



**T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

TREN İÇERİSİNDE ÇALIŞANLARDA GÜRÜLTÜ MARUZİYETİNİN İNCELENMESİ

Ömer DOĞRU

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

ANKARA-2016

**T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**TREN İÇERİSİNDE ÇALIŞANLARDA GÜRÜLTÜ
MARUZİYETİNİN İNCELENMESİ**

Ömer DOĞRU

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

Tez Danışmanı
Ayhan ÖZMEN

ANKARA-2016

T.C.
Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

O N A Y

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı Ömer DOĞRU, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı Ayhan ÖZMEN'in danışmanlığında başlığı **Tren İçerisinde Çalışanlarda Gürültü Maruziyetinin İncelenmesi** olarak teslim edilen bu tezin savunma sınavı 25.05.2016 tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Serhat AYRIM
Müsteşar Yrd.
JÜRİ BAŞKANI

Kasım ÖZER
Genel Müdür

Dr. Havva Nurdan Rana GÜVEN
Genel Müdür Yrd.

İsmail GERİM
Genel Müdür Yrd.

Dr. Ercüment N. DİZDAR
Öğretim Üyesi

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Kasım ÖZER
Genel Müdür

TEŞEKKÜR

İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı'nda İSG Uzman Yardımcısı olarak çalışmaya başladığım günden beri, mesleki açıdan yetişmemdeki ve uzmanlık tezi çalışmamı hazırlama aşamasındaki değerli katkılarından dolayı; Genel Müdürümüz Sayın Kasım ÖZER'e, Genel Müdür Yardımcılarım Sayın Dr. Havva Nurdan Rana GÜVEN'e, Sayın İsmail GERİM'e, Sayın Sedat YENİDÜNYA'ya, tez çalışmam boyunca her türlü desteği sağlayan çok değerli tez danışmanım İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı Sayın Ayhan ÖZMEN'e, birim sorumlum Sayın Serap ZEYREK'e, bu çalışmanın ortaya çıkmasında emeği geçen tüm TCDD çalışanlarına, çalışmalarım boyunca yardımcı olan tüm dostlarıma ve manevi desteklerini esirgemedikleri ve her ihtiyaç duyduğumda yanımda oldukları için kıymetli aileme en derin duygularıyla teşekkür ederim.

ÖZET

DOĞRU, Ömer

Tren İçerisinde Çalışanlarda Gürültü Maruziyetinin İncelenmesi

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi

Ankara 2016

Ekonominin lokomotif olmaya aday demiryolu taşımacılığı, içerisinde birçok risk ve tehlikeyi barındırmakta ve bununla birlikte özel şartları ihtiva eden ve bunlara göre değerlendirilmesi gereken çalışma ortamlarından birisidir. Bu tez çalışmasının amacı; demiryolu taşımacılığında tren içerisinde çalışanlarda gürültü maruziyetinin incelenmesi ve maruziyet düzeylerini azaltmak amacıyla önerilerde bulunmaktır. Çalışmada; Türkiye’de faaliyet gösteren dört ana hat treni ve dört yüksek hızlı trende, yirmi yedi farklı çalışma grubunda TS EN ISO 9612: 2009 standardı “Akustik - Çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün belirlenmesi - Mühendislik yöntemi” temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları; ana hat trenlerinde, makine dairesi çalışanlarının günlük gürültü maruziyetlerinin yasal mevzuatımızdaki sınır değerlerin üzerinde olduğunu, yüksek hızlı trenlerde makine dairesi çalışanlarının günlük gürültü maruziyetlerinin eylem değerlerinde olduğunu ortaya çıkarmıştır. Alınabilecek önlemler ve yapılması gereken iyileştirmeler çalışmanın içerisinde açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: trenlerde gürültü, akredite metot, ölçüm, iş sağlığı ve güvenliği.

ABSTRACT

DOĞRU, Ömer

Investigation of Noise Exposure in Train Employees

**Ministry of Labor and Social Security, Directorate General of Occupational Health and
Safety**

Thesis for Occupational Health and Safety Expertise

Ankara 2016

Railroad transportation, a candidate to become the powerhouse of economy, contains a lot of risks and dangers whilst comprising specific conditions and should be assessed accordingly. The purpose of this thesis study is to investigate train staff's exposure to noise and provide proposals to decrease the levels of such exposure. The study was conducted on four main line and four high speed trains active in Turkey, among twenty-seven different study groups based on the TS EN ISO 9612: 2009 standard "Acoustics - Determination of occupational noise exposure - Engineering method". Results of measurements have revealed that engine room staff that work on main line trains are exposed to noise levels above the daily legal legislation while the staff who work on high speed train engine rooms are exposed to levels of noise in accordance with levels set by legislation. Precautions that can be taken and improvements to be made are explained within the study.

Keywords: train noise, transportation, accredited method, measurement, occupational health and safety

İÇİNDEKİLER

ÖZET	İİ
ABSTRACT	İİİ
İÇİNDEKİLER	İV
TABLolar LİSTESİ	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	Vİİ
GRAFİKLER LİSTESİ	Vİİİ
RESİMLER LİSTESİ	X
SİMGE VE KISALTMALAR	Xİ
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. DÜNYADA DEMİRYOLLARI ve TARİHİ	3
2.1.1. Dünyada Demiryollarının Mevcut Durumu	6
2.2. 1856 YILINDAN GÜNÜMÜZE ÜLKEMİZDE DEMİRYOLU HATLARI	7
2.2.1. Cumhuriyet Öncesi	8
2.2.2. Cumhuriyet Sonrası Dönem	8
2.2.3. TCDD'nin Mevcut Durumu	11
2.3. DEMİRYOLLARINDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ	14
2.3.1. Yasal Düzenlemeler	14
2.3.2. Dünyada Demiryollarında İş Sağlığı ve Güvenliği Yasal Düzenlemeleri	14
2.4. AKUSTİK, SES ve GÜRÜLTÜ	16
2.4.1. Akustik	16
2.4.2. Gürültünün Sınıflandırılması	21
2.4.3. İşitme Referans Değerleri	22
2.5. GÜRÜLTÜNÜN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ	25
2.5.1. Gürültünün İşitsel Etkileri	25
2.5.2. Gürültünün İşitsel Olmayan Etkileri	28
2.5.3. Trenlerde Gürültü Kaynakları	30
3. GEREÇ VE YÖNTEM	33

