonu
  - b. Seçilmiş problemliler
4. Karbonmonoksit zehirlenmesi
5. Klostridial miyonekroz (gazlı gangren)
6. Tutması riskli greftler ve flepler
7. Akut travmatik iskemiler
8. Nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonları
9. Ani sensorinöral işitme kaybı
10. İntrakraniyal apse
11. Refrakter Osteomyelit
12. Aşırı kan kaybı (ağır anemi)
13. Gecikmiş radyasyon hasarı (yumuşak doku ve kemik nekrozu)
14. Akut termal yanıklar

Tablo 2.10,Avrupa Hiperbarik Tıp Komitesi (European Committee of Hyperbaric Medicine-ECHM ) tarafından Nisan 2016’da ayında düzenlenen Avrupa Hiperbarik Tıp Konsensus Konferansı’nda yürütülen bir dizi araştırmalar sonucunda bilimsel komiteler tarafından tasarlanıp onaylanan HBO tedavisi endikasyonlarının bir listesini göstermektedir(108). Kanıtı dayalı tıbbın bu fikir birliği metodolojisine göre, klinik endikasyonlar kanıt düzeyinden, kanıtın yorumlanmasından ve önerilen uygulamanın gücünden oluşuyordu. Tıbbi uygulama ise önerilen dereceye bağlı olarak üç düzeyde değerlendirildi. Kuvvetle önerilen, önerilen ve opsiyonel olmak üzere 3 grupta incelenmiştir. Bu fikir birliğine göre, kanıtlar A'dan F'ye kadar olan harfleri kullanan bir derecelendirme sistemi ile ayrılır. Derece A = yüksek düzeyde kanıt, derece B = orta düzeyde kanıt ve derece C = düşük düzeyde kanıt endikasyon olarak kabul edilir. Derece D kanıt düzeyi çok düşük olan bir gruptur ve yalnızca kontrolsüz çalışmalarla desteklenir. Derece E, yararları kanıtlanmamış hastalıklar bu gruba aittir ve Derece F olarak adlandırılan ve HBOT kullanımına ilişkin hiçbir kanıt gösterilemeyen çalışmalar endikasyonlar listesinde yer almamaktadır (**Tablo 2.11 ve Tablo 2.12**).

**Tablo 2.10** ECHM Tarafından Önerilen Kabul Edilmiş HBOT Endikasyon Listesi (108).

	Kanıt seviyesi		
	A	B	C
<b>Tip 1 (Kuvvetli öneri düzeyi)</b>			
Karbonmonoksit zehirlenmesi		X	
Crush yaralanması olan açık kırıklar		X	
Diş çekimi sonrası osteoradyonekrozun önlenmesi		X	
Osteoradyonekroz (mandibula)		X	
Yumuşak doku radyonekrozları (sistit, proktit)		X	
Dekompresyon hastalığı			X
Gaz embolisi			X
Anaerobik veya miks bakteriyel enfeksiyonlar			X
Ani işitme kaybı		X	
<b>Tip 2 (Öneri düzeyi)</b>			
Dişabetik ayak lezyonları		X	
Femur başı nekrozu		X	
Riskli deri greftleri ve muskulokutan flepler			X
Santral retinal arter tıkanıklığı (CRAO)			X
Kırığın olmadığı crush yaralanması			X
Osteoradyonekroz (mandibula haricindeki kemikler)			X
Radyasyon kaynaklı yumuşak doku lezyonları			X
Radyasyon uygulanmış dokularda cerrahi ve implantasyon (önleyici tedavi)			X
İskemik ülserler			X
Refrakter kronik osteomyelit			X
Yüzey alanı %20'den fazla olan 2. Derece yanıklar			X
Pnömatosis sistoides intestinalis			X
Nöroblastom, evre 4			X
<b>Tip 3 (Opsiyonel)</b>			
Beyin yaralanması (akut ve kronik travmatik beyin hasarı, post anoksik ensefalopati, kronik inme)			X
Larinksin radyasyon kaynaklı lezyonları			X
Radyasyon kaynaklı santral sinir sistemi lezyonları			X
Vasküler girişim sonrası reperfüzyon hasarı			X
Ekstremitte replantasyonu			X
Sistemik süreçlere sekonder iyileşmeyen yaralar			X
Orak hücreli anemi			X
İnterstisyel sistit			X

**Tablo 2.11.** ECHM Tarafından Önerilen Kabul Edilmemiş HBOT Endikasyon Listesi (108).

	D	E	F
Sternotomi sonrası gelişen mediastinit	X		
Malign otitis eksterna	X		
Akut miyokard enfarktüsü	X		
Retinitis pigmentoza	X		
Fasiyal (Bell) paralizi	X		

**Tablo 2.12.** ECHM Tarafından Uygulanmaması Önerilen HBOT Endikasyon Listesi (108).

	A	B	C
Otizm spektrum bozukluğu		X	
Plasental yetmezlik			X
Multiple skleroz		X	
Serebral palsi		X	
Tinnitus		X	
İnmenin akut fazı			X

### 2.2.5. HBO Tedavisi ve Hiperbarik Ortamda Bulunmanın Komplikasyonları ve Yan Etkileri

HBO tedavisi, oksidatif stresin yanı sıra artan basınç ve parsiyel oksijen basıncındaki artışa bağlı hiperoksi nedeniyle yan etkilere neden olabilir. Boyle Gaz Yasasına göre ortam basıncı değiştiğinde, basınç arttıkça gazın hacmi değişir. Bu yasaya göre orta kulakta, sinüslerde ve dişlerde ve amfizematöz değişimlere bağlı akciğerlerde olmak üzere vücudun tüm boşluklarında hacim değişiklikleri meydana gelir (109). HBO tedavisinin en yaygın yan etkisi, basınç odasının tedavi derinliğine kompresyonu sırasında kulak eşitlemesinde yaşanacak problemler dolayısıyla meydana gelecek orta kulak barotravmasıdır. Basınç değişiminde orta kulaktaki havayı dengelemek için orta kulağın nazofarenks ile bağlantısını sağlayan östaki borusunun açık ve çalışır durumda olması gerekir. Kompresyon sırasında, basınç odasına göre daha düşük kalan orta kulak basıncı, negatif basınç etkisinden dolayı östaki borusunu kapatabilir. Kompresyon devam ederse ve östaki borusu açılmaz ise orta kulak mukozal yapılarında ödem, kılcal damarlarda genişleme ve orta kulak boşluğuna sıvı sızması meydana gelir. Kompresyona devam edilip müdahale edilmezse hastanın kulak ağrısı artarak devam eder. Basınç artışı devam ederse sırasıyla orta kulakta mevcut kan damarlarının hasarı sonucu hemotimpanium ve bu basınç artışının devamı gerçekleşirse timpanik membranda perforasyon dahi gelişebilir. Çok sık olmasa bile, hastanın kontrolsüz ardışık ve güçlü yapılan valsalva manevrası sonucunda yuvarlak ve oval pencere hasara uğrayabilir. Bu yapılarda hasara bağlı meydana gelebilecek rüptür, iç kulak fonksiyonunun bozulmasına, baş dönmesine ve sensörinöral işitme kaybına neden olabilir (110).

Üst solunum yolu enfeksiyonları gibi durumlarda, sinüslerin ventilasyonunu sınırlayan osteomlar varlığında kemik açıklıklarının kompresyon fazında oluşan negatif basınç gradyanından kapanmasından dolayı sinüs barotravması oluşur. Sinüs barotravması en çok frontal sinüste görülür. Mukozal ödemden dolayı sinüslerde kapalı bir boşluk gerçekleşir ise dekompresyon sırasında bu kapalı alandaki havanın hacmi artacağından ağrıya neden olabilir. Atmosfer basıncındaki değişikliklerden kaynaklanabilecek bir diğer durum da dişlerin barotravmasıdır. Diş dolgusunun altına sıkışabilecek kabarcıklar, dekompresyon aşamasında sırasında genişleyebilir ve maksiller sinüsteki nosireseptörleri uyararak dişlerde ağrı ve kırıklara neden olabilir. Bu meydana gelebilecek dental barotravma gerek dalgıçlarda gerekse de basınç odasına giren hastalarda meydana gelebileceği unutulmamalıdır (109).

HBO uygulamasında tedavi derinliğinden mevcut ortam basıncına geçerken akciğerlerde sıkışan gazın genişlemesi sonucu pulmoner barotravma meydana gelişebilir. Özellikle kişinin dekompresyon aşamasında nefesini tutması neticesinde epiglottis ile akciğerler arasında kapalı alan meydana gelir bu da çeşitli yapılara hasar verir. Pulmoner venlere gaz akışı, solunum ve vasküler dokuya aynı anda verilen hasarın bir sonucu olarak ortaya çıkabilir (111). Akciğerde hava hapsine yol açabilecek patolojileri olmayan ve basınç değişimlerinde normal nefes alıp vermeyi sağlayan bireyler akciğer barotravması yaşaması olasılığı azdır. Bireyde var olan astım, KOAH gibi hava hapsine yol açacak patolojiler neticesinde akciğer barotravması riski artacaktır. Mediastinal amfizem, subkutan amfizem, intrapulmoner kanama, pnömotoraks veya tansiyon pnömotoraks, tedavinin dekompresyon fazı sırasında artan havalanma artışı nedeniyle akciğer parankiminin hasar görmesinden kaynaklanabilir. Mediastinal amfizem ile intrapulmoner kanama genellikle kendi kendini sınırlar ve oksijenasyon uygulamasını içeren konservatif tedaviler bu sorunu çözmek için yeterli olacaktır. Ancak pnömotoraks, özellikle basınç odasının dekompresyonu sırasında basit pnömotorakstan hayatı tehdit eden tansiyon pnömotoraksa kadar ilerleyebilir. Basınç odasında oluşabilecek komplikasyonlardan biri olan tansiyon pnömotoraks, zamanında tedavi edilmezse dolaşım kollapsına ve ölüme neden olabilir (109).

Hiperbarik oksijen tedavisinin dikkat edilmesi gereken bir diğer

komplikasyonu oksijen toksisitesidir. Klinik uygulamalar için oksijenin merkezi sinir sistemi, solunum sistemi ve görme üzerinde etkileri vardır. Oksijen toksisitesinin gerçekleşmesinde kişinin oksijen toleransı gibi değişik faktörler vardır. Yüksek oksijen basıncı, premetürelde prematüre retinopatisine, konvülziyonlara ve yetişkinlerde ise yine konvülziyonlara, miyopi gibi görme bozukluklarına ayrıca çok uzun süreler HBO uygulanması sonucunda katarakt ile ilişkili görsel semptomlara yol açabilmektedir. Atmosferdeki oksijenin kısmi basıncı yaklaşık 0.2 ATA'dır. Merkezi sinir sisteminde toksik etkilerin gelişme eşiği 1.5 ATA iken, akciğerler için eşik değer 0.55 ATA'dır. Oksijen toksisitesinin en yaygın belirtileri şunlardır: Yüz kaslarında meydana gelen kasılma, huzursuzluk hissi, aşırı terleme, diğer kaslarda kramplar, bulantı, kusma, uyuşukluk, baş dönmesi, kulak çınlaması, görme alanında azalma (tünel görüşü), hıçkırık, özellikle parmaklarda parestezi, halüsinasyonlar ve konfüzyon. Hiperbarik basınç odasındaki hastalar dikkatle izlenmelidir çünkü oksijen toksisitesi gerçekleştiğinde her zaman bu sıra ile olmasa da yüz çevresinde ağız burun etrafındaki kaslarda kas spazmları başlar sonra da bu tablo konvülziyona kadar gidebilir. Bu lokal kas spazmları oksijen toksisitesinin öncü lezyonu olabilir(112).

Hiperbarik oksijene maruz kaldıktan sonra geri dönüşü olmayan lens opaklaşması ile karakterize katarakt oluşumu, 100 seanstan fazla uzun süreli maruziyetten sonra gerçekleşen bir komplikasyondur. Günümüzde HBO endikasyon, tedavi şema ve sayıları net olarak ortaya konduğundan dolayı bu problemle çok sık karşılaşmamaktayız. Miyopik değişiklikler, muhtemelen lensin kristal yapısındaki değişikliklerden dolayı meydana gelir, bu miyopik değişiklikler genellikle birkaç hafta sonra geri döner ancak bu durumun düzelmesi daha uzun sürelerde gerektirebilir(84). Tedavinin etki mekanizmalarının yol açabileceği komplikasyonların yanında tedavi kapalı bir ortamda gerçekleştirildiği için klostrifobik sorunların alevlenebileceğini unutmamak gerekmektedir.

Yüksek basınca bağlı işitme kaybını 1800'de Lester ve Gomez, New York and Brooklyn Bridge (New East River Bridge)'de çalışan kezon işçilerinin işitmeleri üzerinde basınç artışının etkilerini ortaya koymaya çalışmışlardır. İşitmenin hem hava yolu ölçümlerinde hem kemik yolu ölçümlerinde basınç artışı ile doğru orantılı olarak düşüğünü belirtmişlerdir (113). Köprü inşaatında çalışırken basınçlı havaya

maruz kalan işçilerin, işitme fonksiyonlarında kayıp olduğu gözlenmiştir. Bu durum 1913'te Boot tarafından "Kezon İşçisi Sağırlığı" olarak isimlendirilmiştir (114).

Armstrong ve Heim'in 1937'de yaptığı bir çalışma da kulak zarı üzerindeki artan veya azalan basıncın reversible iletim tipi işitme kaybına neden olduğu bildirmiştir (115). 1941 yılında ise Dishoeck yaptığı çalışmalarda benzer sonuçlar elde ederek, diğer yapılan çalışma verilerini doğrulamıştır (116).

İkinci Dünya Savaşı'nda artan askeri dalış ve yüksek irtifa uçuşlarında değişen fizyolojik durumlar askeri personelde çeşitli sağlık sorunlara yol açtı. Yapılan çalışmalarda meydana gelen bu değişikliklerin işitme üzerine etkileri incelendi. Fakat bu döneme ait çalışma verileri birbiriyle çelişmektedir. Çalışmaların bir kısmı işitme kaybının düşük frekanslarda daha da belirgin olduğunu söylerken diğer bir kısmına göre ise yüksek frekanslarda daha belirgin kayıp olduğunu ifade etmişlerdir (27).

1966'da Fluor ve Adolphson, 26 deneyimli dalgıçta artan ortam basıncının işitme üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışma yaptılar. Normal atmosfer basıncında ve 4, 7, 10 ve 11 ATA hiperbarik şartlarda yapılan odyogram incelemelerinde hava yolunda, artan basınç değişimiyle orantılı 30 ila 40 dB'lik bir eşik artışı meydana geldiğini, kemik yolunda ise değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Bazı araştırmacılar ise artan ortam basıncına bağlı olarak, orta kulaktan geçen sesin iletiminde düşüşe yol açtığını söylemişlerdir (117,118).

Brady 1976 yılında Amerikan Donanma dalgıçlarının işitme testlerini incelemiş ve sonuçlarını yayınlamıştır. İşitme üzerine etkisi olduğunu düşündükleri dört önemli değişkeni; dalış yapılan süre, barotravma öyküsü, gürültüye maruziyet ile kullanılan dalış ekipmanı olarak belirtmişlerdir. Sonuçlar bu parametrelerin işitme fonksiyonları üzerine etkisinin düşük olduğunu göstermiştir. Bu elde edilen sonuçlar ile dalgıç olmayan popülasyonla karşılaştırıldığında da anlamlı fark bulunamamıştır (114).

Bu çalışmaların çoğu geçmişte dalgıçlar üzerinde yapılmıştır. HBO tedavisi, maruz kalınan basınç açısından bir dalış aktivitesi türü olarak düşünülse de tedavi

sırasında kullanılan protokoller her zaman belirli sınırlar içindedir ve ani basınç artışı veya düşüşü yaşanmamaktadır. HBO tedavisinin gelişim süreci boyunca işitme kaybı konusu ara sıra gündemimizde yer etse de üzerinde çok fazla durulmamaktadır. Bununla birlikte eski dönemdeki çalışmaların yapıldığı basınç odaları ve uygulanan tedavi tabloları, basınç odalarında susturucuların olmaması, daha derine ve hızla yapılan kompresyon aşamaları gibi durumlar gürültülü bir ortama neden olduğundan dolayı işitme üzerine problemlerin yaşanabileceğini düşündürmüştür.

### 2.2.6. HBO Tedavisinin Kontrendikasyonları

HBO tedavisinin kontrendikasyonları kesin ve göreceli olarak iki grupta incelenebilir. Günümüzde HBO tedavisinin bir tek mutlak kontrendikasyonu vardır, bu da müdahale edilmemiş aktif pnömotorakstır. Dekompresyon sırasında, kapalı bir alandaki basınç değişiklikleri ölümcül olabilen tansiyon pnömotoraksa neden olabilir. Aktif pnömotoraksı mevcut olan bir hasta için HBO tedavisine karar verildiyse mutlaka tedaviden önce pnömotoraksa müdahale edilip tedavisi sağlanmalı ve sıkı gözlem altında tedaviye alınmalıdır. Göreceli kontrendikasyonlarda (Tablo 2.13) hiperbarik oksijen tedavisi kullanma kararı sualtı hekimi tarafından tedavinin yararları ve oluşabilecek riskler göz önünde bulundurularak verilmelidir (119).