3.1. KULLANILAN ÖLÇÜM METODU	34
3.1.1. Cihaz Sistemi.....	35
3.1.2. Yöntem İşlem Basamakları	38
3.2. ÖLÇÜM YERLERİNİN SEÇİMİ	49
4. BULGULAR	51
4.1. ÖLÇÜM YAPILAN TRENLER ve ROTALAR.....	51
4.2. ÖLÇÜM SONUÇLARI	54
5. TARTIŞMA.....	75
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ.....	89
EKLER.....	91

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. 19. Yüzyılda Avrupa’da demiryolu hat uzunlukları (km)	5
Tablo 2.2. Dünyada bölgesel demiryolu uzunlukları (km)	6
Tablo 2.3. 1856 - 1922 yılları arasında Osmanlı topraklarında yapılan hatlar	8
Tablo 2.4. Taşımacılığın ulaştırma sistemlerine göre dağılımı	11
Tablo 2.5. TCDD’nin mevcut yol durumu	12
Tablo 2.6. Çeken ve çekilen araç durumu	12
Tablo 2.7. Personel durumu	13
Tablo 2.8. Bazı ses kaynakları ve şiddetleri	20
Tablo 2.9. Temel nicelikler ve terimler	24
Tablo 3.1. SV102 Gürültü dozimetresi ve SV30 A Akustik kalibratör özellikleri	36
Tablo 3.2. Ses seviye ölçerde bulunan seçenekler	37
Tablo 3.3. Homojen gürültü maruziyet gruplarının toplam asgari ölçüm süreleri	43
Tablo 4.1. Ölçüm yapılan trenler, rotalar ve ölçüm süreleri	52
Tablo 4.2. Konvansiyonel trenler – Makine dairesi ölçüm sonuçları	65
Tablo 4.3. YHT – Makine dairesi ölçüm sonuçları	65
Tablo 4.4. Konvansiyonel trenler – Jeneratör vagonu ölçüm sonuçları	66
Tablo 4.5. Konvansiyonel trenler – Furgon vagonu ölçüm sonuçları	66
Tablo 4.6. YHT – Hostes ve yemek vagonu ölçüm sonuçları	66
Tablo 4.7. Konvansiyonel trenler için kodlama (makine ve jeneratör vagonu)	67
Tablo 4.8. YHT için kodlama (hostesler ve yemek vagonu)	67

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Tez çalışması iş akış şeması.....	33
Şekil 3.2. İSGÜM Akreditasyon kapsamı.....	34
Şekil 3.3. Yöntem işlem basamakları	38
Şekil 3.4. Görev tabanlı ölçümlerde ölçüm sürelerinin belirlenmesi.....	43

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 2.1. Dünyada bölgesel demiryolu uzunlukları.....	6
Grafik 2.2.TCDD personel durumu	13
Grafik 2.3. Dalganın temel özellikleri	19
Grafik 4.1. KON1 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı	55
Grafik 4.2. KON1 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı	55
Grafik 4.3. KON2 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı	56
Grafik 4.4. KON2 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı	56
Grafik 4.5. KON3 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı	57
Grafik 4.6. KON3 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı	57
Grafik 4.7. KON4 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı	58
Grafik 4.8. KON4 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı	58
Grafik 4.9. YHT2 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı.....	59
Grafik 4.10. YHT2 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı	59
Grafik 4.11. YHT1 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı.....	60
Grafik 4.12. YHT1 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı	60
Grafik 4.13. YHT3 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı.....	61
Grafik 4.14. YHT3 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı	61
Grafik 4.15. KON2 Treni jeneratör vagonu gürültü ölçüm serisi normal dağılımı	62
Grafik 4.16. KON2 Treni jeneratör vagonu gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı.....	62
Grafik 4.17. KON3 Treni jeneratör vagonu gürültü ölçüm serisi normal dağılımı	63
Grafik 4.18. KON3 Treni jeneratör vagonu gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı.....	63
Grafik 4.19. KON4 Treni jeneratör vagonu gürültü ölçüm serisi normal dağılımı	64
Grafik 4.20. KON4 Treni jeneratör vagonu gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı.....	64
Grafik 4.21. Konvansiyonel trenlerde makinistlerin günlük gürültü maruziyetleri	68
Grafik 4.22. YHT makine dairesi günlük gürültü maruziyetleri	68
Grafik 4.23. Konvansiyonel trenlerde jeneratör vagonu günlük gürültü maruziyetleri.....	69
Grafik 4.24. YHT yemek vagonu ve hosteslerin günlük gürültü maruziyetleri	70
Grafik 4.25. Konvansiyonel trenlerde furgon vagonu günlük gürültü maruziyetleri	70
Grafik 4.26. Ortalama günlük gürültü maruziyeti değerleri karşılaştırması	71
Grafik 4.27. Lokomotif tipine göre makine dairesi ve jeneratör vagonu çalışanlarının ortalama günlük gürültü maruziyet değerleri karşılaştırması	72