**Tablo 2.13.** Hiperbarik oksijen tedavisinde kesin ve göreceli kontrendikasyonlar

1. Üst solunum yolu enfeksiyonu
2. Obstrüktif akciğer hastalıkları
3. Grafide asemptomatik akciğer lezyonu, hava hapsine yol açabilecek bül-blep gibi lezyonlar
4. Göğüs ya da kulak cerrahisi öyküsü
5. Kontrolsüz yüksek ateş
6. Hamilelik
7. Kloströfobi
8. Nöbet geçirme

Bu listede bulunmayan herediter sferositoz, KKY (konjestif kalp yetmezliği), spontan pnömotoraks bazı hastalıkların da rölatif kontrendikasyon teşkil ettiği düşünülür. Bu durumlarda hastanın HBO tedavisine alınması gerekli uzman tarafından düşünülüyorsa, meydana gelebilecek komplikasyonlara yönelik önlemler alınmalı, çok kişilik basınç kabini tedavisi sağlanmalıdır (120).



### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, T.C Sağlık Bilimleri Üniversitesi (SBÜ) Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi (GEAH) Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'nun 17.06.2021 tarihinde yapılan toplantısında 2021/286 proje/karar sayısı ile etik açıdan uygun bulunmuştur.

Ölçümler, tüm Türkiye'de aktif olarak çalışan özel hiperbarik tıp merkezleri ve kliniklerdeki basınç odalarında, HBO tedavisi sırasında, kompresyon fazının tümünü alacak şekilde, tedavi derinliğinde ventilasyon açık durumdayken ve kapalı durumdayken olmak üzere beşer dakikalık sürelerle ve dekompresyon fazı boyunca ölçüm yapılmıştır.

Ölçümler yapılmadan önce basınç odasının çalışabilir durumda olduğu teyit edilip, merkezlerdeki hekimlerin çalışma programlarına göre gerekli notlar alınıp buna göre bir ölçüm takvimi belirlenmiştir. Ayrıca ölçüm tarihi, örnekleme yöntemi kullanılmadan rastgele yöntemle belirlenmiştir.

Ölçümler Kasım 2021 ile Aralık 2021 arasında yapılmıştır. Basınç odalarının bulunduğu alandaki ölçümler ilgili klinik veya merkezin çalışma takvim ve saatine göre gerek hafta içi gerekse de hafta sonu günün değişik zaman dilimlerinde yapılmıştır.

Tüm ölçümler "Bruel & Kjaer Sound Level Meter Type 2240" cihazı ve cihazın kalibrasyonunu sağlayan "Sound Level Calibrator Type 4231" cihazı kullanılarak yapıldı. Kullanılan cihaz, IEC 61672-1 standardında tanımlanan verilere göre ölçüm yapabilen ortalama alan CLASS1-entegre edici ses ölçerdir. Kullandığımız cihaz "30 ile 140" dB aralığında ve 20 Hz-16 kHz frekans aralığında ölçüm yapabilmekte olup, çalışma aralığı -10°C ile 50°C çalışma aralığına sahiptir. Ölçüm için kullanılan cihaz iki adet 1.5 volt LR6/AA alkalın pil ile 16 saat kesintisiz çalışabilmektedir. Cihaz 245 gram ağırlığındadır ve ölçüm alanına transferi, kullanımı sorun teşkil etmemektedir.

Çalışma da ölçümler basınç odası dışarısında kenarlardan en az 1 metre

uzaklıkta, tedavi esnasında oturmakta olan operatörün kulak hizası seviyesinden mikrofon zemine dik olarak konumlandırılacak şekilde yapılmıştır. Ölçüm süreci kompresyon-dekompresyon aşamalarının tümünü kapsayacak şekilde, tedavi derinliğinde ventilasyon açıkken ve kapalıyken 5 dakika boyunca bir örneklem alacak şekilde elde edilen verilerin kaydedilmesi yoluyla yapılmıştır. Çalışmaya dahil edilen kişilerin periyodik sağlık muayenelerinde istenen mevcut odyogramları ile değerlendirileceğinden mevcut çalışanların odyogramlarının bir örneği alınmıştır. Hiperbarik oksijen tedavilerinin yapıldığı kliniklerde görev almadan önce işitme kaybı tanısı alan personel çalışmaya dahil edilmedi. HBO kliniklerinde ayrıca yeni çalışmaya başlayan iç yardımcı ve operatörlerde çalışmaya dahil edilmedi. Aktif olarak çalışan merkezlerde yeni işe başlayan veya bir yılını tamamlanmamış olan personel çalışma dışı bırakıldı.

İstatistiksel analiz SPSS versiyon 25.0 programı kullanılarak yapıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu histogram grafikleri ve Kolmogorov-Smirnov testi ile incelendi. Tanımlayıcı analizler sunulurken ortalama, standart sapma, ortanca değerler kullanılmıştır. İki grup arasındaki parametrik olmayan değişkenleri değerlendirmek için Mann-Whitney U testi kullanıldı. Ölçülen değerlerdeki değişim grup içinde değerlendirilirken Wilcoxon Testi, gruplar arasında değerlendirilirken Tekrarlayan ölçümler Analizi kullanıldı. P değeri 0,05'in altında olan veriler istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## 4. BULGULAR

Hiperbarik oksijen tedavisi uygulanan merkezlerdeki basınç odalarının çalışması sırasındaki gürültü düzeyinin tespiti amacıyla basınç odası dışında yapılan ölçüm sonuçlarında ait veriler **Tablo 4.1**'de gösterilmektedir.

**Tablo 4.1.** Basınç odalarının operasyonu esnasında meydana gelen ses şiddetleri

1.MERKEZ	KOMPRESYON (dB)	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI(dB)	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK (dB)	DEKOMPRESYON (dB)
Leq	69,2	62,6	72,7	72,2
Lmax	85,2	82,6	88,3	89,1
Lcpeak	114,5	97,9	102,8	103,6
Kalibrasyon	94	94	94	94
2.MERKEZ	KOMPRESYON	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK	DEKOMPRESYON
Leq	76,8	60,7	79,6	72,2
Lmax	82,2	73,5	82,5	89,1
Lcpeak	98,6	90,0	97,6	103,6
Kalibrasyon	94	94	94	94
3.MERKEZ	KOMPRESYON	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK	DEKOMPRESYON
Leq	68,9	66,8	71,0	67,6
Lmax	82,2	78,0	85,6	81,6
Lcpeak	95,4	94,6	97,4	96,9
Kalibrasyon	94	94	94	94
4.MERKEZ	KOMPRESYON	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK	DEKOMPRESYON
Leq	74,6	65,1	74,5	67,8
Lmax	95,4	78,2	80,3	81,1
Lcpeak	107,6	93,1	95,0	95,9
Kalibrasyon	94	94	94	94
5.MERKEZ	KOMPRESYON	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK	DEKOMPRESYON
Leq	69,1	64,5	67,8	66,5
Lmax	89,3	82,4	76,6	88,0
Lcpeak	102,2	94,6	91,3	99,4
Kalibrasyon	94	94	94	94
6.MERKEZ	KOMPRESYON	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK	DEKOMPRESYON
Leq	70,8	59,9	71,5	67,4
Lmax	80,7	76,2	80,2	85,5
Lcpeak	94,6	88,1	92,9	114,5
Kalibrasyon	94	94	94	94
7.MERKEZ	KOMPRESYON	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK	DEKOMPRESYON
Leq	73,3	64,8	78,2	70,4
Lmax	86,0	81,6	89,9	84,3
Lcpeak	99,2	94,4	102,7	97,7
Kalibrasyon	94	94	94	94

**Tablo 4.1. (Devamı)**

<b>8. MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	73,5	66,8	78,7	71,7
Lmax	84,3	84,3	89,3	83,3
Lcpeak	100,6	99,0	108,4	98,7
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>9. MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	69,5	64,4	67,8	68,1
Lmax	80,3	77,6	81,6	82,2
Lcpeak	94,8	98,4	101,6	98,3
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>10. MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	77,5	63,6	74,4	74,8
Lmax	88,0	77,8	84,3	85,0
Lcpeak	100,6	91,7	96,9	103,2
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>11. MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	72,8	65,6	78,2	70,5
Lmax	86,8	89,1	82,8	87,5
Lcpeak	105,1	101,9	95,9	99,6
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>12. MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	70,8	62,8	75,3	68,9
Lmax	92,1	77,8	82,5	83,4
Lcpeak	103,8	91,7	95,9	99,6
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>13. MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	73,8	69,7	73,2	70,7
Lmax	82,8	81,0	87,3	84,0
Lcpeak	95,9	94,6	99,9	98,5
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>14. MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	78,4	70,0	81,9	68,9
Lmax	85,5	85,8	89,6	86,8
Lcpeak	99,6	99,8	100,9	98,4
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>15. MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	71,1	66,6	76,8	71,0
Lmax	80,4	77,6	82,2	83,1
Lcpeak	97,0	95,9	98,3	98,9
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>16. MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	63,8	61,1	63,3	66,9
Lmax	79,9	71,2	81,7	80,3
Lcpeak	101,6	86,5	102,4	101,7
Kalibrasyon	94	94	94	94

**Tablo 4.1. (Devamı)**

<b>17.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	75,4	71,7	73,9	69,4
Lmax	88,1	86,4	87,9	85,3
Lcpeak	101,3	99,5	101,3	103,8
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>18.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	72,1	51,7	75,6	68,0
Lmax	85,7	66,3	76,9	80,2
Lcpeak	99,9	85,5	89,2	94,4
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>19.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	72,0	51,9	70,0	66,2
Lmax	82,3	68,2	82,4	85,6
Lcpeak	95,2	85,3	94,9	104,3
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>20.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	68,7	49,3	66,2	66,8
Lmax	82,7	60,7	83,5	87,8
Lcpeak	94,2	90,6	94,7	98,9
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>21.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	68,5	53,4	65,7	65,2
Lmax	86,0	66,8	80,4	85,2
Lcpeak	99,1	87,2	95,6	114,5
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>22.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	73,2	61,1	74,6	63,1
Lmax	91,2	84,0	76,7	82,7
Lcpeak	97,9	94,7	89,7	92,3
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>23.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	74,2	53,2	76,8	69,5
Lmax	84,6	69,1	78,5	85,0
Lcpeak	98,1	96,6	109,5	107,2
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>24.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	67,5	52,9	74,4	70,3
Lmax	75,2	70,2	75,8	89,1
Lcpeak	92,0	82,1	89,5	100,0
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>25.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	63,5	56,4	72,3	61,4
Lmax	74,8	74,4	78,4	73,3
Lcpeak	89,9	87,7	87,8	98,5
Kalibrasyon	94	94	94	94

**Tablo 4.1. (Devamı)**

<b>26.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	73,4	61,5	76,6	71,3
Lmax	89,3	75,6	79,9	82,1
Lcpeak	98,7	93,4	94,5	95,2
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>27.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	75,3	45,9	64,5	62,7
Lmax	79,3	60,9	67,8	73,7
Lcpeak	93,8	87,5	83,8	93,9
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>28.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	75,6	57,5	74,4	66,1
Lmax	89,0	80,9	86,7	81,7
Lcpeak	96,2	90,2	98,1	89,8
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>29.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	67,1	52,7	65,6	65,6
Lmax	84,1	73,1	72,5	78,7
Lcpeak	103,3	98,0	91,7	94,0
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>30.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	80,4	52,7	78,9	74,1
Lmax	86,4	68,1	81,4	78,1
Lcpeak	102,5	92,6	94,4	91,4
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>31.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	65,7	56,5	68,1	66,8
Lmax	87,5	72,7	76,9	77,4
Lcpeak	101,5	91,2	94,5	94,9
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>32.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	68,8	43	68,9	65,4
Lmax	73,9	51,8	71,5	77,9
Lcpeak	88,9	80,9	86,7	89,3
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>33.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	73,4	56,2	63,7	66,6
Lmax	86,7	75,4	74,4	86,9
Lcpeak	100,6	91,9	91,8	102,5
Kalibrasyon	94	94	94	94
<b>34.MERKEZ</b>	<b>KOMPRESYON</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI</b>	<b>TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK</b>	<b>DEKOMPRESYON</b>
Leq	77,5	55,3	80,3	76,1
Lmax	85,5	75,8	83,4	80,4
Lcpeak	104,4	101,2	95,5	93,0
Kalibrasyon	94	94	94	94

**Tablo 4.1. (Devamı)**

35.MERKEZ	KOMPRESYON	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK	DEKOMPRESYON
Leq	69,3	60,7	81,4	67,0
Lmax	89,6	75,5	93,8	75,6
Lcpeak	103,9	90,3	99,7	96,2
Kalibrasyon	94	94	94	94
36.MERKEZ	KOMPRESYON	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK	DEKOMPRESYON
Leq	67,8	61,3	65,6	61,9
Lmax	86,5	81,1	74,9	78,0
Lcpeak	107,0	94,6	89,0	100,9
Kalibrasyon	94	94	94	94
37.MERKEZ	KOMPRESYON	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK	DEKOMPRESYON
Leq	72,1	49,2	63,5	65,6
Lmax	95,4	68,8	83,1	84,2
Lcpeak	103,4	85,1	107,7	106,6
Kalibrasyon	94	94	94	94
38.MERKEZ	KOMPRESYON	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK	DEKOMPRESYON
Leq	65,0	60,5	58,8	60,2
Lmax	78,0	73,8	73,7	79,6
Lcpeak	99,1	97,5	89,1	97,4
Kalibrasyon	94	94	94	94
39.MERKEZ	KOMPRESYON	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK	DEKOMPRESYON
Leq	77,3	68,9	76,5	57,6
Lmax	83,1	76,6	81,0	79,6
Lcpeak	102,7	93,0	99,8	101,8
Kalibrasyon	94	94	94	94
40.MERKEZ	KOMPRESYON	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK	DEKOMPRESYON
Leq	74,9	54,1	76,2	71,4
Lmax	77,7	68,1	78,7	80,4
Lcpeak	92,5	88,9	95,9	91,0
Kalibrasyon	94	94	94	94
41.MERKEZ	KOMPRESYON	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON KAPALI	TEDAVİ DERİNLİĞİ VENTİLASYON AÇIK	DEKOMPRESYON
Leq	61,4	54,6	58,8	61,4
Lmax	83,5	70,9	68,9	80,6
Lcpeak	104,1	90,8	87,3	103,2
Kalibrasyon	94	94	94	94

Çalışmamızda aktif olarak çalışan kamu ve özel kuruluşlara ait basınç kabinlerinin operasyonu esnasında meydana gelen gürültü düzeylerini ölçtük. Ölçümler "A" ağırlıklı ortalamayı, maksimum gürültü seviyesini ve "C" ağırlıklı peak değerlerini kapsamıştır. Basınç odasının operasyonu sırasında meydana getirdiği ses şiddeti, basınç farkına bağlı olarak sürekli değişim gösterdiğinden kompresyon ve dekompresyon fazlarının tümünü içine alacak şekilde, tedavi derinliğine ulaşıldıktan sonra basınç farkı oluşmadığı için ventilasyon durumuna göre ölçümler yapılmıştır. Ölçümler 25 saniyelik aralıklarla yapılmış olup tablolarda belirtilen kalibrasyon

değerleri 25 saniyelik ölçüm sonucunda, cihazın 94 dB’lik ses meydana getiren kalibratör kısmı takıldığında cihazın ekranında beliren değerleri yansıtmaktadır. Her tedavi seansında, kompresyon ve dekompresyonun başlangıcından bitişine kadar geçen süre ölçüldü. Tedavi derinliğine ulaşıldığında ventilasyon açık ve kapalı durumdayken birer ölçüm yapılmıştır. Tüm seans esnasında 4 kez gürültü düzeyi ölçülmüştür. Tablo 4.2’de ise tüm merkezler ele alındığında ölçülen en yüksek ve en düşük değerler gösterilmiştir.

**Tablo 4.2.** Tüm Merkezlerdeki En Yüksek ve En Düşük Değerler

TÜM MERKEZLER		KOMPRESYON (dB)	TEDAVİ DERİNLİĞİ (dB)		DEKOMPRESYON (dB)
			V. AÇIK	V. KAPALI	
Leq	En Yüksek	80,4	81,9	71,7	76,1
	En Düşük	61,4	58,8	43	57,6
Lmax	En Yüksek	95,4	93,8	89,1	89,1
	En Düşük	73,9	67,8	51,8	73,3
Lcpeak	En Yüksek	114,5	109,5	101,9	114,5
	En Düşük	88,9	83,8	80,9	89,3

Basınç odasının kompresyonu sırasında en yüksek **A ağırlıklı ortalama gürültü düzeyi (Leq)** 80,4 dB şeklinde, en düşük olarak ise 61,4 dB şeklinde ölçülmüştür. **A ağırlıklı maksimum gürültü seviyesinde (Lmax)** maksimum ölçülen değer 95.4 dB iken, en düşük değer 73.9 dB’dir. **C ağırlıklı peak (Lcpeak)** değerlerinde en yüksek değer 114,5 dB şeklinde ölçülmüştür. En düşük değer 76 dB’dir.

Tedavi derinliğinde ventilasyon açık konumda iken **A ağırlıklı ortalama gürültü düzeyinde (Leq)** en yüksek değer 81,9 dB olarak, en düşük değer 58,8 dB şeklinde ölçülmüştür. Tedavi derinliğinde ventilasyon kapalı konumdayken yapılan ölçümlerde en yüksek değer 71,7 dB olarak, en düşük 43 dB olarak tespit edilmiştir. **A ağırlıklı maksimum gürültü düzeyleri (Lmax)** ventilasyon açık konumdayken



en yüksek 93,8 dB olarak, en az 67,8 dB olarak ölçülmüştür. Ventilasyon kapalı iken 89,1 dB olarak, en düşük değer 51,8 dB olarak ölçülmüştür. **C ağırlıklı peak (Lcpeak)** değerleri tedavi derinliğinde ventilasyon açık iken en yüksek 109,5 dB olarak, en düşük 83,8 dB ölçülmüştür. Tedavi derinliğinde ventilasyon kapalı durumdayken yapılan ölçümlerde en yüksek 101,9 dB olarak, en düşük 80,9 dB olarak ölçülmüştür.

Dekompresyon sırasında **A ağırlıklı ortalama gürültü düzeyinde (Leq)** en yüksek 76,1 dB olarak, en düşük 57,6 dB olarak saptanmıştır. **A ağırlıklı maksimum gürültü düzeyinde (Lmax)** ölçülen en yüksek değer 89,1 dB olarak, en düşük 73,3 dB olarak ölçülmüştür. **C ağırlıklı peak (Lcpeak)** değerlerinde en yüksek 114,5 dB olarak, en düşük 89,3 dB olarak ölçülmüştür.

Çalışmaya 23 erkek ve 24 kadın olmak üzere toplam 47 kişi katılmıştır. Bunlardan 28'i operatör, 19'u iç yardımcıdır. Yaş ortalaması 37,55±8,00 yıldır. Sigara kullanan 13 kişi vardır. Kronik hastalığı olan, ilaç kullanan ve koruyucu ekipmanı olan yoktur. SUTEK mezunu olan 11 kişi vardır. Ortalama çalışma süresi 4,19±3,17 yıldır (**Tablo 4.3**).

**Tablo 4.3.** Katılımcıların Demografik Özellikleri

		n	%
Görev	Operatör	28	(59,57)
	İç yardımcı	19	(40,43)
Cinsiyet	Erkek	23	(48,94)
	Kadın	24	(51,06)
Yaş		37,55±8,00	37 (23-53)
Boy		168,72±8,85	170 (152-183)
Kilo		72,51±15,12	70 (28-105)
BMI		25,28±3,90	25,25 (11,22-33,2)
Sigara	Hayır	34	(72,34)
	Evet	13	(27,66)
Sigara paket		1	1
Sigara yıl		13,62±9,45	15 (3-30)
Kronik hastalık	Hayır	47	(100,00)
İlaç	Hayır	47	(100,00)
Koruyucu ekipman	Hayır	47	(100,00)
1 yıl iç yardımcı		235,58±45,51	260 (140-260)
1 yıl operatör		831,86±341,63	780 (360-1872)
Meslek	Diğer	36	(76,60)
	SUTEK Mezunları	11	(23,40)
Çalışma süresi		4,19±3,17	3 (1-15)

Ölçülen odyometrik değerlerdeki değişime bakılmıştır. Buna göre Sağ 4000HZ ( $p=0,003$ ) ve SSO kemik yolu ölçümünde ( $p=0,044$ ) artış olduğu görülmüştür. Sol kulak ölçümlerinde anlamlı değişim olmamıştır (**Tablo 4.4**).

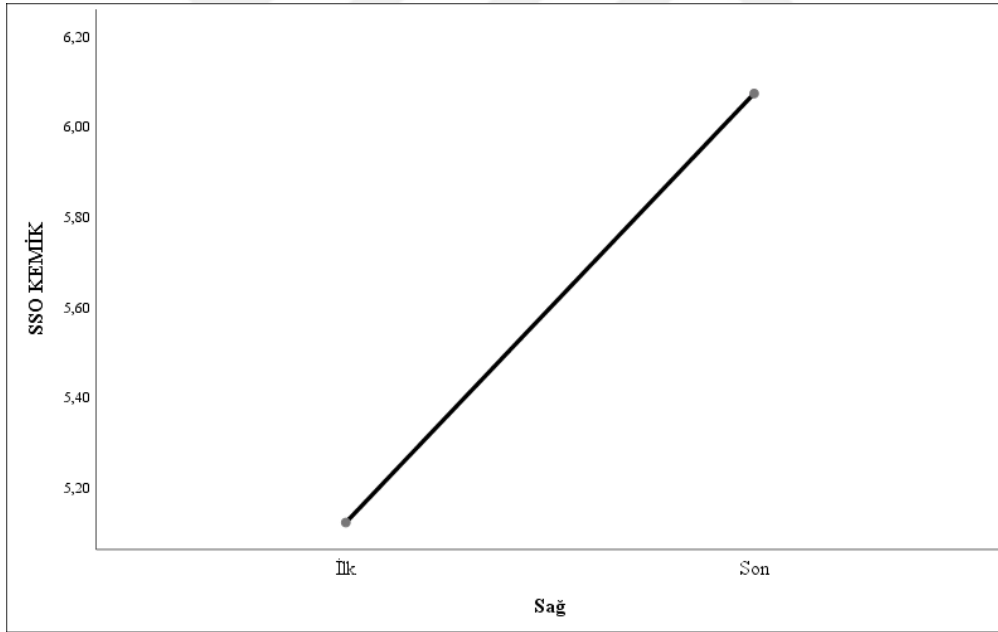
**Tablo 4.4.** İlk ve Son Odyometrik Ölçümlerdeki Değişimin Karşılaştırılması

		İlk		Son		Fark		P
		Ort±s.s.	Medyan (Min-Max)	Ort±s.s.	Medyan (Min-Max)	Ort±s.s.	Medyan (Min-Max)	
Sağ	250HZ	12,45±5,09	10 (0-25)	13,3±5,83	15 (5-30)	0,85±6,70	0 (-20-20)	0,332
	500HZ	11,28±4,48	10 (0-20)	11,7±5,54	10 (0-25)	0,43±5,88	0 (-15-15)	0,579
	1000HZ	9,47±3,49	10 (0-15)	10,11±5,05	10 (0-25)	0,64±4,12	0 (-10-10)	0,290
	2000HZ	9,36±5,28	10 (0-25)	9,57±5,97	10 (0-25)	0,21±5,00	0 (-15-15)	0,735
	4000HZ	12,79±13,73	10 (0-95)	15,53±13,20	15 (5-95)	2,74±5,74	0 (-10-15)	<b>0,003</b>
	6000HZ	16,38±15,13	10 (0-100)	15,43±13,01	10 (0-85)	-0,96±6,73	0 (-20-15)	0,382
	8000HZ	15,96±14,99	10 (0-100)	16,17±13,24	10 (5-85)	0,21±7,44	0 (-15-20)	0,898
	SSO HAVA	9,63±3,73	10 (2-17)	10,63±4,40	10 (2-25)	1±4,17	0 (-12-14)	0,069
	SSO KEMİK	5,12±3,70	5 (0-12)	6,07±3,39	5 (0-11)	0,95±2,98	0 (-5-8)	<b>0,044</b>
	Düşük frekans	10,64±3,61	10 (2,5-17,5)	11,17±4,69	11,25 (1,25-25)	0,53±4,35	0 (-13,75-13,75)	0,302
	Yüksek frekans	15,04±14,21	11,67 (0-98,33)	15,71±12,50	13,33 (3,33-88,33)	0,67±4,67	0 (-10-10)	0,301
Sol	250HZ	12,77±4,98	15 (5-25)	13,62±6,32	15 (0-30)	0,85±6,11	0 (-15-15)	0,398
	500HZ	11,38±4,26	10 (5-25)	12,23±6,15	10 (0-30)	0,85±5,45	0 (-15-15)	0,277
	1000HZ	9,68±3,82	10 (0-15)	9,79±5,31	10 (0-25)	0,11±4,36	0 (-10-10)	0,783
	2000HZ	9,79±4,77	10 (0-20)	9,68±5,15	10 (0-25)	-0,11±4,94	0 (-10-15)	0,865
	4000HZ	14,89±13,21	10 (0-90)	16,06±13,14	10 (5-90)	1,17±4,69	0 (-10-15)	0,094
	6000HZ	16,49±14,41	15 (5-95)	16,91±13,25	15 (0-90)	0,43±6,74	0 (-20-20)	0,441
	8000HZ	17,98±14,43	15 (5-95)	18,94±14,67	15 (0-90)	0,96±9,30	0 (-20-45)	0,679
	SSOHAVA	10,02±3,69	10 (2-17)	10,57±4,50	10 (3-25)	0,54±4,01	0 (-11-14)	0,479
	SSO KEMİK	5,34±3,58	5 (0-12)	5,7±3,55	5 (0-11)	0,22±2,70	0 (-5-7)	0,363
	Düşük frekans	10,9±3,57	11,25 (2,5-17,5)	11,33±4,96	11,25 (1,25-25)	0,43±4,36	0 (-12,5-13,75)	0,666
	Yüksek frekans	16,45±13,58	13,33 (3,33-93,33)	17,3±13,13	15 (3,33-90)	0,85±6,02	0 (-15-25)	0,273

Wilcoxon Testi



**Grafik 4.1.** Sağ Kulak 4000Hz Frekanstaki İlk ve Son Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği



**Grafik 4.2.** Sağ Kulak SSO Kemik İlk ve Son Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği

Operatörlerde ölçülen odyometrik değerlerdeki değişime bakılmıştır. Buna göre Sağ 4000HZ ölçümünde artış olduğu görülmüştür (0,008). Sol SSO kemik yolu ölçümünde ise düşüş olmuştur (**Tablo 4.5**).

**Tablo 4.5.** Operatörlerin İlk ve Son Odyometrik Ölçümlerindeki Değişimin Karşılaştırılması

Operatör		İlk		Son		Fark		P
		Ort±s.s.	Medyan (Min-Max)	Ort±s.s.	Medyan (Min-Max)	Ort±s.s.	Medyan (Min-Max)	
Sağ	250HZ	12,68±5,69	10 (0-25)	13,57±6,65	15 (5-30)	0,89±7,82	0 (-20-20)	0,466
	500HZ	10,89±4,72	10 (0-20)	11,43±6,36	10 (0-25)	0,54±6,98	0 (-15-15)	0,641
	1000HZ	8,93±3,43	10 (5-15)	10±6,09	10 (0-25)	1,07±4,59	0 (-10-10)	0,227
	2000HZ	9,82±5,52	10 (0-20)	10,18±6,59	10 (0-25)	0,36±5,43	0 (-15-15)	0,685
	4000HZ	13,96±17,20	10 (0-95)	17,5±16,36	15 (5-95)	3,54±6,15	5 (-10-15)	<b>0,008</b>
	6000HZ	16,61±17,59	12,5 (0-100)	16,43±16,15	10 (0-85)	-0,18±6,59	0 (-15-15)	0,937
	8000HZ	16,43±17,79	10 (0-100)	16,43±16,21	10 (5-85)	0±7,45	0 (-15-15)	0,947
	SSO HAVA	9,15±3,87	9 (2-16)	10,56±5,11	10 (2-25)	1,41±4,78	0 (-12-14)	0,083
	SSO KEMİK	5±3,91	5 (0-12)	5,56±3,51	5 (0-10)	0,56±2,89	0 (-5-7)	0,253
	Düşük frekans	10,58±3,96	10 (2,5-17,5)	11,29±5,51	11,25 (1,25-25)	0,71±5,15	0 (-13,75-13,75)	0,432
	Yüksek frekans	15,67±17,33	11,83 (0-98,33)	16,79±15,68	13,33 (3,33-88,33)	1,12±4,81	0 (-10-10)	0,228
Sol	250HZ	12,86±5,17	12,5 (5-25)	13,04±6,57	12,5 (0-25)	0,18±6,31	0 (-15-15)	0,953
	500HZ	11,61±4,09	10 (5-20)	11,96±5,83	10 (0-25)	0,36±5,92	0 (-15-15)	0,724
	1000HZ	9,82±3,96	10 (5-15)	10±6,24	10 (0-25)	0,18±4,41	0 (-10-10)	0,805
	2000HZ	10±4,08	10 (5-20)	9,64±5,43	10 (0-25)	-0,36±4,50	0 (-10-15)	0,507
	4000HZ	17,14±16,07	15 (5-90)	18,57±16,32	12,5 (5-90)	1,43±5,25	0 (-5-15)	0,126
	6000HZ	18,21±16,34	15 (5-95)	18,75±16,02	15 (0-90)	0,54±7,24	0 (-20-20)	0,616
	8000HZ	18,93±16,41	15 (5-95)	19,82±17,61	15 (0-90)	0,89±10,46	0 (-20-45)	1,000
	SSOHAVA	9,85±3,68	10 (5-16)	10,44±5,07	10 (3-25)	0,59±4,63	0 (-11-14)	0,747
	SSO KEMİK	5,28±3,93	5 (0-12)	5±3,75	5 (0-11)	-0,48±2,60	0 (-5-5)	<b>&lt;0,001</b>
	Düşük frekans	11,07±3,68	10,63 (5-17,5)	11,16±5,47	11,25 (1,25-25)	0,09±4,66	0 (-12,5-13,75)	0,910
	Yüksek frekans	18,1±16,02	15 (5-93,33)	19,05±16,17	15,83 (3,33-90)	0,95±6,83	0 (-15-25)	0,492

Wilcoxon Testi

Ölçülen odyometrik değerlerdeki fark, operatör ve iç yardımcılar arasında karşılaştırılmış ve anlamlı ilişki bulunmamıştır (**Tablo 4.6**).

**Tablo 4.6.** Ölçülen Odyometrik Değerlerdeki Farkın Operatör ve İç Yardımcılar Arasında Karşılaştırılması

Fark		Operatör		İç yardımcı		p
		Ort±s.s.	Medyan (IQR)	Ort±s.s.	Medyan (IQR)	
Ses	250HZ	0,89±7,82	0 (0-5)	0,79±4,79	0 (0-5)	0,752
	500HZ	0,54±6,98	0 (-2,5-5)	0,26±3,90	0 (0-5)	0,935
	1000HZ	1,07±4,59	0 (0-5)	0±3,33	0 (0-0)	0,352
	2000HZ	0,36±5,43	0 (0-2,5)	0±4,41	0 (-5-5)	0,700
	4000HZ	3,54±6,15	5 (0-10)	1,58±5,01	0 (0-5)	0,285
	6000HZ	-0,18±6,59	0 (-5-2,5)	-2,11±6,94	0 (-5-0)	0,510
	8000HZ	0±7,45	0 (-5-5)	0,53±7,62	0 (0-5)	0,813
	SSO HAVA	1,41±4,78	0 (0-3)	0,42±3,13	0 (-1-3)	0,479
	SSO KEMİK	0,56±2,89	0 (0-0)	1,56±3,12	0 (0-5)	0,298
	Düşük frekans	0,71±5,15	0 (-0,63-3,13)	0,26±2,90	0 (-1,25-2,5)	0,575
	Yüksek frekans	1,12±4,81	0 (-1,67-4,17)	0±4,51	0 (-3,33-5)	0,533
Sol	250HZ	0,18±6,31	0 (0-5)	1,84±5,82	0 (0-5)	0,496
	500HZ	0,36±5,92	0 (-2,5-5)	1,58±4,73	0 (0-5)	0,631
	1000HZ	0,18±4,41	0 (0-0)	0±4,41	0 (-5-0)	0,689
	2000HZ	-0,36±4,50	0 (-2,5-0)	0,26±5,65	0 (-5-5)	0,803
	4000HZ	1,43±5,25	0 (0-2,5)	0,79±3,82	0 (0-5)	0,781
	6000HZ	0,54±7,24	0 (-5-5)	0,26±6,12	0 (0-5)	0,855
	8000HZ	0,89±10,46	0 (-2,5-5)	1,05±7,56	0 (-5-5)	0,769
	SSO HAVA	0,59±4,63	0 (-2-1)	0,47±3,03	0 (-1-2)	0,820
	SSO KEMİK	-0,48±2,60	0 (-2-0)	1,31±2,55	0 (0-3,5)	0,066
	Düşük frekans	0,09±4,66	0 (-2,5-1,88)	0,92±3,95	0 (-1,25-2,5)	0,415
	Yüksek frekans	0,95±6,83	0 (-2,5-3,33)	0,7±4,76	0 (-1,67-3,33)	0,801

Mann Whitney U Testi

Ölçülen odyometrik değerlerdeki fark, erkek ve kadınlar arasında karşılaştırılmış ve anlamlı ilişki yoktur (**Tablo 4.7**).