Grafik 4.28. KON1 treni çalışma grupları için günlük gürültü maruziyeti değerleri	73
Grafik 4.29. KON2 treni çalışma grupları için günlük gürültü maruziyet değerleri	73
Grafik 4.30. KON3 treni çalışma grupları için günlük gürültü maruziyet değerleri	74
Grafik 4.31. KON4 treni çalışma grupları için günlük gürültü maruziyet değerleri	74

RESİMLER LİSTESİ

Resim 3.1. SV102 Gürültü dozimetresi ve SV30 A akustik kalibratör	36
Resim 3.2. Ölçüm gerçekleştirilen trenlerden bazıları.....	49
Resim 3.3. Ölçümün gerçekleştirilmesi	50

SİMGE VE KISALTMALAR

°C	Derece santigrat
c_{1u_1}	Örneklemeden gelen belirsizlik katkısı
ÇSGB	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
dB	Desibel
dB(A)	A-frekans ağırlıklı desibel
dB(C)	C-frekans ağırlıklı desibel
EN	Européen Normalisation (Avrupa Standartları)
f	Frekans
HCN	Health Council of the Netherlands (Hollanda Sağlık Konseyi)
HL	Hearing Level (İşitme Seviyesi)
HSE	Health and Safety Executive (İngiltere İş Sağlığı ve Güvenliği Kuruluşu)
Hz	Hertz
IEC	International Electrotechnical Commission (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)
ILO	International Labour Organization (Uluslararası Çalışma Örgütü)
İSG	İş sağlığı ve güvenliği
İSGGM	İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
İSGÜM	İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı
ISO	International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilatı)
KKD	Kişisel koruyucu donanım
L_{Aq}	Logaritmik ses basıncı
L_{eq}	Eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi
$L_{EX, 8h}$	A-ağırlıklı gürültü seviyesi maruziyetinin 8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş hali
$L_{EX, 8h, m}$	Günlük gürültü maruziyet düzeyine katkıda bulunan m görevinin A-ağırlıklı gürültü maruziyet düzeyi

$L_{p,A,eqT m}$	Görev m için gerçek A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi
$L_{p,A,eqTe}$	Etkin bir çalışma günü süresi için ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesi
$L_{p,Cpeak}$	C-ağırlıklı pik ses basınç seviyesi
N	İş örneklerin toplam sayısı
NIOSH	The National Institute for Occupational Safety and Health (Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü)
n_G	Homojen bir maruziyet grubu için çalışan sayısı
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (Amerikan İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi)
p	Ses basıncı
Pa	Paskal
RMS	Root mean square (Ortalama karekök)
SGK	Sosyal Güvenlik Kurumu
SL	Sensation Level (Duyma Eşiği)
SPL	Sound Pressure Level (Ses basınç seviyesi)
TS	Türk Standardı
TÜDEMSAŞ	Türkiye Demiryolu Makinaları Sanayi Anonim Şirketi
TÜLOMSAŞ	Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayi Anonim Şirketi
TÜRKAK	Türk Akreditasyon Kurumu
TÜVASAŞ	Türkiye Vagon Sanayi Anonim Şirketi
YHT	Yüksek Hızlı Tren

1. GİRİŞ

Avrupa Birliği'nin (AB) ortak politika alanlarından biri olan “ulaştırma” hem ekonomik ve toplumsal bütünleşmeyi sağlaması hem de ekonomik alanda gelişmeyi hızlandırması sebebiyle AB'nin her zaman gündeminde olan önemli politika alanlarından biridir. AB, modern ekonomilerin anahtarı olarak gördüğü ulaştırma sektörüne ilişkin yeni politikalar geliştirerek, toplumun; ekonomik, çevresel ve sosyal gereksinimlerine cevap verebilen, bütünleşik, rekabet edebilir ve sürdürülebilir bir ulaştırma sistemi oluşturmak hedefiyle söz konusu politikaların uygulanmasına yönelik çalışmaları sürdürmektedir [1].

Demiryollarının pazar payının artırılması için Avrupa genelinde yeni demiryolu altyapılarının inşa edilmesi gerekmektedir. 2011 Beyaz Kitabı¹, 2050 yılına kadar orta mesafeli demiryolu yolcu taşımacılığının çoğunluğunu havaalanlarına tamamen bağlayacak Avrupa yüksek-hızlı demiryolu şebekesinin tamamlanması için çağrıda bulunmuştur [1].

Son yıllarda sektörün atağa kalkması ile sorunlar artmakta ve uluslararası baskı ve sorumluluklar da bununla birlikte artmaktadır. Her sektörde olduğu gibi demiryolu çalışanları da iş sağlığı ve güvenliğini tehdit eden birçok olayla karşı karşıya kalmaktadırlar. Üretimin hammadde safhasından taşımacılık ve nakliye gibi son safhalarına kadar birçok tehlike bulunmaktadır. İş kazaları sonucu can kayıpları ve uzuv kayıpları yaşanabilmekte, fiziksel ve kimyasal maruziyetler ile de meslek hastalıkları ortaya çıkabilmektedir. İş gücü kaybı ve tazminatlar da dolaylı olarak ülke ekonomisine olumsuz etki oluşturmaktadır.

Çalışmanın genel bilgiler bölümünde; dünyada ve ülkemizde demiryollarının tarihsel gelişimi, demiryollarında iş sağlığı ve güvenliği yasal düzenlemeleri ve gürültünün insan sağlığına olan etkileri hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

Gereç ve yöntemler bölümünde; kişisel günlük gürültü maruziyeti ölçümlerinde kullanılan metod ve bu metodun gereksinimleri ve çalışma evreni hakkında ayrıntılı bilgiler bulunmaktadır.

Bulgular bölümünde ise çalışmanın yapıldığı farklı tiplerdeki trenlerde faal çalışan on bir konvansiyonel ana hat treninin beşinin rotasını kapsayan dört lokomotifte ve faal olan tüm

¹ Kurum ve kuruluşların oluşturacakları resmi belgeler için bir taslak olan modern İngiliz ve İrlanda terminolojisinde de resmi doküman olarak yerini alan dokümanlardır.

yüksek hızlı trenlerde çalışan toplamda yirmi yedi farklı çalışma grubunun kişisel günlük gürültü maruziyetleri verilmiştir.