**Tablo 4.7.** Ölçülen Odyometrik Değerlerdeki Farkın Erkekler ve Kadınlar Arasında Karşılaştırılması

Fark		Erkek		Kadın		p
		Ort±s.s.	Medyan (IQR)	Ort±s.s.	Medyan (IQR)	
Sağ	250HZ	2,17±7,36	0 (0-5)	-0,42±5,88	0 (-2,5-2,5)	0,144
	500HZ	1,52±6,65	0 (0-5)	-0,63±4,96	0 (-2,5-2,5)	0,364
	1000HZ	1,3±3,76	0 (0-5)	0±4,42	0 (-2,5-2,5)	0,292
	2000HZ	1,09±4,99	0 (0-5)	-0,63±4,96	0 (-5-0)	0,366
	4000HZ	4,09±6,44	5 (0-10)	1,46±4,77	0 (0-5)	0,130
	6000HZ	-0,87±8,21	0 (-5-5)	-1,04±5,10	0 (-5-0)	0,876
	8000HZ	-0,65±8,43	0 (-5-5)	1,04±6,42	0 (0-5)	0,426
	SSO HAVA	2,3±4,05	1 (0-4)	-0,3±3,95	0 (-2-3)	0,059
	SSO KEMİK	1,19±2,66	0 (0-4)	0,7±3,34	0 (-1,5-2,5)	0,412
	Düşük frekans	1,52±4,38	1,25 (0-3,75)	-0,42±4,20	0 (-1,88-2,5)	0,222
	Yüksek frekans	0,86±5,48	0 (-3,33-5)	0,49±3,85	0 (-2,5-4,17)	0,813
Sol	250HZ	1,3±5,68	0 (0-5)	0,42±6,58	0 (0-5)	0,579
	500HZ	0,87±5,36	0 (0-5)	0,83±5,65	0 (0-5)	0,890
	1000HZ	0,43±4,24	0 (0-0)	-0,21±4,54	0 (-2,5-0)	0,643
	2000HZ	0,22±4,39	0 (0-0)	-0,42±5,50	0 (-5-0)	0,609
	4000HZ	0,22±5,33	0 (0-0)	2,08±3,88	0 (0-5)	0,052
	6000HZ	-0,43±7,52	0 (-5-5)	1,25±5,94	0 (0-5)	0,133
	8000HZ	1,3±10,68	0 (-5-5)	0,63±7,98	0 (-2,5-5)	0,519
	SSO HAVA	1,61±4,04	0 (0-4)	-0,52±3,76	0 (-3-1)	0,100
	SSO KEMİK	0,1±2,70	0 (0-0)	0,35±2,76	0 (-1-1)	0,966
	Düşük frekans	0,71±4,11	0 (-2,5-2,5)	0,16±4,67	0 (-1,25-1,88)	0,974
	Yüksek frekans	0,36±6,96	0 (-3,33-3,33)	1,32±5,06	1,67 (-0,83-4,17)	0,119

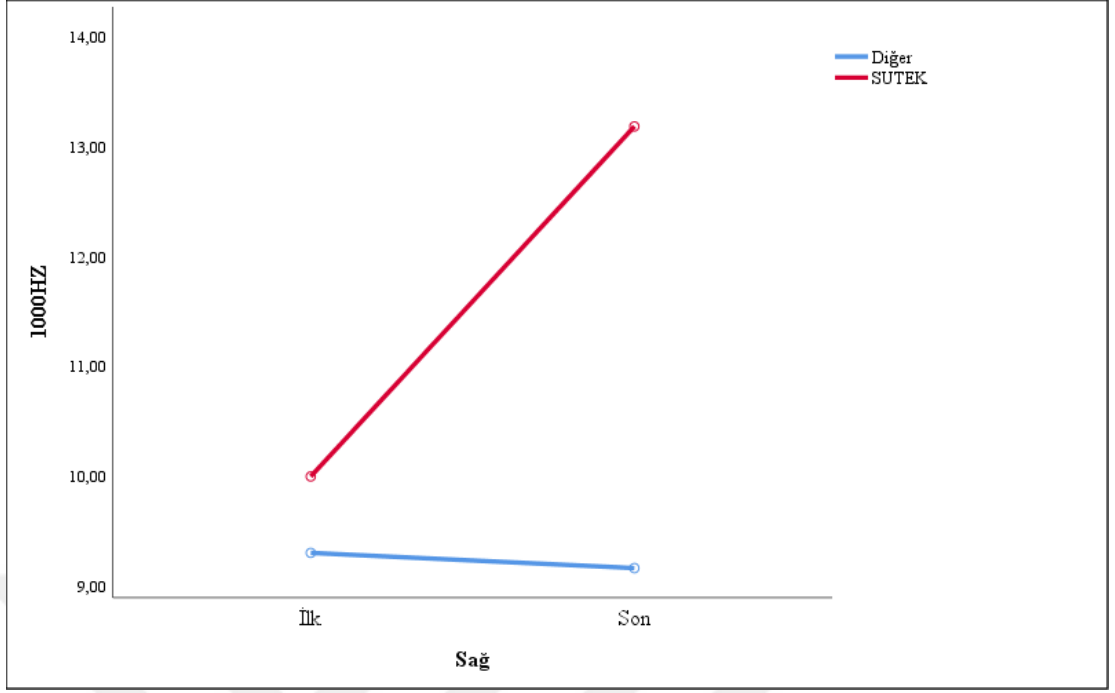
Mann Whitney U Testi

Ölçülen odyometrik değerlerdeki fark, SUTEK ve diğerleri arasında karşılaştırılmıştır. Buna göre SUTEK mezunlarında sağ 1000HZ ( $p=0,032$ ) ve 2000HZ (0,041) ölçümlerinde artış olurken, diğerlerinde azalma olmuştur. SUTEK mezunlarında sol 4000HZ (0,006), 6000HZ (0,027). Yüksek frekans ölçümlerinde artış olurken (0,009), diğerlerinde azalma olmuştur (**Tablo 4.8**).

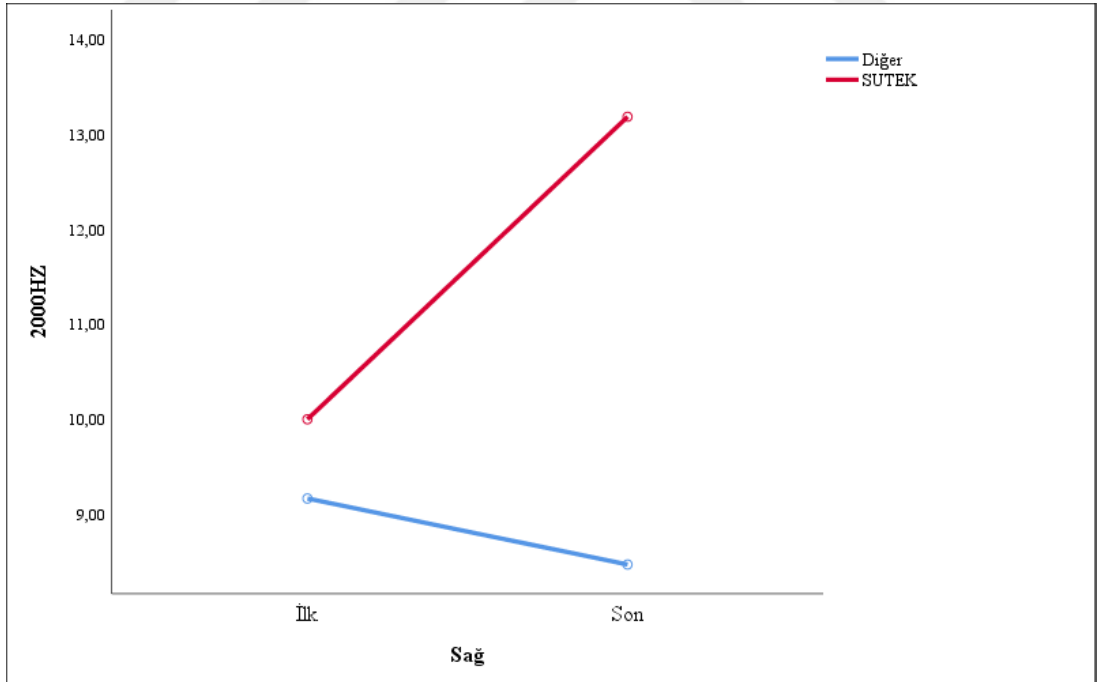
**Tablo 4.8.** Ölçülen Odyometrik Değerlerdeki Farkın SUTEK Mezunları ve Diğerleri Arasında Karşılaştırılması

Fark		Diğer		SUTEK		p
		Ort±s.s.	Medyan (IQR)	Ort±s.s.	Medyan (IQR)	
Sağ	250HZ	1,39±5,93	0 (0-5)	-0,91±8,89	0 (-5-5)	0,423
	500HZ	0,42±5,26	0 (0-5)	0,45±7,89	0 (-5-5)	0,871
	1000HZ	-0,14±3,68	0 (0-0)	3,18±4,62	5 (0-5)	<b>0,032</b>
	2000HZ	-0,69±4,50	0 (-5-0)	3,18±5,60	0 (0-5)	<b>0,041</b>
	4000HZ	2,06±5,84	0 (0-5)	5±5,00	5 (0-10)	0,158
	6000HZ	-1,39±7,23	0 (-5-0)	0,45±4,72	0 (-5-5)	0,461
	8000HZ	-0,69±8,03	0 (-5-5)	3,18±4,05	0 (0-5)	0,069
	SSO HAVA	0,56±3,71	0 (0-3)	2,6±5,44	0 (0-4)	0,624
	SSO KEMİK	1,19±2,81	0 (0-4,5)	0,11±3,59	0 (-2-0)	0,306
	Düşük frekans	0,24±3,86	0 (-1,25-2,5)	1,48±5,80	0 (-3,75-5)	0,683
	Yüksek frekans	-0,01±4,78	0 (-3,33-4,17)	2,88±3,66	1,67 (0-5)	0,082
	Sol	250HZ	0,83±5,92	0 (0-5)	0,91±7,01	0 (0-5)
500HZ		0,83±5,14	0 (0-5)	0,91±6,64	0 (-5-5)	0,957
1000HZ		-0,42±4,37	0 (-5-0)	1,82±4,05	0 (0-5)	0,086
2000HZ		-0,42±4,69	0 (-5-0)	0,91±5,84	0 (-5-5)	0,601
4000HZ		0±3,78	0 (0-0)	5±5,48	5 (0-10)	<b>0,006</b>
6000HZ		-0,56±7,15	0 (-5-5)	3,64±3,93	5 (0-5)	<b>0,027</b>
8000HZ		0,56±10,40	0 (-5-5)	2,27±4,10	0 (0-5)	0,157
SSO HAVA		0,33±3,66	0 (-1,5-1,5)	1,3±5,23	0 (-2-1)	0,881
SSO KEMİK		0,47±2,68	0 (0-1)	-0,67±2,74	0 (-2-0)	0,192
Düşük frekans		0,21±4,09	0 (-1,25-1,88)	1,14±5,32	0 (-2,5-5)	0,779
Yüksek frekans		0±6,41	0 (-3,33-3,33)	3,64±3,40	3,33 (0-5)	<b>0,009</b>

Mann Whitney U Testi

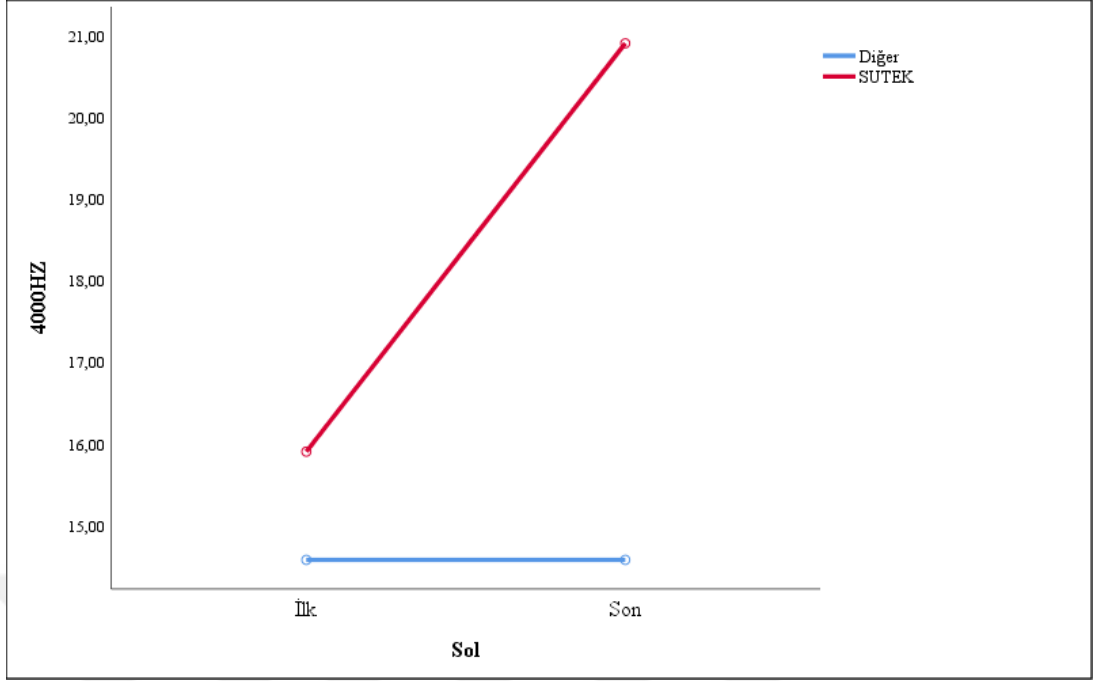


**Grafik 4.3.** Sağ Kulak 1000Hz Değerinin SUTEK Mezunları ve Diğer Gruplardaki Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği

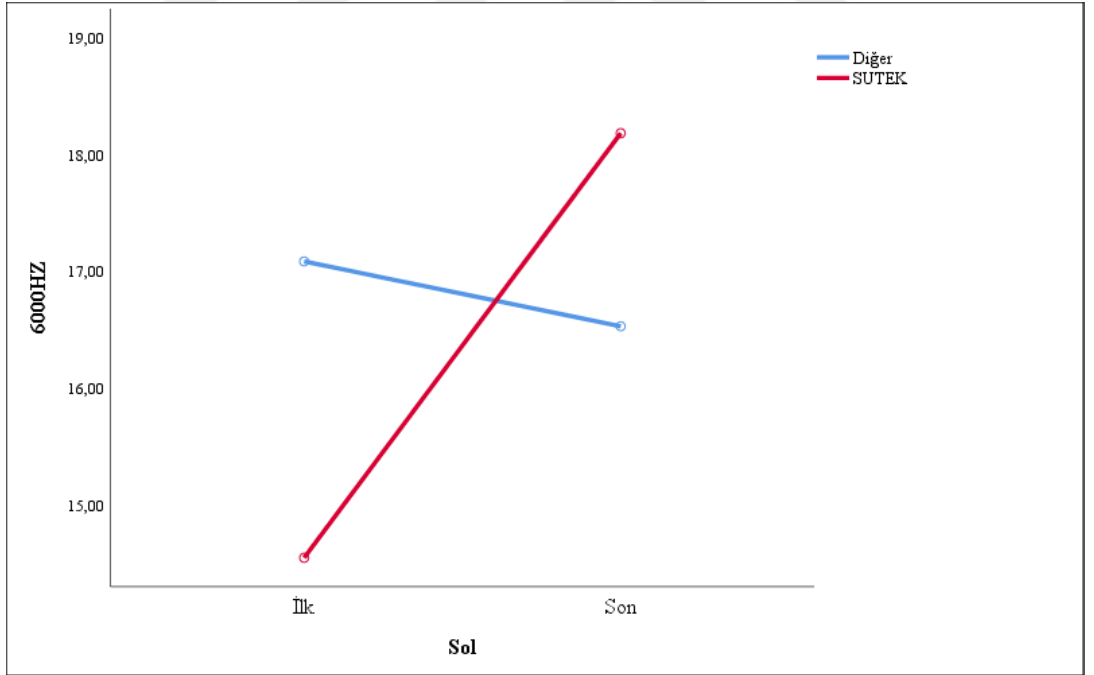


**Grafik 4.4.** Sağ Kulak 2000HZ değerinin SUTEK mezunları ve Diğer Gruplardaki Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği





**Grafik 4.5.** Sol Kulak 4000HZ değerinin SUTEK mezunları ve Diğer Gruplardaki Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği



**Grafik 4.6.** Sol Kulak 6000HZ değerinin SUTEK mezunları ve Diğer Gruplardaki Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği



**Grafik 4.7.** Sol Kulak Yüksek frekans değerinin SUTEK mezunları ve Diğer Gruplardaki Odyometrik Ölçüm Değişim Grafiği

Ölçülen odyometrik değerlerdeki fark, çalışma süresine göre karşılaştırılmış ve anlamlı ilişki yoktur (**Tablo 4.9**).

**Tablo 4.9.** Ölçülen Odyometrik Değerlerdeki Farkın Çalışma Sürelerine Göre Karşılaştırılması

Fark		Çalışma süresi				p
		2 yıl ve altı		2 yıl üzeri		
		Ort±s.s.	Medyan (IQR)	Ort±s.s.	Medyan (IQR)	
Sağ	250HZ	2,38±3,75	0 (0-5)	-0,38±8,24	0 (-5-0)	0,070
	500HZ	0,71±3,96	0 (0-5)	0,19±7,14	0 (0-5)	0,799
	1000HZ	0,48±3,84	0 (0-0)	0,77±4,40	0 (0-5)	0,650
	2000HZ	-0,24±3,35	0 (0-0)	0,58±6,05	0 (-5-5)	0,629
	4000HZ	2,62±4,64	0 (0-5)	2,85±6,59	5 (0-5)	0,772
	6000HZ	-0,95±5,39	0 (-5-0)	-0,96±7,75	0 (-5-5)	0,884
	8000HZ	-0,48±7,05	0 (-5-0)	0,77±7,83	0 (0-5)	0,410
	SSO HAVA	1,05±2,44	0 (0-2)	0,96±5,26	1 (-2-3)	0,830
	SSO KEMİK	0,48±2,99	0 (0-0)	1,45±2,96	0 (0-5)	0,304
	Düşük frekans	0,83±2,35	0 (0-2,5)	0,29±5,50	0 (-2,5-2,5)	0,736
	Yüksek frekans	0,4±3,80	0 (-1,67-1,67)	0,88±5,34	0 (-3,33-5)	0,574
	Sol	250HZ	2,62±5,15	0 (0-5)	-0,58±6,53	0 (-5-5)
500HZ		2,38±4,90	0 (0-5)	-0,38±5,64	0 (-5-0)	0,093
1000HZ		0±4,18	0 (0-0)	0,19±4,58	0 (0-0)	0,729
2000HZ		-0,48±4,15	0 (0-0)	0,19±5,56	0 (-5-0)	0,898
4000HZ		0,95±3,75	0 (0-0)	1,35±5,40	0 (0-5)	0,738
6000HZ		1,19±6,31	0 (0-5)	-0,19±7,14	0 (0-5)	0,964
8000HZ		1,19±12,34	0 (-5-5)	0,77±6,11	0 (0-5)	0,304
SSO HAVA		0,76±3,39	0 (-1-1)	0,36±4,53	0 (-2-1)	0,910
SSO KEMİK		0,05±2,82	0 (-1-0)	0,4±2,62	0 (-0,5-1,5)	0,684
Düşük frekans		1,13±3,62	0 (0-1,25)	-0,14±4,88	0 (-2,5-2,5)	0,317
Yüksek frekans		1,11±7,00	0 (-3,33-3,33)	0,64±5,23	1,67 (-1,67-3,33)	0,359

Mann Whitney U Testi

Sağ kulaktan ölçülen odyometrik değerlerdeki değişim, operatör ve iç yardımcıları arasında karşılaştırılmış ve anlamlı ilişki bulunmamıştır (**Tablo 4.10**).

**Tablo 4.10.** Sağ kulaktan ölçülen odyometrik değerlerdeki değişimin operatör ve iç yardımcı arasında karşılaştırılması

Sağ		Operatör		İç yardımcı		p
		Ort±s.s.	Medyan (IQR)	Ort±s.s.	Medyan (IQR)	
250HZ	İlk	12,68±5,69	10 (10-15)	12,11±4,19	10 (10-15)	0,959
	Son	13,57±6,65	15 (10-20)	12,89±4,51	15 (10-15)	
500HZ	İlk	10,89±4,72	10 (7,5-15)	11,84±4,15	10 (10-15)	0,878
	Son	11,43±6,36	10 (5-15)	12,11±4,19	10 (10-15)	
1000HZ	İlk	8,93±3,43	10 (5-10)	10,26±3,53	10 (10-10)	0,387
	Son	10±6,09	10 (5-12,5)	10,26±3,11	10 (10-10)	
2000HZ	İlk	9,82±5,52	10 (5-15)	8,68±4,96	10 (5-10)	0,813
	Son	10,18±6,59	10 (5-15)	8,68±4,96	10 (5-10)	
4000HZ	İlk	13,96±17,20	10 (5-15)	11,05±5,67	10 (5-15)	0,256
	Son	17,5±16,36	15 (10-20)	12,63±5,37	10 (10-15)	
6000HZ	İlk	16,61±17,59	12,5 (10-20)	16,05±11,00	10 (10-20)	0,341
	Son	16,43±16,15	10 (7,5-20)	13,95±6,14	10 (10-15)	
8000HZ	İlk	16,43±17,79	10 (10-20)	15,26±9,93	15 (10-20)	0,815
	Son	16,43±16,21	10 (5-20)	15,79±7,31	15 (10-20)	
SSO HAVA	İlk	9,15±3,87	9 (7-12)	10,32±3,50	10 (8-12)	0,436
	Son	10,56±5,11	10 (7-13)	10,74±3,28	10 (9-13)	
SSO KEMİK	İlk	5±3,91	5 (1-8)	5,31±3,46	5 (3,5-8)	0,300
	Son	5,56±3,51	5 (4-9)	6,87±3,14	5,5 (5-10)	
Düşük frekans	İlk	10,58±3,96	10 (7,5-13,75)	10,72±3,13	10 (8,75-13,75)	0,731
	Son	11,29±5,51	11,25 (6,25-13,75)	10,99±3,24	10 (10-13,75)	
Yüksek frekans	İlk	15,67±17,33	11,83 (9,17-17,5)	14,12±8,00	11,67 (8,33-18,33)	0,426
	Son	16,79±15,68	13,33 (8,33-20)	14,12±5,10	13,33 (11,67-15)	

Tekrarlayan Ölçümler Analizi

Sol kulaktan ölçülen odyometrik değerlerdeki değişim, operatör ve iç yardımcılar arasında karşılaştırılmış ve anlamlı ilişki bulunmamıştır (**Tablo 4.11**).

**Tablo 4.11.** Sol kulaktan ölçülen odyometrik değerlerdeki değişimin operatör ve iç yardımcı arasında karşılaştırılması

Sol		Operatör		İç yardımcı		p
		Ort±s.s.	Medyan (IQR)	Ort±s.s.	Medyan (IQR)	
250HZ	İlk	12,86±5,17	12,5 (10-15)	12,63±4,82	15 (10-15)	0,365
	Son	13,04±6,57	12,5 (10-20)	14,47±5,98	15 (10-15)	
500HZ	İlk	11,61±4,09	10 (10-15)	11,05±4,59	10 (10-15)	0,457
	Son	11,96±5,83	10 (10-15)	12,63±6,74	10 (10-20)	
1000HZ	İlk	9,82±3,96	10 (5-15)	9,47±3,69	10 (10-10)	0,892
	Son	10±6,24	10 (5-15)	9,47±3,69	10 (5-10)	
2000HZ	İlk	10±4,08	10 (5-12,5)	9,47±5,75	10 (5-15)	0,678
	Son	9,64±5,43	10 (5-10)	9,74±4,85	10 (5-15)	
4000HZ	İlk	17,14±16,07	15 (10-20)	11,58±6,25	10 (10-15)	0,651
	Son	18,57±16,32	12,5 (10-25)	12,37±4,21	10 (10-15)	
6000HZ	İlk	18,21±16,34	15 (10-20)	13,95±10,88	10 (10-15)	0,894
	Son	18,75±16,02	15 (10-25)	14,21±7,12	15 (10-15)	
8000HZ	İlk	18,93±16,41	15 (10-20)	16,58±11,19	15 (10-20)	0,955
	Son	19,82±17,61	15 (10-25)	17,63±9,03	15 (15-20)	
SSO HAVA	İlk	9,85±3,68	10 (6-13)	10,26±3,80	10 (8-13)	0,922
	Son	10,44±5,07	10 (7-13)	10,74±3,66	10 (8-13)	
SSO KEMİK	İlk	5,28±3,93	5 (1-8)	5,44±3,08	5 (4-7)	0,054
	Son	5±3,75	5 (1-8,5)	6,75±3,02	5,5 (5-9,5)	
Düşük frekans	İlk	11,07±3,68	10,63 (7,5-14,38)	10,66±3,50	11,25 (10-13,75)	0,527
	Son	11,16±5,47	11,25 (6,88-15)	11,58±4,23	11,25 (8,75-13,75)	
Yüksek frekans	İlk	18,1±16,02	15 (11,67-20)	14,04±8,72	13,33 (10-16,67)	0,890
	Son	19,05±16,17	15,83 (10-25)	14,74±6,04	13,33 (11,67-16,67)	

Tekrarlayan Ölçümler Analizi

## 5. TARTIŞMA

Gürültü, rahatsız edici, hoş olmayan, istenmeyen ve uyumsuz bir ses olarak tanımlanmakla birlikte, çalışma ortamının konforunu bozan ve iş performansını bozan psikolojik ve fiziksel sonuçları olan bir çevre kirleticisi olarak da isimlendirilmektedir(121). Gürültü ile ölçümler özellikle şehir merkezlerinde, anaokullarında, otoyollarda yoğunlaşmıştır. Tıbbi tesislerde gürültü ölçümleri çoğunlukla yoğun bakım ünitelerine odaklanmaktadır ve basınç odalarının operasyonu sırasında meydana gelen gürültü ölçümü ile ilgili çok sınırlı sayıda çalışma vardır. Basınç odalarının içerisinde meydana gelen gürültü yapılan bir çalışma ile incelenmiştir. Bu çalışma da İstanbul ilinde bulunan 11 tane HBO tedavi merkezinde ölçümler yapılmıştır ve sonuçlar incelendiğinde çoğu merkezde gürültü düzeyinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Bazı merkezlerde ise yönetmeliklerle belirtilen üst sınırların üzerine çıktığı görülmüştür (1). Bu nedenle basınç odalarının operasyonu sırasında meydana gelen gürültü gerek basınç odası içerisinde tedavi gören hastalarda gerekse basınç odasının dışında kalan yardımcı sağlık personelinde işitme üzerine olumsuz etkileri olmaktadır. Çalışmamızda basınç odalarının operasyonu sırasında basınç odalarının bulunduğu etki alanında meydana gelen ses şiddetinin tespit edilmesini ve bu meydana gelen gürültünün işitme üzerine muhtemel olumsuz etkilerini tespit etmeyi amaçladık.

Hastane alanları, eczaneler, poliklinikler, uzun süreli bakım tesisleri ve huzurevleri gibi tıbbi tesislerin bulunduğu alanlarda iç mekân gürültü seviyeleri 35 dB (A)'i geçmemelidir(20). Tıbbi tesislerin gürültü seviyesi 35 dB şeklinde olması gerektiği belirtilmiştir ancak basınç odasının çalışması sırasında basınç odasının içinde ve basınç odasının bulunduğu alanda oluşan ses yoğunluğunun bu değeri aştığı açıktır. Bu karşılaşılan tablo sadece basınçlı odalar için değil tüm hastane birimleri için geçerli olduğu görülmektedir (1). EPA (ABD Çevre Koruma Kurumu), hastanelerdeki ses seviyelerinin 45 dB'i geçmemesi gerektiğini savunmaktadır. Bununla birlikte WHO, hastanelerdeki ses seviyelerinin 30 dB'i ve tepe seviyelerinin 40 dB'i geçmemesi gerektiğini savunmaktadır (122,123). Yapılan ölçümlerde elde ettiğimiz veriler sağlık tesis alanlarındaki iç ortam gürültü seviyesinin üzerinde olduğunu göstermiştir.

Gürültüye belli düzeylerde ve belli sürelerde maruz kalınması sonucunda işitme fonksiyonlarında kayıp meydana gelebilmektedir. Corti organındaki iç tüylü hücreleri ve özellikle de dış tüylü hücreleri erken evrede hasara uğramaktadırlar. Gürültüye maruziyet sonrası ortaya çıkan işitme kayıpları genellikle 3-8 kHz arasındaki frekanslarda kendini belli ederek sensörinöral tip işitme kaybına neden olmaktadır (124,125).Gürültüye bağlı işitme kaybını etkileyen çeşitli faktörler işitme kaybındaki etkilenmeyi arttırabilir. Gürültüye bağlı işitme eşiklerinin etkilenmesi ilk olarak 3-6 kHz bölgesinde başlayıp 4kHz'de belirginleşmektedir (126,127). Gürültü nedeniyle meydana gelen işitme kaybında çoğunlukla her iki kulakta simetrik olacak şekilde sensörinöral tip işitme kaybı görülür. Fakat bireyin konumu veya başka nedenlerle tek kulak gürültüye maruz kalırsa asimetrik olan ve tek taraflı işitme kaybı gözlenebilir (128). Yaptığımız çalışma da elde ettiğimiz verilere göre sağ kulakta 4000HZ ve sağ kulak için SSO kemik ölçümünde artış olduğu görülmüştür. Sol kulak ölçümlerinde anlamlı değişim olmamıştır. Bu bize göstermiştir ki basınç kabininin çalışması sırasında oluşan ses şiddeti operatörlerin işitme fonksiyonları üzerinde olumsuz etkileri olabilmektedir ve operatörün basınç kabini arasındaki oturma konumu da bu etkiyi değiştirmektedir. Başın pozisyonu (gölge etkisi) nedeniyle basınç odasına yakın konumlu kulağın daha çok etkilenebileceği görülmüştür.

Gürültüye bağlı işitme kaybı, dünyada ve ülkemizde en yaygın meslek hastalığıdır. Yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde, 20 ila 60 yaş arasında yaklaşık 26 milyon kişi yüksek sese ve mesleki gürültüye maruziyet nedeniyle meydana gelen yüksek frekanslardaki işitme kaybından muzdariptir(131). Çalışmamızda operatörlerde odyometrik testlerde sağ kulakta yüksek frekanslardan olan 4000HZ ölçümünde artış olduğu görülmüştür (p=0,008). Daha büyük örneklem gruplarıyla yapılacak çalışmalar neticesinde diğer frekanslar ve SSO'da da anlamlı değişiklikler saptanabilir.

İşitme kaybı yetişkinlerde en sık görülen kronik hastalıklardan biridir. Yedinci dekattaki yetişkinlerin yaklaşık yarısı ve 85 yaş üzerindeki yüzde 80'i işitme kaybına sahiptir (132). Gelişmiş toplumlarda işitme kaybının en yaygın nedeni yaşlılık ve gürültüdür. Amerika Birleşik Devletleri'nde, işitme kaybının yaklaşık

%10'u gürültüden kaynaklanır. Bu durumun 95 dB'den daha yüksek ses düzeylerine korunmasız şekilde maruziyet sonucu ortaya çıktığı düşünülmektedir. Gürültüye bağlı işitme kaybı, Amerika Birleşik Devletleri'nde önlenebilir işitme kayıplarının bir numaralı nedenidir. Amerika Birleşik Devletleri'nde 30 milyon işçi gürültüye bağlı işitme kaybı riski altındadır ve yaklaşık 10 milyon çalışanın ise gürültüye bağlı işitme sorunları yaşadığı düşünülmektedir(133). Çalışmamızda basınç odalarının operasyonu sırasında meydana gelen ses şiddetinin bazı merkezlerde standartların üzerinde olduğu görülmüştür (95,4 dB). Bu durum bize HBO tedavi merkezlerinde çalışan personelin gürültü kaynaklı işitme problemleri taşıyabileceğini düşündürmüştür.

Mesleki gürültünün yanı sıra sensörinöral işitme kaybının başka nedenleri de olabilir. Örneğin özellikle yüksek sesli müzik, silahın kullanımında meydana gelen gürültü, motor sporları vb. eğlence amaçlı gürültüden kaynaklanan mesleki olmayan gürültüye maruz kalma işitme kaybına yol açabilmektedir. Diğer nedenler arasında çok çeşitli genetik bozukluklar, bulaşıcı hastalıklar ( labirentit,kızamık,kabakulak gibi), farmakolojik ajanlar (örn. Aminoglikozitler, diüretikler, salisilatlar, antineoplastik ajanlar), kafa travması, terapötik radyasyona maruz kalma. nörolojik bozukluklar ( örneğin multiple skleroz), serebral vasküler bozukluklar.merkezi sinir sistemi neoplazmları yer almaktadır. Tüm bu nedenlerle ve gürültüye bağlı işitme kaybı geri döndürülemez olduğundan bu durumun önlenmesi için erken teşhis ve müdahale kritik öneme sahiptir. Yeni işe alınanlar veya gürültünün yoğun olduğu bir ortamda çalışmaya başlayanlar için odyogramlarının çekilmesi önem arz etmektedir (134). Çalışmamızda İş güvenliği kapsamında düzenli olarak gerek yeni işe başlayanlarda gerekse periyodik sürelerde çekilen odyogramlar çalışmaya dahil edilmiştir. Bazı merkezlerin bu odyogramların çekilmesi konusunda ve muhafaza edilmesinde aksaklıklar olduğu görülmüştür. Çalışmamızda daha önceden işitme kaybı tanısı alan, işitme kaybına neden olabilecek ilaç kullanımı öyküsü olanlar çalışmaya dahil edilmemiştir.