Son olarak yapılan ölçümler hem kendi aralarında hem de farklı ülkelerde yapılan çalışmalar ile karşılaştırmalı olarak incelenmiş, gürültü kontrolü ile ilgili öneriler paylaşılmıştır.

Farklı ülkelerde yapılan kişisel günlük gürültü maruziyeti ölçümlerinin eski olması ve ülkemizde böyle bir çalışmanın bulunmayışı böyle bir çalışmaya ihtiyacın bulunduğunun göstergesi olarak görülmüştür.

Bu tez çalışmasının temel amacı; tren içerisinde çalışanların kişisel gürültü maruziyet düzeylerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesidir. Bu amaç çevresinde; demiryolu taşımacılığında tren içerisinde çalışanların maruz kaldıkları gürültü kaynakları ve bu gürültü kaynaklarının doğal çalışma ortamında hepsinin bir arada gürültü düzeylerinin belirlenerek çalışanların günlük gürültü maruziyet değerlerinin uluslararası ve ulusal mevzuatlardaki sınır değerlerle karşılaştırılacak ve alınabilecek önlemler belirtilecektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. DÜNYADA DEMİRYOLLARI VE TARİHİ

Bir ülkenin siyasi, sosyal, kültürel ve iktisadi hayatını etkileyen öğelerin başında ulaşım sektörü gelmektedir. Tarım, ticaret ve sanayinin gelişmesi düzenli ve gelişmiş bir ulaşım sistemiyle mümkündür. Ayrıca bölgelerarası sosyal ve iktisadi bütünlüğün sağlanması da güçlü bir ulaşım ve haberleşme sistemine bağlı bulunmaktadır. Bu itibarla, bir ülkedeki ulaşım sisteminin gelişmişlik durumu, o ülkenin iktisadi, sosyal ve kültürel açıdan erişmiş olduğu seviyeyi göstermektedir.

İlkel ulaşım sistemleri ve vasıtalarının yerine makine gücünün ikame edilmesi modern ulaştırma sisteminin başlangıcı kabul edilmektedir. Batıda kapitalizmin gelişmesi ve teknolojiadaki devrimler sonucunda kara ve deniz ulaşımında büyük sıçramalar olmuştur. Bu yeniliklerden biri de buharlı lokomotifin keşfi ve ulaşım alanında kullanılmaya başlamasıdır. Denebilir ki, ulaşım sisteminin gelişmesi demiryollarının keşfiyle başlamıştır.

Tanım olarak demiryolu, çeken ve çekilen taşıma araçlarının bir dizi halinde belli bir yönden şaşmadan ve sürtünme direncinin mümkün mertebe düşürülerek sevk edilmelerini sağlayan bir ulaştırma sistemi arayışından doğmuştur.

Demiryolları, buhar gücünü yaratmak için kullanılan enerji kaynağı olan kömürün taşınma ihtiyacından doğmuştur. Kömürü ocaklardan tüketim noktalarına ulaştırmanın bedeli, üretim maliyetinin çok üzerindedir. İngiltere kömür yataklarının denize yakın olması sebebiyle diğer ülkelere göre madencilikte daha büyük avantaj sağlamıştır. Böylece madencilik alanında diğer ülkeleri geçmiştir. Örneğin Fransa'da 19. yüzyıl başlarında kömürün üretim maliyetinin on katı kadar ulaştırma maliyeti tutmaktadır. 1550 yılında Fransa'da Alsace Maden Ocaklarında tahta raylar üzerinde insan gücüyle çalıştırılan dekoviller, demiryolu taşımacılığının ilk örnekleridir.

Ulaşım teknolojisinin gelişmesi, buhar makinesinin icat edilmesiyle başlamıştır. Bu makineler, buharın içinde var olan ısı enerjisini, mekanik enerjiye dönüştüren bir dıştan yanmalı motordur. Bir buhar makinesi basınç altında buhar üretmek için suyu kaynatacak bir kazana ihtiyaç duyar. Bunun için herhangi bir ısı kaynağı kullanılabilir. Bunun için daha çok kömür tercih edilmekte olup, sınai kuruluşları da bundan böyle nehir kenarlarında değil kömür madenlerinin

yakınlarında kurulmaya başlanmıştır. Bu gelişme sonucunda nüfus ve üretim coğrafi olarak yer değiştirmiş, Avrupa’da kömür yataklarının civarı nüfusun yığılma merkezleri haline gelmiştir.

1698 yılında, İngiliz mühendis Thomas Savery (1650-1715) ilk ticari olarak satılan buhar makinesini yapmıştır ve bu makine maden ocaklarında suyu boşaltmak amacıyla kullanılmıştır. 1712 yılında başka bir İngiliz mühendis Thomas Newcomen (1663-1729) yeni bir tür buhar makinesini geliştirmiştir. 1760’lı yıllarda İskoçyalı mühendis James Watt, Newcomen’in makinesini geliştirmiş, pistonun ileri geri hareketini bir tekerleğin dönme hareketine çeviren mekanik alet icat etmiştir. Gelişen buharlı makine gemiler, lokomotifler ve otomobiller gibi ulaşım vasıtaları ile dokuma sanayinde ve madencilikte kullanılmıştır. Dolayısıyla buharlı makineler, 1750-1830 yılları arasında ilk kez İngiltere’de başlayıp diğer Avrupa ülkelerine yayılan ve Batı insanının hayat tarzını ve seviyesini kökünden değiştiren sanayi inkılabının da temel taşlarından birisi olması bakımından büyük öneme sahiptir.