Yapılan bir çalışmada işitsel fizyolojide ve gürültüye bağlı işitme kaybına (NIHL) duyarlılıkta cinsiyet farklılıklarının etkileyebileceğini göstermiştir. Özellikle işitsel fizyolojinin bilinen bir modülatörü olan 17 $\beta$ -estradiolün (E<sub>2</sub>) gürültü



travmasına yanıtta cinsiyet farklılıklarını destekleyebileceğini koruyucu rol oynayabileceğini sonucuna varmışlardır (135). Çalışmamızda ölçülen odyometrik değerlerdeki fark, erkek ve kadınlar arasında karşılaştırılmış ve anlamlı ilişki bulunmamıştır.

Tak ve arkadaşları tarafından 2009 yılında yapılan bir çalışmada 1999 ila 2004 yılları arasında 22 milyon kişinin 80 dB'in üzerinde gürültüye maruziyetlerinin olduğu ve bunlarında %34 ünün işitme koruyucu ekipmanlar kullanmadığı belirtilmiştir (136). İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğine göre, iş yerinde var olan gürültü 80 dB'in (minimum maruziyet değeri) üzerinde ise işveren, çalışanların kullanabileceği kulak korucularını bulundurmalıdır. İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğine göre, iş yerinde var olan gürültü 85 dB ve bu değerden daha fazla bir gürültü söz konusu ise işveren, kulak koruyucuların çalışanlar tarafından kullanılıp kullanılmadığını denetler. İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğine göre, iş yerinde maruziyet sınır değeri olan 87 dB'i aşamaz. Bu durum söz konusu ise işveren tarafından, bu meydana gelen gürültünün nedenini saptanmaya çalışır ve gerekli önlemler alınır.

Çalışmalar, hiperbarik basınç odalarında dalış yapılırken bu basınca maruz kalan bireylerde geçici veya kalıcı eşik kaymaları olduğunu göstermiştir. Summit isimli araştırmacının 1970 yılında yaptığı gözlemlerde dalgıçların geçici eşik kaymalarını düzenli olarak tespit etmiştir. Thomas Murry'nin 1971 tarihli bilimsel çalışmasında, basınç odasını 100 feet'e komprese etti ve mikrofonu basınç odasına iki farklı şekilde konumlandırdı. Her iki durumda da mikrofonlar dalgıcın kulak hizasında dikey ve yatay olarak yerleştirilmiştir. Yaptığı ölçümlerde gürültü seviyesinin en yüksek olduğu anda frekans 300 Hz ile 4800 Hz arasında tespit edilmiştir. Bu çalışmada ortalama iniş hızı 70 ft/dk ve ortalama çıkış hızı 33,3 ft/dk'dır. Mikrofonun konumu zemine dik olduğunda yapılan ölçümlerde kompresyonda 112 dB, dekompresyon aşamasında 108 dB olarak saptanmıştır. Mikrofonun konumu zemine paralel olduğunda yapılan ölçümlerde kompresyonda 120 Db, dekompresyon aşamasında 115 dB olarak saptanmıştır. Bahsedilen çalışmada basınç odasının kompresyonu ile dekompresyon aşamalarında ölçüm yapılmıştır. Bununla birlikte tedavi derinliğinde herhangi bir ölçüm yapılmamıştır

(137). Başka bir çalışmada, basınç odasının operasyonunun tüm aşamalarını içine alacak şekilde ölçümler yapılmıştır. Bu çalışmada kompresyon aşamasında, tedavi derinliğinde ventilasyon aktifken ve ventilasyon kapalıyken ve dekompresyon aşamasında ölçümler yapıp ses şiddetleri kaydedildi. Basınç odasında çeşitli endikasyonlarla tedavi gören hastalar çoğunlukla sese tedavi derinliğinde ventilasyonun kapalı olduğu zaman diliminde maruz kalmaktadır. Basınç odasının diğer aksiyonlarında daha fazla sese maruz kalma söz konusu olsa bile maruziyet süre olarak en fazla tedavi derinliğinde ventilasyon kapalıyken gerçekleşmektedir(1). Murry'nin çalışmasında kaydedilen gürültünün daha yüksek olmasının nedenini, ölçüm yapılan basınç odasında susturucunun olmaması açıklamaktadır. Diğer bir nokta ise, çalışmadaki mikrofonların "karşılıklı kalibrasyon teknikleri" kullanılarak kalibre edilmiş olması ve bu sebeplerden dolayı hatalı sonuçların alınmasının muhtemel olmasıdır. Ayrıca bu çalışmadaki ölçümler sırasında ses ölçer basınç odasının dışına, mikrofon ise basınç odasının içine yerleştirilmiştir (137). Bir başka çalışmada ise tüm bu hususlar göz önünde bulundurularak basınçlı ortamda ölçüm yapabilen bir ses ölçer kullanılmış ayrıca kullanılan bu cihaz mikrofon entegre haldedir (1). Çalışmamızda ölçümlerin tümü basınç odası dışarısında basınç odasının kenarlarından en az 1 metre uzaklıkta, tedavi esnasında oturmakta olan operatörün kulak hizası seviyesinden mikrofon zemine dik olarak konumlandırılacak şekilde yapılmıştır. Ölçüm süreci kompresyon-dekompresyon aşamalarının tümünü kapsayacak şekilde, tedavi derinliğinde ventilasyon açıkken ve kapalıyken 5 dakika boyunca örneklem alacak şekilde ölçülen verilerin kaydedilmesi yoluyla yapılmıştır.

Summit ve Lymers tarafından 1971'de yapılan bir araştırma, yüksek basınç odalarında ve dalış başlıklarının içerisinde oluşan gürültü seviyelerini gösterdi. Çalışma da basınç odası 200 fit derinliğe ulaştığında oluşan gürültü seviyelerini not edildi. Ölçümler göstermiş ki dalış başlıklarında ve basınç kabinlerinde maruziyet süresine bağlı olarak iç yardımcılarının ve dalgıçların maruz kaldıkları gürültü risk oluşturmaktadır. Basınç odası sırasıyla 0 – 50 – 100 – 150 ve 200 ft'e basınçlandırılmıştır. Gerek bu farklı derinliklerde hem basınç odasının içerisindeki gürültü düzeyleri gerekse de tasarım ve özellikler bakımından farklılık gösteren altı dalış başlığı içindeki gürültü düzeyleri ölçülmüştür. Bu ölçümlerde dalış başlıkları içindeki gürültü düzeyleri 90 dB in üzerinde (92dB-113 dB) saptanmıştır. Basınç

kabini içerisindeki ölçümlerde, yaşam destek üniteleri açıkken 0 ft de 66 dB olarak, ventilasyon tamamen açıkken 116 – 121 dB arasında, 60 ft/dk hızla kompresyonu yapılırken de 107 – 116 dB arasında gürültü olduğu görülmüştür. ABD donanmasının o dönemdeki izin verilebilen en yüksek gürültü düzeyleri 8 saat boyunca 90 dB, 2 saat boyunca 100 dB'dir. Ancak yapılan bu çalışmalar kişilerin bu değerlerin üzerinde gürültüye maruziyetinin olduğunu göstermiştir (138). Basınç odasının içerisinde yapılan başka bir çalışma da ölçümler 0-45ft aralığında yapılmıştır. Bu merkezlerde yapılan gürültü ölçümlerinde 90dB'in üzerinde bir değer saptanmıştır. TT7, TT6 veya 6A'nın dekompresyon hastalığı veya arteriyel gaz embolisi gibi endikasyonlar için kullanılması gerekiyorsa ve tedavi tablosunda tedavinin uzatılması düşünülüyorsa, yönetmelikte belirtilen 85 dB 8 saatlik gürültü maruziyeti sınırının aşılması ile sonuçlanabilir. Ayrıca hastalarda ve iç yardımcılarda bu maruziyet değerleri aşılabildiği için işitme üzerine olumsuz etkileri olabilir (1). Yapmış olduğumuz çalışmada operatörlerin yaklaşık olarak günde 8 saat süreyle 85dB'lik gürültü maruziyet sınırlarına rutin tedavi tablolarıyla ulaşmamaktadır. Rutin yapılan tedavi tablolarında basınç odasında tedavi gören hasta ve iç yardımcılardan da bu süreye ulaşmadıkları için yüksek riske sahip olmadıklarını düşünmekteyiz.

Lie ve ark. iş yerinde gürültü maruziyeti sonucu gelişen işitme kayıplarını incelediler. 2015 yılında yapılan bu derleme çalışmasında 187 tane makale taranmıştır. İşyerinde gürültüye maruz kalmaya bağlı işitme kaybı insidansı %7 ile %21 arasında değişmekte ve gelişmekte olan ülkelerde daha yaygın olduğu bildirilmektedir. Dalgıçlar üzerinde yapılan bir araştırma, düşük ve yüksek frekanslarda meydana gelen orta şiddetteki işitme kayıplarının normal popülasyona göre daha fazla olduğunu göstermiştir. Fakat dalgıçların yaşadığı işitme kayıplarının altında yatan temel nedeni basınç değişimlerinin kulağa olan etkileridir. Bununla birlikte devamlılık gösteren gürültülerin ve aniden meydana gelen yüksek gürültü piklerinin ciddi risk oluşturarak işitme kaybına yol açabileceği bildirilmiştir (139). Dalgıçlar tarafından sualtında kullanılan başlıklar/kasklar su içinde meydana gelen gürültüden koruyabilir. Bununla birlikte kaydedilen geçici eşik kaymalarına uzun süre maruz kalmanın dalgıçların işitmesi için tehlikeli olabileceği gösterilmiştir (140). Çalışmamızda SUTEK mezunlarında odyometrik testlerde sağ 1000HZ (p=0,032) ve 2000HZ (0,041) ölçümlerinde artış olmuştur. SUTEK mezunlarında sol

4000HZ (0,006), 6000HZ (0,027), Yüksek frekans ölçümlerinde artış olmuştur (0,009). Sutek mezunlarında diğer çalışanlardan farklı olarak şu şu frekanslarda artış saptanmıştır. Sualtında çalışan kişilerin maruz kaldıkları basınç değişimleri ve fiziksel ortamlarına bağlı olarak, diğerlerine kıyasla daha çok etkilendiğini düşünmekteyiz.

Yapılan bir çalışma da işitme fonksiyonları, yüksek maruziyet (n = 23) ve düşük maruziyet (n = 31) olarak gruplara ayrılan 54 genç dalgıç üzerinde yapılan 3 yıllık bir takip çalışmasında ölçülmüştür. Dalgıçlar, takip sırasında ortalama 132 dalış (44-766 aralığında) ile açık deniz dalışları gerçekleştirdiler. İzlemin başlangıcında, yüksek maruziyet grubundaki işitme fonksiyonları, düşük maruziyet grubuna kıyasla azalmıştır. Takip süresi boyunca, tüm dalgıçlarda sol kulakta 4 kHz'de önemli ölçüde azalmış bir işitme yeteneği yaşadı. Takip sonundaki ölçümlerin regresyon analizi, sol kulakta 6 ve 8 kHz'de işitme kaybı ile toplam dalış yılı sayısı arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir (141). Yapılan başka bir çalışmada da benzer sonuçlar mevcuttu. On iki yılı aşkın bir prospektif çalışmada, 30 genç profesyonel dalgıç üzerinde çalışıldı. Çalışmanın amacı, işitme eşiklerindeki değişikliklerin kümülatif dalış maruziyeti ile ilişkili olup olmadığını görmekti. Çalışma, dalgıçların profesyonel dalgıç olmaları için eğitimlerinin başında başlatılmıştır. Takip süresi boyunca dalgıçlar, ortalama 477 dalış (aralık: 40-4458) ile sığ deniz seviyelerine dalışlarını gerçekleştirdiler. İzlemden sağ kulak için 0.25, 0.5, 2, 3 ve 6 kHz ve sol kulak için 3, 4 ve 6 kHz'de işitsel fonksiyonda anlamlı azalma bulundu. Dalışla ilişkili işitme fonksiyonunda 4 ve 8 kHz'de (p <0.01) her iki kulakta bir azalma bulundu (142). Çalışmamızda SUTEK mezunları ile yardımcı sağlık personeli karşılaştırdığımızda beklentimiz SUTEK mezunlarının gerek eğitimi boyunca gerekse eğitim sonrası yaptıkları sualtı dalışları kaynaklı işitme fonksiyonlarının olumsuz yönde etkilenmesi yönündeydi. SUTEK mezunlarının ve yardımcı sağlık personelinin dalış yapıp yapmadıkları, dalış yaptılar ise bugüne kadar olan dalış sayıları sorgulanmamıştır. Bununla birlikte SUTEK mezunları dalış sayılarından bağımsız olarak diğer gruplarla istatistiksel olarak değerlendirildiğinde; SUTEK mezunlarında sağ 1000HZ (p=0,032) ve 2000HZ (p=0,041) ölçümlerinde artış olurken, sol 4000HZ (0,006), 6000HZ (0,027), Yüksek frekans ölçümlerinde anlamlı fark tespit edilmiştir.

Anthony ve ark. 2010 yılında yayınlanan bir derlemede İnsan kulağının su altında 400 Hz ile 1 kHz arasındaki seslere en duyarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak sualtı hasarının en çok bu frekanslarda meydana geldiği söylenmektedir. Bir hava ortamında, işitmenin hassas olduğu frekans aralığı 2 ile 6 kHz arası iken, bu aralıkta en hassas frekans 4 kHz'dir. Sualtı şartlarında insan kulağının hassasiyetinde değişiklikler olmaktadır. İnsan kulağının sualtındaki hassasiyeti artıp azalabilmektedir. Bu yüzden doğru değerlendirmelerin yapılabilmesi için Nedwell ve Parvin sualtı gürültü ölçüm skalasını (underwater noise weighting scale) (dB (UW)) tasarlayıp ortaya koymuşlardır(143). İşitme testleri, yüksek basınçlı ortamlarda işitmenin bozulmadığını ve yüksek frekanslarda hafifçe arttığını bildirmiştir. Yüksek basınç olmadan maruz kalınan çeşitli gaz ortamlarının (Heliox ve Nitrox) işitmeyi etkilemediğini göstermiştir (144,145). Çalışmamızda hiperbarik ortama maruz kalan yardımcı sağlık personeline işitme kaybı saptanmamıştır. İç yardımcıların basınç odasında geçirdikleri süreye bakıldığında bu sürenin normal tedavi tablosuyla uyumlu olarak günde 2 saati geçmediği görülmüştür.

1995 yılında Searle ve Parvin'in yaptıkları ölçümlerde Type 1 non-TUP (TUP; transfer under pressure) basınç kabini ortalaması gürültü dozu 145,3 dB (A) olarak saptanmış, saat başına hesaplanan gürültü dozu 136,3 dB olarak bulunmuştur. Admiralty Mk1 basınç odasında yapılan ölçümlerde ortalama 110,5 dB'lik gürültü saptanırken, saat başına hesaplanan gürültü dozu 101,5 dB'dir.1996'da Duocom Holders Variant basınç odasında yapılan ölçümlerde ortalama 108 dB'lik gürültü saptanırken, saat başına hesaplanan gürültü dozu 99 dB olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin tamamı kabul edilebilir gürültü seviyesinin üzerindedir (144). Çalışmamızda basınç odası dışında ölçülen en yüksek ortalama gürültü düzeyi tedavi derinliğinde ventilasyon açıkken ölçülmüş olup bu değer 81,9 dB olarak saptanmıştır.

1936'da New Deal'in bir parçası olarak temel işçi haklarına ilişkin yasa olarak kabul edilen Walsh-Healy Public Contracts 'a göre, günde sekiz saat boyunca 90 dB (A) üzerindeki gürültüye maruziyet işitme kaybına neden olabilir. Harvey, işitme fonksiyonlarını saptamak için dalgıçları odyometrik testlere tabi tutmuştur. Ayrıca kompresyon, dekompresyon ve ventilasyon aşamalarında basınç kabini içerisinde

meydana gelen gürültüyü saptamaya çalışmıştır. Oluşan basınca bağlı ölçülen değerler yanlış olabilir bu nedenle basınca uygun olarak yapılan ölçümlerde basınç odasında önerilen ventilasyon düzeylerinde 108 dB'lik gürültü tespit edilmiştir(148,149). Murry, donanmanın denizaltı tıp merkezinde 100 ft e yapılan kompresyon ve dekompresyon aşamasında oluşan gürültü şiddetini ölçerek, kompresyon 'da en yüksek 120 dB, dekompresyon 'da en yüksek 115 dB gürültü seviyesi oluştuğunu saptamıştır (150). Çalışmamızda 41 merkezde ölçüm yapılmıştır 46 ft e kompresyon ve dekompreyon aşamalarında oluşan gürültünün şiddetini ölçülmüş olup; kompresyon aşamasında en yüksek 95,4 dB, dekompresyon aşamasında en yüksek 89,1 dB şiddetinde gürültü düzeyi oluştuğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar odyometrik veriler ile değerlendirildiğinde işitme düzeylerinde etkilenim yaşanabileceği görülmektedir. Ancak bu etkilenim hiçbir katılımcıda işitme kaybına yol açacak düzeyde değildir.