İlk metal ray, 1776 yılında yapılmıştır. 1801 yılında İngiltere’de Wandsworth-Croydon arasındaki 16 km.lik demiryolu hattında atla çekilen arabalar çalışmaya başlamıştır. Watt’ın keşfettiği buhar makinesi bugünkü anlamda 1814 yılında George Stephenson tarafından demiryoluna tatbik edilebilmiştir. Ancak bundan önce 1769’da Fransız Nicolas Cugnot ilk buharlı arabayı yapmıştır. Araba üç tekerlekli ve yaya hızıyla gidebiliyordu ve ancak iki kişi taşıyabiliyordu. 1801 yılında İngiliz makine mühendisi Richard Trevithick ilk, iki yıl sonra da ikinci buharlı arabasını yaptı. 1804’de de ilk buharlı lokomotifini yaptı. İlk demiryolu hattı, 1825 yılında Stochon-Darlington arasında hizmete girmiştir. Bu hatta vagonların atla çekilmesi düşünülürken buharlı makinelerin devreye girmesi ile ilk demiryolu taşımacılığı başlamıştır. Bu demiryolunun etkisiyle kömür fiyatları yarı yarıya düşmüş, Stochon-Darlington arasındaki ticaretin artması gibi olumlu gelişmeler İngiltere’de demiryollarının hızlı bir gelişme göstermesine sebep olmuştur.

1829 yılında da Stephenson, “Rocket” adını verdiği ikinci lokomotifini geliştirdi. Rocket’le, en iyi buharlı lokomotif tasarlama ve yapma yarışmasını kazandı. Rocket, Liverpool-Manchester arasındaki 56 km.lik yolu iki saatin biraz altında kat ediyordu. Bu lokomotif uzun yıllar boyunca diğer lokomotiflere modellik yapmıştır.

Böylece demiryolu hatları ve buharlı lokomotifler, sanayileşmenin yalnız sembolü olmakla kalmamış aynı zamanda en önemli aracı olmuştur. Demiryollarından önce yetersiz taşıma imkânları sanayileşmenin ana engelini teşkil ederken demiryolları ucuz, hızlı ve güvenilir bir taşıma imkânı sağlamıştır. Demir, çelik, kömür, kereste, gübre ve tuğla gibi ağır ve hacimli

malların kara üzerinden ucuz ve hızlı bir şekilde taşınması mümkün olmuştur. Ayrıca raylar için demir-çelik, lokomotif için sac ve motor gibi mallar üretilerek ağır sanayi sektörünün doğmasına yol açılmıştır. Demiryollarının tarım üzerinde de olumlu etkileri olmuş, ticari ziraat yaygınlık kazanmış, en ücra yerlerdeki köylüler bile pazar için üretime başlamış, demiryolu sayesinde şehir pazarlarına kolaylıkla mallarını sevk etmişler ve nihayet ulusal ekonomik bütünleşme sağlanmıştır [2].

Tablo 2.1.'de belirtildiği gibi 19. yüzyılın ilk çeyreğinde Avrupa'da 9 000 kilometre olan demiryolu uzunluğu 19. Yüzyılın sonlarına doğru 250 000 kilometreyi aşmıştır.

Tablo 2.1. 19. Yüzyılda Avrupa'da demiryolu hat uzunlukları (km)

ÜLKELER	1845	1850	1870	1890
Büyük Britanya, İrlanda	4 082	10 592	24 864	32 673
Hollanda	153	176	1 248	3 060
Belçika, Lüksemburg	577	830	2 880	5263
Fransa	870	3 019	15 632	36 896
Almanya	2 143	5 824	18 768	74 000
İsviçre	4	23	1424	3 070
Avusturya-Macaristan	1 058	1 536	9 420	27 113
Portekiz	-	-	704	2 060
İspanya	-	128	5 120	9 878
İtalya	128	432	6 128	12 907
Yunanistan	-	-	-	767
Sırbistan	-	-	-	538
Romanya	-	-	240	2 494
Osmanlı İmparatorluğu	-	-	624	1 719
Rusya, Finlandiya	144	496	11 360	30 957
İsveç	-	-	1 744	8 041
Norveç	-	-	272	1 562
Danimarka	-	32	499	2 010
TOPLAM	9 159	23 088	100 927	255 008

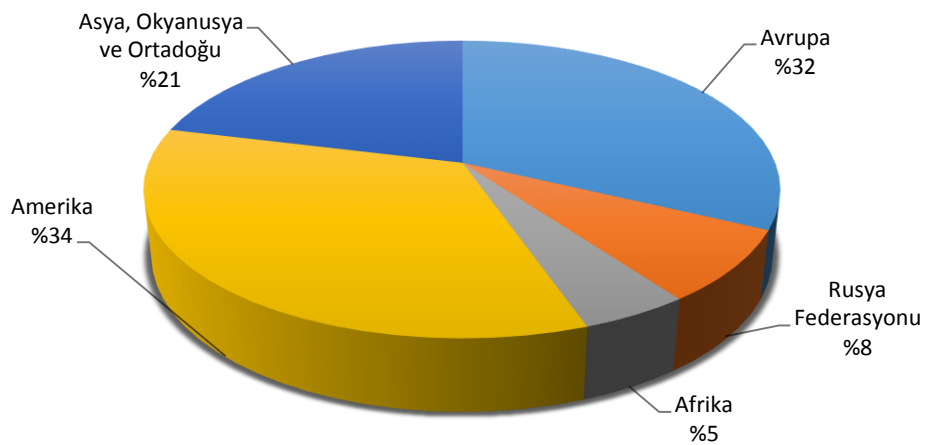
2.1.1. Dünyada Demiryollarının Mevcut Durumu

Dünyada demiryolu uzunlukları toplamı genel olarak 2007 – 2014 yılları arasında sabit bir eğilimle süregelmektedir. Bölgesel olarak incelendiğinde; 2013 – 2014 yılları arasında demiryolu uzunlukları Avrupa’da yaklaşık %31 artmış, Amerika’da %2,7 ve Afrika’da %28 azalmıştır. Toplam ray uzunluğu dünyada sabit görünse bile bölgesel olarak değişimler ilgi çekicidir [3]. Tablo 2.2.’de ve Grafik 2.1.’de mevcut durum özetlenmiştir.

Tablo 2.2. Dünyada bölgesel demiryolu uzunlukları (km)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	%Δ
Avrupa*	264.630	263.805	268.465	285.408	270.341	265.115	265.231	348.514	31,4
Rusya Federasyonu	84.158	85.194	85.281	85.292	85.167	84.249	84.249	85.266	1,2
Afrika	52.400	52.482	52.299	50.274	70.505	70.504	70.505	50.959	-28
Amerika	389.862	386.772	383.079	375.773	369.222	369.222	381.538	371.114	-2,7
Asya, Okyanusya ve Ortadoğu	222.644	221.827	224.151	224.204	233.570	232.365	227.707	229.702	0,9
DÜNYA	1.013.695	1.010.081	1.013.276	1.020.953	1.028.806	1.021.457	1.029.230	1.000.289	-2,8%

* Türkiye dâhildir.



Grafik 2.1. Dünyada bölgesel demiryolu uzunlukları

2.2. 1856 YILINDAN GÜNÜMÜZE ÜLKEMİZDE DEMİRYOLU HATLARI

Osmanlı topraklarında demiryolunun tarihi, 1851 yılında 211 km’lik Kahire-İskenderiye Demiryolu hattının imtiyazının verilmesiyle [5], bugünkü milli sınırlar içindeki demiryollarının tarihi ise Sultan Abdülmecit zamanında 23 Eylül 1856 yılında bir İngiliz şirketine 130 km’lik İzmir-Aydın Demiryolu hattının imtiyazının verilmesiyle başlar [4]. Yapımı 10 yıl süren bu hat 1866 yılında Sultan Abdülaziz zamanında tamamlanmıştır [5]. Anadolu insanı buharlı lokomotifin ilk kullanılmasından 33 yıl sonra 1856 yılında demiryolu ile tanışır [5].

Osmanlı Demiryolları, bir süre Nafia Nezareti (Bayındırlık Bakanlığı)’nin Turuk ve Meabir (Yol ve İnşaat) Dairesi tarafından yönetildi. 24 Eylül 1872 tarihinde de demiryolu yapım ve işletmesini gerçekleştirmek üzere Demiryolları İdaresi kuruldu [4].

Cumhuriyetin kurulması ve demiryollarının devletleştirilmesine karar verilmesinden sonra Demiryolu işletmeciliği için 24 Mayıs 1924 tarih ve 506 sayılı Kanun ile Nafia Vekâletine (Bayındırlık Bakanlığı) bağlı “Anadolu - Bağdat Demiryolları Müdüriyeti Umumiyesi” kuruldu. Demiryolu alanında ilk bağımsız yönetim birimi olarak demiryollarının yapımı ve işletilmesinin bir arada yürütülmesini sağlamak amacıyla da 31 Mayıs 1927 tarih ve 1042 sayılı Kanun ile Nafia Vekâleti’ne bağlı “Devlet Demiryolları ve Limanları İdare-i Umumiyesi” kuruldu. Devlet Demiryolları ve Limanları İşletme Umum Müdürlüğü adıyla 1939 yılında Münakalat Vekâleti (Ulaştırma Bakanlığı)’ne bağlandı. Cumhuriyet öncesinde yapılan ve yabancı şirketler tarafından işletilen hatlar, 1928–1948 yılları arasında satın alınarak millileştirilmiştir [4].

22 Temmuz 1953 tarihine kadar katma bütçeli bir devlet idaresi şeklinde yönetilen Kuruluş, bu tarihte çıkarılan 6186 sayılı Kanunla Ulaştırma Bakanlığına bağlı olarak “Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi (TCDD)” adı altında İktisadi Devlet Teşekkülü haline getirilmiştir [4].

08.06.1984 tarih ve 233 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile “Kamu İktisadi Kuruluşu” hüviyetini alan ve TÛLOMSAŞ, TÛDEMSAŞ ve TÛVASAŞ olmak üzere üç adet bağlı ortaklığı bulunan TCDD, halen Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığının ilgili kuruluşu olarak faaliyetini sürdürmektedir.

Ülkemiz demiryolu tarihi; Cumhuriyet öncesi, Cumhuriyet dönemi (1923-1950 Dönemi) ve 1950 sonrası dönem olarak üç başlık altında incelenmelidir. Bu dönemlerin belirgin özelliği;

birincisinde demiryolu hatlarının büyük bölümünün yabancılara verilen imtiyazla yaptırılması, ikincisinde demiryolu ulaştırmasının altın çağı olması, üçüncüsünde ise demiryolu ulaştırmasının yok sayılması, ihmal edilmesidir [6].

2.2.1. Cumhuriyet Öncesi

Türk Demiryolu Tarihi, 1856 yılında başlar. İlk demiryolu hattı olan 130 km'lik İzmir - Aydın hattına ilk kazma bir İngiliz şirketine verilen imtiyazla bu yılda vurulmuştur. Osmanlı Devletinde demiryolu imtiyazı verilen İngiliz, Fransız ve Almanların ayrı ayrı etki alanları oluşmuştur. Dolayısıyla Osmanlı Topraklarında yapılan demiryolu hatları, geçtiği güzergâhlar bu ülkelerin iktisadi ve siyasi amaçlarına göre biçimlendirilmiştir [6].