Summitt ve arkadaşları 1971 yılında yaptıkları ölçümlerde 50 ft'de 121 dB'lik gürültü oluştuğunu tespit etmişlerdir (138). Murry ise 1972 yılında 100 ft'e hava ile dalınarak iki dakikada ulaşılması esnasında oluşan sesin şiddetini not etmiş ve en yüksek 120 dB'lik bir gürültünün meydana geldiğini açıklamıştır (137). Molvaer 1981 yılında satürasyon çanını 200 metreye 1,5m/dk hızla trimiks kullanarak daldırmıştır. Bu dalış aşamasında oluşan gürültü seviyesi ölçülmüş olup, en yüksek 105,7 dB'lik bir gürültünün meydana geldiğini belirlemiştir (151). Parvin ve Nedwell'in yürüttükleri çalışmada, basınç kabininin giriş valfi sonuna kadar açıkken 164 ft'e kompresyonu aşamasında oluşan gürültünün düzeyi ölçülmüş, en yüksek 120-133 dB'lik gürültü meydana geldiği raporlanmıştır (143). Tasarlanan başka bir çalışmada, basınç odasına 4 farklı tip susturucu takılmıştır. Basınç odasının dekompresyonu aşamasına geçmeden önce basıncı 5 ATA'ya getirilmiştir. Basınç odasının 5 ATA'dan dekompresyonu aşamasında oluşturduğu gürültü seviyeleri ayrı ayrı kayıt altına alınmıştır. Susturucu modellerinden C tipi kullanıldığında ölçülen gürültü düzeyi en yüksek 82 dB olarak saptanırken, D tipi kullanıldığında basınç odasında meydana gelen gürültü en yüksek 98 dB olarak saptanmıştır (74,75). Reimers donanmanın deneme dalış biriminde yaptığı ölçümlerde çeşitli susturucuların yardımıyla gürültü seviyesini 30 dB kadar azaltılabileceğini göstermiştir. Metal susturucularla basınç odalarının çalışması sırasında oluşacak ses

şiddetini düşürebileceğini göstermiştir(152).Basınç odasında kullanılan susturucular, serbest hava akışına izin verirken sesin transferini azaltan özel bir kanal ya da tüp şeklinde tanımlanabilir. Uygun akustik, geometrik, aerodinamik ve yağsız olma kriterlerini taşımalıdır. Basınç odası için tasarlanmış uygun bir susturucu belirli kriterleri karşılamalıdır. Akustik, geometrik, aerodinamik ve yağsız olma kriterlerini karşılamalıdır(149). Çalışmamızda ölçüm yapılan tüm cihazlarda susturucu mevcut olup en yüksek 81,9 dB dB gürültü ölçülmüştür. Zamanla gelişen teknolojiye bağlı olarak eski çalışmalardan daha düşük ortalama gürültü meydana geldiği tespit edilmiştir.



## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, hiperbarik basınç odalarının çalışması sırasında meydana getirdikleri gürültünün şiddeti ölçülmüştür. Ayrıca HBO tedavisinin uygulandığı klinik ve merkezlerde oluşan bu gürültünün işitme üzerine olan olası zararlı etkileri araştırılmıştır. Ülkemizde 21 şehir ve bu şehirlerde bulunan 41 farklı merkeze gidilerek ölçümler yapılmıştır. Bu merkezlerde çalışan operatör ve iç yardımcılarının mevcut odyogramlarının birer örneği elde edilmiştir. Mevcut veriler incelendiğinde basınç odalarının bulunduğu alanda gürültü düzeyinin yönetmeliklerle belirlenen sınırların altında olduğu görülmüştür. Bazı HBO merkezlerinde yönetmeliklerde belirlenen sınırların da üzerine çıktığı görülmüştür. Yapılan odyometrik incelemelerde HBO merkezlerinde çalışan personelin meydana gelen gürültü kaynaklı işitme problemleri yaşayabileceği sonucuna varılmıştır. Dekompresyon hastalığı veya AGE gibi çeşitli endikasyonlarda US Navy TT 6.6Ave TT7 uygulanması gereken durumlarda ve tedavinin uzatılması gerektiğinde, yönetmeliklerle belirlenmiş olan 8 saat boyunca 85 dB gürültü maruziyet sınırını geçebilmektedir. Bu nedenle personelin koruyucu ekipmana ulaşabilir olması önerilmektedir.



## 7. KAYNAKLAR

1. Zaman T, Celebi A, Mirasoglu B, Toklu AS. The evaluation of in-chamber sound levels during hyperbaric oxygen applications: Results of 41 centres. *Diving Hyperb Med.* 2020;50 (3):244–9.
2. Wayback Machine - Vikipedi [Internet]. [cited 2022 Feb 2]. Available from: [https://tr.wikipedia.org/wiki/Wayback\\_Machine](https://tr.wikipedia.org/wiki/Wayback_Machine)
3. ÖZVARIŞ ŞB. Sağlık Eğitimi ve Sağlığı Geliştirme. Halk Sağlığı Temel Bilgiler Hacettepe Üniversitesi Yayınları. 2006;1132–88.
4. S. V. Koruyucu Hekimlik ve Sosyal Tıp, Filiz Kitapevi. İstanbul; 1987.
5. Açık. Y; Karlıdağ T; Akgün D diğerleri. Elazığ ili organize sanayi bölgesindeki gürültülü iş yerlerinde çalışan işçilerin işitme düzeyleri ve işitme düzeylerinin lokal veya sistemik semptomlar ile ilişkisi. *Türk Tabipler Birliği, Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, Ocak-Şubat-Mart. 2007;39–48.
6. Zhang A, Zou T, Guo D, Wang Q, Shen Y, Hu H, et al. The Immune System Can Hear Noise. Available from: [www.frontiersin.org](http://www.frontiersin.org)
7. Tekbaş ÖF VS. Gürültü ve Sağlık, Tıbbi Dökümantasyon Merkezi, Toplum Sağlığı Dizisi. In Ankara; 2000. p. 17–25.
8. Franco G. Ramazzini and workers' health. *Lancet.* 1999;354 (9181):858–61.
9. Vehid S. İş Yeri Gürültüsünün Kan Basıncı Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, İstanbul. 1995.
10. R T. Raylı Ulaşım Sistemlerinin Neden Olduğu Gürültünün Ölçülmesi ve Modellemesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 2003.
11. Karabiber, Z. "Gürültü-İnsan Etkileşimi". Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu Bildirileri, I. Cilt, İstanbul (1991): 457-469.
12. Altaş, E., Şirin, S., Karaşen, R. M., Öztürk, A., Aktan, B., & Üçüncü, H. (1998). Endüstriyel gürültü ve işitme kaybı. In.

13. E Ş. Endüstriyel gürültü kontrolüyle üretimin zaman ve miktar performansına ergonomik bir yaklaşım, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 1995.
14. Mohammadi Roozbahani M, Nassiri P, Jafari Shalkouhi P. Risk assessment of workers exposed to noise pollution in a textile plant. *Int J Environ Sci Technol.* 2009;6 (4):591–6.
15. Ryherd EE, Waye KP, Ljungkvist L. Characterizing noise and perceived work environment in a neurological intensive care unit. *J Acoust Soc Am.* 2008;123 (2):747–56.
16. Harris CM. Hand book of noise control Fifth edition the Mcgraw-Hill Companies 978-0070268142., 1979.
17. Berglund B, Lindvall T SD. Guidelines for community noise. World Health Organisation, 1999.
18. Bilgen İ. Nevşehir İl Merkezinde Trafik Kaynaklı Gürültü Düzeyleri Ölçümü ve Gürültü Haritasının Hazırlanması. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2017.
19. Ertaş İ. Denel Fizik Dersleri, Ege Üniversitesi Basımevi, I-5, Sayfa No:393-396, İzmir, 2000.
20. Resmi Gazete. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği. 04.06.2010; sayı:27601.
21. TEKBAŞ Ö. Çevre Sağlığı, GATA basımevi. 2010;17–25.
22. A Ç. Ankara'da mobilya imalatı yapan 7 fabrikada gürültü düzeylerinin saptanması ve gürültüye bağlı işitme kayıplarının değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara; 2010.
23. GÜLER Ç. Sağlık Boyutunda Ergonomi, Palme Yayıncılık. In Ankara; 2004. p. 32–4.
24. Andrews, GJA. Kornas B. Ergonomics, Fundamentals of Senior Pupils. Napier College, Collington Road, Edinburgh. 1982.

25. Moller A. Hearing: Its Physiology and Pathophysiology. San Diego: Academic Press, 2000.
26. Karadayı S. Bursa İlinin Trafik Kaynaklı Gürültü Haritasının Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi; 2001.
27. Zaman T. Basınç Odalarında Hiperbarik Oksijen Uygulamaları Esnasında Oluşan Ses Şiddetinin Değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi; 2017.
28. Özgüven HN (Ed. Gürültü kontrolü:2.,Ankara: Türk Akustik Derneği, PP 1-87,2008.
29. Güler Ç. Ergonomiye Giriş,SSYB Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, Ankara. 1997;
30. Özgüven N. ““Endüstriyel Gürültü Kontrolü””, Makine Mühendisleri Odası Yayınları. In 1986. p. 1–17, 37–42.
31. Zannin P.H.T. DFBBWA. ’ ’Environmental Noise Pollution in the City of Curitiba ’ ’, Applied Acoustics, 63, 351-358, Brazil, 2002.
32. MARTİN, C. Clark J. Introduction to Audiology. 2012;37.
33. Özdemir M. Küçük Ölçekli Kaporta İşletmelerinde Çalışanlarda Gürültüye Bağlı İşitme Kayıplarının Araştırılması. ĞĞ Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi,ĞĞ Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. Gazi Üniversitesi,Ankara; 2016.
34. Belgin E. Saf Ses Odyometri. Temel Odyoloji Kitabı. 2017.
35. IEC 61672-1, Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2002.
36. IEC 61672-2, Electroacoustics – Sound level meters – Part 2: Pattern evaluation tests, edition 1.0, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2003.
37. IEC 61672-3, Electroacoustics – Sound level meters – Part 3: Periodic tests, edition 1.0, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2006.
38. ISO 1996-2, Acoustics – Description, assessment and measurement of environmental noise – Part 2: Determination of environmental noise levels,

International Standardization Organization, Geneva, 2007.

39. Good practice guide on noise exposure and potential health effects, EEA Technical Report, No:11, European Environment Agency, 2010.
40. Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise), Official Journal of the European Union.
41. T.C. Çevre Ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Hava Yönetimi Dairesi Başkanlığı Çevresel Gürültü Ölçüm Ve Değerlendirme Kılavuzu, Ankara (2011).
42. Özdemir C. Gürültü Kirliliği Ders Notları, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2005.
43. G E. Köprülü Kavşakların Trafik Gürültü Seviyelerine Etkilerinin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2006.
44. Kahraman Y. Adana İli Merkezinde Gürültü Kirliliğinin Değerlendirilmesi, Adana Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi, Adana, 2002.
45. Dirican R BN. Toplum Hekimliği, 2. Baskı, Bursa, Halk Sağlığı Uludağ Ü. Basımevi, Uludağ Ü. Güçlendirme Vakfı Yayını, No. 70,1993.
46. American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology, Committee on Conservation of Hearing, Guide for evaluation of Hearing Impairment, 1959.
47. <http://www.epa.gov/> online erişim.
48. Kryter KD. "The effects of noise on man." by Academic Press, 1985;p.67-74.
49. Robinson DW. Noise exposure and hearing: a new look at the experimental data. HMSO.1987.
50. Howie R & Gardiner J. Noise exposure limits for hyperbaric conditions. HSE Offshore Technology Report No. OTO 98 020, 1998.
51. Borg E MA. "Noise and blood pressure: effect of lifelong exposure in the rat." Acta Physiologica Scandinavica 103.3, 1978;p.340-42.

52. Borg E. Noise, Hearing and Hypertension, Scand, Audiol 10, 1981;p.125-26.
53. Axelsson A, Borg E HC. "Noise effects on the cochlear vasculature in normotensive and spontaneously hypertensive rats."Acta oto-laryngologica 96.3-4, 1983;p.215-25.
54. Jonsson A HL. Prolonged exposure to a stressful stimulus (noise) as a cause of raised blood pressure in man. Lancet, 1, 1977;p.86-7.
55. Borg E. Susceptibility of the sympatectomized ear to noise induced hearing loss. Aça Physiol Scandb (Stockh). 114, 1982;p.387-91.
56. Borg E. Protective value of symphatectomy of the ear in noise. Aça Physiol Scandb (Stockh). 115, 1982;p.281-82.
57. Moller A. Noise as Health Hazard in Last, J.M. Public Health and HumanEcology, Appleton-Lange, East Norvvalk, Conneticut, 1987.
58. Moller A. Hearing: anatomy, physiology, and disorders of the auditory system. Academic Press, 2006.
59. Welch BL WA eds. Physiological Effects of Noise, Plenum Press,New-York, 1970.
60. La Dou J. Occupational Medicine, A, Lange Medical Book, appleton-Lange, Enlewoodcliffs,1990.
61. Lindvall BE, Lindvall BI LT eds. Community noise. Center for Sensory Research, Stockholm University and Karolinska Institute, 1995.
62. Mazer SE. "Increase patient safety by creating a quieter hospital environment." Biomedical instrumentation & technology/Association for the Advancement of Medical Instrumentation 40.2, 2006;p.145.
63. McFarland, Kay M, Ramstetter V. Exploring Living Environment, McKnight Publishing Co. Bloomington, Illinois, 1977.
64. 

<http://www.ormansu.gov.tr/osb/Files/duyuru/anasayfaDuyurular/Sunu%205%20Prof.Dr.Sevtap%20Y%C4%B1lmaz%20Demirkale.pdf> online erişim.
65. Kurra S. Gürültü. In: Türkiye'nin Çevre Sorunları, Türkiye Çevre Vakfı

Yayını, Ankara 1991;s.447-84.

66. Kirkland PC, Pence EA, Dobie RA, Yantis PA. Underwater noise and hearing conservation of divers: a review. Technical report APL-UW TR8930, Applied Physics Laboratory, Seattle, Washington. 1989.
67. Molvaer OI. Hearing deterioration in Professional divers: an epidemiologic study. Undersea Biomedical Research Vol.17, No 3. 1990.
68. Edmonds C. Hearing loss with frequent diving. Undersea Biomedical Research Vol. 12, No 1. 1985.
69. Cudahy E AH. A retrospective study of diver hearing. Undersea & Hyperbaric Medicine Vol. 25, Supplement. 1998.
70. Zanninni D, Odaglia G SG. Auditory changes in Professional divers. Underwater Physiology. Profceedings of the fifth symposium on underwater physiology, ed. Lambertsen CJ. Vol. V. 1976.
71. Handbook of elementary physics [Internet]. Available from: <http://hdl.handle.net/123456789/8550>
72. European Committee for Standardization, Pressure vessels for human occupancy (PVHO) - Multi-place pressure chamber systems for hyperbaric therapy - Performance, safety requirements and testing, EN 14931:June 2006;p.10-11.
73. Robertson DH SM. Noise Exposure under Hyperbaric Conditions. HSE Offshore Technology Report No. OTO 95 009, 1995.
74. Simpson ME MJ. Noise Exposure Limits under Hyperbaric Conditions. HSE Offshore Technology Report No. OTO 2000 074, 2000.
75. Edwards I. Measurements of Blowdown Noise under Hyperbaric Conditions. HSE Offshore Technology Report No. OTO 98 026, 1998.
76. Flood L. ESSENTIALS OF AUDIOLOGY S A Gelfand Thieme, 2009 ISBN: 978 1 604 06044 7 pp 560 Price €59.95. The Journal of Laryngology & Otology, 124 (4), 463-463. doi:10.1017/S0022215109991484. 2010;
77. Genç G.Aydan KMEK. İŞİTME SAĞLIĞININ İZLEMİ. In: Çalışma

Yaşamında Gürültü ve İşitmenin Korunması.