Tablo 2.3. 1856 - 1922 yılları arasında Osmanlı topraklarında yapılan hatlar

Mevki	Uzunluk	Hat
Rumeli Demiryolları	2 383 km	Normal hat
Anadolu-Bağdat Demiryolları	2 424 km	Normal hat
İzmir -Kasaba ve uzantısı	695 km	Normal hat
İzmir -Aydın ve şubeleri	610 km	Normal hat
Sam-Hama ve uzantısı	498 km	Dar ve normal hat
Yafa-Kudüs	86 km	Normal hat
Bursa-Mudanya	42 km	Dar hat
Ankara-Yahşihan	80 km	Dar hat
Toplam	8 619 km	

2.2.2. Cumhuriyet Sonrası Dönem

2.2.2.1. Demiryolu ağırlıklı dönem (1923- 1950 Dönemi) :

Cumhuriyet öncesi dönemde, yabancı şirketlere verilen imtiyazla, onların denetiminde ve ülke dışı ekonomilere, siyasi çıkarlara hizmet eder türde gerçekleştirilen demiryolları; Cumhuriyet sonrası dönemde milli çıkarlar doğrultusunda yapılandırılmış, kendine yeterli "milli ekonomi"nin yaratılması amaçlanarak demiryollarının ülke kaynaklarını harekete geçirmesi

hedeflenmiştir. Bu dönemin belirgin özelliği, 1932 ve 1936 yıllarında hazırlanan 1 inci ve 2inci Beş Yıllık Sanayileşme Planlarında; demir-çelik, kömür ve makine gibi temel sanayilere öncelik verilmiş olmasıdır. Bu tür kitlesel yüklerin en ucuz biçimde taşınabilmesi açısından demiryolu yatırımlarına ağırlık verilmiştir. Bu nedenle, demiryolu hatları milli kaynaklara yönlendirilmiş, sanayinin yurt sathına yayılma sürecinde yer seçiminin belirlenmesinde yönlendirici olmuştur [6].

Demiryolu yapımı İkinci Dünya Savaşı'na kadar büyük bir hızla sürdürülmüştür. Savaş nedeniyle 1940'dan sonra yavaşlamıştır. 1923-1950 yılları arasında yapılan 3 578 km'lik demiryolunun 3 208 km.si 1940 yılına kadar tamamlanmıştır. Karayolu sistemi ise bu dönemde demiryollarını besleyecek şekilde tasarlanmıştır.

Demiryollarının şu hedefleri gerçekleştirmesi amaçlanmıştır:

- Potansiyel üretim merkezlerine, doğal kaynaklara ulaşması amaçlanmıştır.
- Üretim ve tüketim merkezleri ile özellikle limanlar ile art bölgeler arası ilişkileri kurması amaçlanmıştır.
- Ekonomik gelişmenin ülke düzeyinde yayılmasını sağlamak amacı ile özellikle az gelişmiş bölgelere ulaşması amaçlanmıştır.
- Milli güvenlik ve bütünlüğün sağlanması amacıyla dönük olarak ülkeyi sarması hedeflenmiştir.

Türk demiryolları 1923-1940 yılları arasında bir anlamda atılım çağı yaşamıştır. Bu dönemde 1923 yılı itibarı ile 4 559 km. olan demiryolu 1940 yılına kadar gerçekleştirilen çalışmalarla 8 37 km.ye ulaşmıştır [5].

2.2.2.2. Karayolu ağırlıklı dönem (1950 sonrası):

Osmanlı İmparatorluğu'ndan kalan karayolu mirası, 13 885 km bozuk satırlı dar şose ve 4 450 km toprak yol olmak üzere 18 335 km'lik yol ile 94 adet köprüden oluşmaktaydı [6].

Buharlı lokomotifin ilk kullanılmasından çok kısa bir süre sonra Türkiye'ye gelen ve 1940 yılına kadar büyük bir gelişme gösteren demiryolu taşımacılığının bu tarihlerden sonra geri plana atılmasının temelinde yatan gerekçe devletin ulaşım politikasının değişmiş olmasıdır. 1948 yılında ABD tarafından hazırlanan ve "Hilts Raporu" adı verilen bir rapor, Türkiye'de

ulaşım ağırlığının demiryolundan karayoluna kaydırılması gerektiğini ve bu doğrultuda karayolu yapımı için Yollar Genel M¼d¼rl¼ę¼'n¼n kurulmasını öngörmektedir. Ayrıca raporda Yollar Genel M¼d¼rl¼ę¼'n¼n Ulaştırma Bakanlığı'ndan bağımsız bir şekilde kurulması vurgulanmıştır [5].

Karayollarının 1950 sonrası d¼nemi ise: İlk Atılım D¼nemi (1950-1963), Planlı Atılım D¼nemi (1963-1980), 1983-1993 Ulaştırma Ana Planı D¼nemi (1983-1986) ve Otoyollar D¼nemi (1986- ...) olarak değerlendirilmektedir [6].

1960 sonrası planlı kalkınma d¼nemlerinde, demiryolları için öngör¼len hedeflere hiçbir zaman ulaşılamamıştır. Bu politikaların sonucu olarak, 1950-1980 yılları arasında yılda sadece ortalama 30 km yeni hat yapılabilmıştir.

1980'li yılların ortalarında ise, ¼lkemizde hızlı bir karayolu yapım seferberliği başlatılmış, otoyollar GAP ve Turizmden sonra ¼lkemizin 3. büyük projesi olarak kabul edilmiştir.

Ayrıca ¼lkemizde yapılmış tek ulusal ulaştırma planı olan, ulaştırma sistemimizin iyileştirilmesi yön¼nde bir adım olarak gör¼len, karayolu ulaşım payının % 72'den % 36'ya d¼ř¼r¼lmesini hedefleyen "1983-1993 Ulaştırma Ana Planı" da uygulanmamıştır ve 1986 yılından sonra uygulamadan kaldırılmıştır [6].