78. Human communication disorders: An introduction. G. H. Shames, & E. H. Wiig (Eds.). CE Merrill Publishing Company.
79. M. Ç. Hiperbarik Tedavinin Tarihçesi. In: Hiperbarik Tıp 1. Basım. Ankara, Eflatun Yayınevi, Çimşit M. Editor, 2009;s.13-22.
80. Hammarlund C. The Physiologic Effects of Hyperbaric Oxygenation. In: Hyperbaric Medicine Practice 2nd Revised Edition, USA, Best Publishing Company, HT Kindwall EP and Whelan, Editor, 2002;s.37-68.
81. Kemer A, Muth C MD. Patient Management. Handbook on Hyperbaric Medicine, Netherlands, Springer 2006;p.651–70.
82. Kindwall EP. A history of hyperbaric medicine. In: Hyperbaric Medicine Practice. Best Publishing Co. Kinwall E. Editor, 1995.
83. Jain K K. History Of Hyperbaric Medicine. In: Textbook Of Hyperbaric Medicine 3rd ed. Seattle, Toronto, Bern, Göttingen, Hogrefe&Huber Publishers, Jain K K, Editor, 1999;p.2-10. In.
84. Edmonds C, Lowry C PJ. Hyperbaric oxygen therapy. In: Diving and Subaquatic Medicine, A diving medical centre publ. Australia, 1980;p.93-505.
85. Faesecke KP. Arbeit in Überdruck. In: Die Forschungsarbeiten von Arthur und Adele Bornstein beim Bau des ersten Hamburger-Elbtunnels 1909-1910. Dissertation Universität Hamburg (Med. Diss. Hamburg), 1997.
86. Jain KK. The history of hyperbaric medicine. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. 2017. p. 3–9. In.
87. Edwards ML. Hyperbaric oxygen therapy. Part 1: History and principles. J Vet Emerg Crit Care. 2010;20 (3):284–8.
88. Smith G. Carbon monoxide poisoning. Annals of the New York Academy of Sciences 117 (2), 1964;p.684–87.
89. Boerema I, Meyne NG, Brummelkamp WH, Bouma S, Mensch MH KFE all. Life without blood. Ned Tijdschr Geneesk 1960; 104:p.949-54.
90. Kindwall EP. Chapter 1, A History of Hyperbaric Medicine. Kindwall EP and

- Whelan HT (editors): Hyperbaric Medicine Practice 2nd Revised Edition, USA, Best Publishing Company 1999;p.1-32.
91. Özkan E. Aile Hekimlerinin Hiperbarik Oksijen Tedavisi İle İlgili Bilgi, Tutum ve davranışları. T.C. Sağlık Bilimleri Üniversitesi Keçiören Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Aile Hekimliği Kliniği; 2022.
  92. K.K.Jain. Physical, physiological and biochemical aspects of hyperbaric oxygenation. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer International Publishing; 2017. p. 11–21.
  93. Jones MW, Wyatt HA. Hyperbaric, physics. StatPearls. 2019;1–8.
  94. K.K.Jain. Physical, physiological and biochemical aspects of hyperbaric oxygenation. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer International Publishing; In 2017. p. 11–21.
  95. Levett DZH, Millar IL. Bubble trouble: A review of diving physiology and disease. Postgrad Med J. 2008;84 (997):571–8.
  96. Whelan, Harry T.; Kindwall EP. Blood oxygen content and henry ' s law. In: Hyperbaric Medicine Practice. 4th ed. North Palm Beach, FL 33408: Best Publishing Company; 2017. p. 393–5.
  97. Mader JT. Hyperbaric oxygen therapy: A comittee report, in Undersea and Hyperbaric Medical Society, Maryland USA. 1989.
  98. Çimşit M. Hiperbarik oksijenin etki mekanizması. In: Hiperbarik Tıp Teori ve Uygulama. Ankara: Eflatun Yayınevi. In 2009. p. 35–8.
  99. Chonis T CJ. Hyperbaric, cardiovascular effects. StatPearls. 2018;1–4.
  100. Çimşit M. Hiperbarik oksijenin etki mekanizması. In: Hiperbarik Tıp Teori ve Uygulama. Ankara: Eflatun Yayınevi; 2009. p. 35–58. In 2009. p. 35–58.
  101. Kaide CG, Khandelwal S. Hyperbaric oxygen: Applications in Infectious Disease. Emerg Med Clin North Am. 2008;26 (2):571–95.
  102. Park M. Effects of Hyperbaric Oxygen in Infectious Diseases: Basic Mechanisms. In: Hyperbaric Medicine Practice 2nd Revised Edition, USA, Best Publishing Company, Kindwall EP ve Whelan HT, Editors, 2002;p.205-



- 44.
103. Conway PK HG. Wound Healing in the Diabetic Foot. In: The Diabetic Foot 7th Edition, Philadelphia, Mosby Elsevier, Bowker HJ. Ve Am. Pfeifer, Editors, 2008;p.319-28.
104. Sheffield PJ. Tissue oxygen measurements with respect to soft tissue wound healing with normobaric and hyperbaric oxygen. HBO Review 1985; 1:p.18-43.
105. Silver IA. Physiology of wound healing. In: Wound healing and wound infection: theory and surgical practice, Hunt TK (ed). Appleton-century-crofts, New York 1980;p.11-31.
106. Tunalı G. Deneysel diyabet oluşturulmuş sıçanlarda yara iyileşmesinde hiperbarik oksijen ve prp (platelet rich plasma) etkilerinin histolojik ve ince yapı araştırması. İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakütesi, Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı, 2007;s.28.
107. Bhutani S VG. Hyperbaric oxygen and wound healing. Indian J Plast Surg. 2012;45 (2):316–24.
108. Mathieu D, Marroni A, Kot J. Consensus Conference Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment Daniel Mathieu, Alessandro Marroni and Jacek Kot. 2017;47 (1):24–32.
109. Heyboer M, Sharma D, Santiago W MN. Hyperbaric oxygen therapy: Side effects defined and quantified. Adv Wound Care. 2017;6 (6):210–24.
110. Çimşit M. İndikasyon, Kontrindikasyon ve Yan Etkiler. In: Hiperbarik Tıp Teori ve Uygulama. Ankara: Eflatun Yayınevi; 2009. p. 127–44. In.
111. Rivalland G, Mitchell SJ VSJ. Pulmonary barotrauma and cerebral arterial gas embolism during hyperbaric oxygen therapy. Aviat Sp Environ Med. 2010;81 (9):888–90.

112. Balta T. Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Diyabetes Mellitus Tanılı Hastalarda Myokardiyal Repolarizasyon Parametrelerine Etkisi: Elektrokardiyografik Bir Çalışma. T.C. Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Tıp Fakültesi Sultan 2. Abdülhamid Han Sağlık Uygulama ve Araştırma merkezi; 2022.
113. Lester J G V. Observations made in the caisson of the New East River Bridge as to effects of compressed air upon the human ear. Arch Otolaryngol (1), 1898;p.27.
114. Brady JI Jr, Summitt JK, Berghage TE. An audiometric survey of Navy divers. Undersea Biomed Res. 3 (1): 1976;p.41-7.
115. Armstrong HG HJ. The effect of flight on the middle ear. JAMA. 109 (6):1937;p.417-21.
116. Dishoeck. HAE. Tension and resistance of eustachian tube. Arch Otolaryngol 34: 1941;p.596.
117. Adolfson J, Fluor E. Hearing discrimination in hyperbaric air. Aerosp Med. 38 (2):1967;p.174-5.
118. Fitzpatrick DT, Franck BA, Mason KT, et al: Risk factors for symptomatic otic and sinüs barotrauma in a multiplace hyperbaric chamber. Undersea Hyperb Med 26:1999;p.243–47.
119. Gawdi R CJ. Hyperbaric contraindications definition / introduction. NCBI Bookshelf A Serv Natl Libr Med Natl Institutes Heal. 2020;2–5.
120. Jain KK. Indications, Contraindications, and Complications of Hyperbaric Oxygen Therapy. In: Textbook of Hyperbaric Medicine 3rd ed. Seattle, Toronto, Bern, Göttingen, Hogrefe&Huber Publishers, Jain K K, Editor, 1999;p.105-8. 1999. 105–8 p.
121. Choiniere, Denise B. “the effects of hospital noise.” Nursing administration quarterly 34.4: 2010;p.327-33.
122. Berglund B, Lindvall T, Schwela DH. Guidelines for community noise. World Health Organisation, 1999.
123. <http://www.epa.gov/> online erişim. No Title.

124. Noise and Hearing Loss. Natl Institutes Heal Consens Dev Conf Statement. 1990;1 (8):1-24.
125. Stucken E, Hong R. Noise-induced hearing loss. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2014;22 (5):388-393.
126. Concha-Barrientos M, Campbell-Lendrum D, Kyle Steenland. Occupational Noise: Assessing the Burden of Disease From Work-Related Hearing Impairment at National and Local Levels. Geneva, Switzerland; 2004. doi:10.1002/9781118834015.ch104.
127. Passchier-Vermeer W, Passchier WF. Noise Exposure and Public Health. *Environ Health Perspect.* 2000;108 (1):123-131.
128. Joseph Sataloff. A Brief History of Occupational Hearing Loss: A Personal Perspective. In: Sataloff RT, Joseph Sataloff, eds. *Occupational Hearing Loss.* 3rd ed. Taylor&Francis; 2006:401-410.
129. Babisch, Wolfgang, and Kamp Iv. "Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension." *Noise and Health* 11.44: 2009;p.161.
130. Basner M, Babisch W, Davis A, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet.* 2014;383 (9925):1325-1332. doi:10.1016/S0140-6736 (13)61613-X.
131. Disorders OC. NIDC Fact Sheet: Noise-Induced Hearing Loss.
132. Cunningham LL, Tucci DL. Hearing Loss in Adults. *N Engl J Med.* 2017;377 (25):2465-2473. doi:10.1056/NEJMra1616601.
133. Dobie RA. "The Burden of Age-related and Occupational Noise-Induced Hearing Loss in the United States", *DOBIE / EAR & HEARING, VOL. 29, NO. 4, 2008;p.565-77.*
134. Mirza R, Kirchner DB, Dobie RA, Crawford J; ACOEM Task Force on Occupational Hearing Loss. Occupational Noise-Induced Hearing Loss. *J Occup Environ Med.* 2018;60 (9):e498-e501. doi:10.1097/JOM.0000000000001423.

135. Shuster B, Casserly R, Lipford E, Olszewski R, Milon B, Viechweg S, et al. Estradiol protects against noise-induced hearing loss and modulates auditory physiology in female mice. *Int J Mol Sci.* 2021;22 (22).
136. Tak S, Davis RR, Calvert GM. Exposure to hazardous workplace noise and use of hearing protection devices among US workers—NHANES, 1999–2004. *American Journal of Industrial Medicine*, 52 (5),2009;p.358–71.
137. Thomas M. Noise during a Dive to 100 ft *J. Acoust Soc Am* 51 (4):1972;p.1362-4.
138. Summitt JK, Reimers SD. Noise: a hazard to divers and hyperbaric chamber personnel. *Aerosp Med.*42 (11): 1971;p.1173-7.
139. Arve L. “Occupational noise exposure and hearing: a systematic review” *Int Arch Occup Environ Health* 89: 2016;p.351–72.
140. Molvaer OI, Gjestland T. Hearing damage risk to divers operating noisy tools under water. *Scand J Work Environ Health.* 1981;7 (4):263-270. doi:10.5271/sjweh.2548.
141. Skogstad M, Haldorsen T, Arnesen AR. Auditory function among young occupational divers: a 3-year follow-up study. *Scand Audiol.* 2000;29 (4):245-252. doi:10.1080/010503900750022871.
142. Skogstad M, Eriksen T, Skare Ø. A twelve-year longitudinal study of hearing thresholds among professional divers. *Undersea Hyperb Med.* 2009;36 (1):25-31.
143. Nedwell JR, Parvin SJ. Noise and hearing loss in divers. *Underwater Technology* Vol.20 No.4, 1995.
144. Anthony TG. ”Review of diver noise exposure” *International Journal of the Society for Underwater Technology*, Vol 29, No 1: 2010;p.21-39.
145. Mendel LL, Knafelc ME and Cudahy EA. Hearing function in a hyperbaric environment. *Undersea andHyperbaric Medicine* 27 (2):2000;p.91-105.
146. Nedwell JR, Mason TI, Collett AG, Gardiner RW. Noise exposure of commercial divers in the Norwegian Sector of the North Sea. *Undersea Hyperb*

Med. 2015;42 (2):151-158.

147. Curley MD, Knafelc ME. Evaluation of noise within the MK 12 SSDS helmet and its effect on divers' hearing. *Undersea Biomed Res.* 1987;14 (3):187-204.
148. Harvey CA. "Noise Levels in a Hyperbaric Chamber at 41.4 PSI and Associated Hearing Threshold Changes." Report prepared for Qualification as Submarine Medical Officer: 1971.
149. Mulholland LJ. Suppression of Hyperbaric Chamber Noise. Library Naval Postgraduate School Monterey, Calif 93940, 1973.
150. Murry T. "Noise Levels Inside Navy Diving Chambers During Compression and Decompression." U.S. Naval Submarine Medical Center Report Number 643, 1970.
151. Molvaer I, Gjestland T, Hatlestad S. Noise levels in a living chamber during a 19-day saturation dive to 300 msw. Norwegian Underwater Institute NUI Report No. 9/81:1981.
152. Reimers SD. "Test of Bendix Air Filters Used as Mufflers." Navy Experimental Diving Unit Letter Report, 1971;p.8-71.

## 8.ÖZGEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ

### I- Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı : Recep ÖZKAN

Doğum yeri ve tarihi :

Uyruğu : T.C.

Medeni durum : Evli

İletişim adresi :

Yabancı dili : İngilizce

### II- Eğitimi

2010-2016 : Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi

### III- Mesleki Deneyimi

2016 : Erzurum Palandöken Toplum Sağlığı Merkezi

2016-2017 : Erzurum Mareşal Devlet Hastanesi,

2017 : Erzurum İl Göç İdaresi Müdürlüğü Aşkale Geri Gönderme Merkezi

2017 : Erzurum İl Sağlık Müdürlüğü Adnan menderes Aile Sağlığı Merkezi, Maksut Efendi Aile Sağlığı Merkezi

2017 : Erzurum Palandöken Toplum Sağlığı Merkezi Başkanlığı

2018 – 2019 : Erzurum Palandöken İlçe Sağlık Müdürlüğü Solakzade Sağlıklı Merkezi ve Yıldızkent Sağlıklı Hayat Merkezi Sorumlu Hekimi

2019– devam ediyor : SBÜ Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp AD Asistan Hekimi

## 9. EKLER

### EK 1. Etik Kurul Onayı



T.C.  
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ  
Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 46418926

17.06.2021

Konu : Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurul Kararları

#### ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

TOPLANTI TARİHİ : 17.06.2021  
TOPLANTI SAATİ : 13:30 (Covid-19 tedbirleri kapsamında toplantı online yapılmıştır.)  
TOPLANTI NO : 2021/12  
PROJE/ KARAR NO : 2021/286 (Değerlendirme Tarihi: 17.06.2021)

Üniversitemiz Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Suatlı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalında görevli Dr. Öğr. Üyesi Taylan ZAMAN'ın sorumlu araştırmacı olduğu, Dr. Recep ÖZKAN ve Uzm. Dr. Levent YÜCEL'in yardımcı araştırmacı oldukları, 2021/286 kayıt numaralı, "Basınç Odasının Operasyonu Ekenasında Meydana Gelen Ses Şiddetinin Ölçümü ve Ses Şiddetinin Basınç Odasında Görevli Sağlık Personelinin İşitme Fonksiyonları Üzerine Etkisi" başlıklı uzmanlık tezi proje önerisi, araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur. Rica ederim.

S.NO	AD SOYAD VE UZMANLIK ALANI
1	Prof. Dr. Ahmet COŞAR (Anestezi AD Bşk.İğ.) Etik Kurul Başkanı
2	Prof. Dr. Alper GÖZÜBÜYÜK (Göğüs Cerr. AD Bşk.İğ.) Etik Kurul Başkanı Yardımcısı
3	Prof. Dr. Selahattin BEDİR(Üroloji AD Bşk.İğ.)
4	Prof. Dr. Levent KENAR(KBRN, Enstitü)
5	Prof. Dr. Yusuf İZCİ (Beyin ve Sinir Cerr. AD.Bşk.İğ.)
6	Prof. Dr. Ali Kağan COŞKUN(Genel Cerr. AD Bşk.İğ.)
7	Prof. Dr. Suat DOĞANCI(Kalp Damar Cerr. AD Bşk.İğ.)
8	Prof. Dr. Cantürk TAŞÇI(Göğüs Hast. AD Bşk.İğ.)
9	Prof. Dr. Fulya TOKSOY TOPÇU (Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi AD.Bşk.İğ.)
10	Prof. Dr. Ayten TÜRKKANI(Histoloji AD.Bşk.İğ.)
11	Prof. Dr. Gülsen GÜVENÇ(Hemşirelik Fakültesi)
12	Prof. Dr. Dilek YILDIZ (Hemşirelik Fakültesi) Sekreter
13	Dr.Öğr.Üyesi Mustafa GÜNEY(Mikrobiyoloji AD Bşk.İğ.)

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu  
Etik-Ankara Telefon: 0 (312) 304 6135