Sonuç olarak; 1950'li yıllardan sonra uygulanan karayolu ağırlıklı ulaşım politikaları sonucunda, 1950-1997 yılları arasında karayolu uzunluğu % 80 artarken, demiryolu uzunluğu sadece % 11 artmıştır. Ulaştırma sektörleri içindeki yatırım payları ise; 1960'li yıllarda karayolu % 50, demiryolu % 30 pay alırken, 1985'den bu yana demiryolunun payı % 10'un altında kalmıştır [6].

Bu ulaşım politikalarının doğal sonucu olarak ¼lkemiz ulaşım sistemi adeta tek bir sisteme dayandırılmıştır. Demiryollarının ulaştırma sistemi içindeki yolcu taşıma payı 1950 yılında % 42,2 iken 2013 yılında % 1, yük taşıma payı % 68,2'den 2013 yılında 3,9 seviyesine d¼řm¼řtür. Aşağıdaki Tablo 2.4.'de de gör¼leceęi üzere karayolu ağırlıklı bir taşımacılık yapılmaktadır [1].

Tablo 2.4. Taşımacılığın ulaştırma sistemlerine göre dağılımı

Yıllar	Yük (Netton-Km)				Yolcu (Yolcu-Km)*			
	Karayolu	Demiryolu	Denizyolu	Havayolu	Karayolu	Demiryolu	Denizyolu	Havayolu**
1950	25,0	68,2	6,8	0,0	50,3	42,2	7,5	0,0
1960	45,0	52,9	2,0	0,1	72,9	24,3	2,0	0,8
1970	75,4	24,3	0,2	0,1	91,4	7,6	0,3	0,7
2000	90,1	5,4	6,4	0,1	96,0	2,2	0,0	1,8
2010	89,9	5,3	5,0	***	97,8	1,6	0,7	***
2013	88,7	4,4	6,0	***	90,5	1,0	0,6	7,9

* Şehir içi taşımacılık dâhil değildir. ** Sivil Havacılık verileri temin edilememiştir.

2003 yılından itibaren ulaştırma sistemi içerisinde demiryolu yatırımlarına öncelik verilmesi sonucu 2003–2014 döneminde (sökülüp yeniden yapılan 261 km dâhil) 1 759 km yeni demiryolu yapılmıştır.

2003 yılında başlatılan Ankara-İstanbul Hızlı Tren Projesinde; ilk etapta 206 km. Esenkent-Eskişehir bölümü tamamlanarak 13 Mart 2009 tarihinde, Ankara-Konya Yüksek Hızlı Tren Projesi 24 Ağustos 2011 tarihinde, Eskişehir Konya Hızlı Tren projesi 24 Mart 2013 tarihinde, Ankara-İstanbul-Yüksek Hızlı Tren Projesi 27 Temmuz 2014 tarihinden itibaren yüksek hızlı tren işletmeciliğine açılmıştır. Konya- İstanbul (Pendik) YHT hattı 18 Aralık 2014 tarihinden itibaren hızlı tren işletmeciliğine açılmıştır [1].

2.2.3. TCDD'nin Mevcut Durumu

2.2.3.1. Yol durumu

TCDD; 2014 yılı sonu itibariyle 8 903 km'si konvansiyonel ana hat ve 2 369 km'si tali hat olmak üzere toplam 11 272 km konvansiyonel hat, 1 184 km yüksek hızlı tren hattı ve 29 km istasyon içi yüksek hızlı tren hattı olmak üzere toplam 1213 km yüksek hızlı tren hattı ile toplam 12 485 km'lik demiryolu hattı bulunmaktadır. Toplam hatların 3 748 km'si elektrikli ve 4 412 km'si sinyalli hale getirilmiştir. Toplam yol uzunluğu içerisindeki elektrikli ve sinyalli hat oranları sırasıyla %30 ve %35'dir. 2014 yılsonu itibari ile demiryollarında geline nokta Tablo 2.5.'de özetlenmiştir [1].

Tablo 2.5. TCDD'nin mevcut yol durumu

Demiryolu Yapımları (Ana hatlar)	Uzunluk (km)
Cumhuriyet Öncesi	4 136
Cumhuriyet Dönemi;	
1923-1950	3 764
1951-2003	945
2014 Sonu Toplam Konvansiyonel Ana hat Yol Uzunluğu	8 903
2014 Sonu Hızlı Tren Hat Uzunluğu	1 213
Toplam (Hızlı + Konvansiyonel) Ana hat Uzunluğu	10 116
2014 Sonu İltisak hattı ve istasyon Yolları	2 369
Toplam Yol Uzunluğu	12 485

2.2.3.2. Çeken - çekilen araç durumu

Çeken Araçlar	Mevcut	Faal	%
Elektrikli Lokomotif	80	72	90
Anahat Dizel Lokomotif	434	339	78
Manevra Lokomotif	106	75	71
Elektrikli Dizi	117	109	94
Dizel Dizi	80	60	75
Yüksek Hızlı Tren Seti	12	11	92
Çekilen Araçlar	Mevcut	Faal	%
Yolcu Vagonu	916	666	73
Yük Vagonu	18 967	17 532	92
Kapalı Vagon	5 243	4 794	91
Açık Vagon	6 294	5 889	94
Sarnıçlı Vagon	824	716	87
Platform Vagon	6 606	6 133	93
3. Şahıs Vagonları	4 066	4 026	99
İdari Hizmet Vagonları	1 745	1 740	100

Tablo 2.6. Çeken ve çekilen araç durumu

2014 yılı sonu itibariyle TCDD'nin; çeken araç parkında 80 adet elektrikli lokomotif, 434 adet ana hat dizelli lokomotif, 106 adet manevra lokomotif, 117 adet elektrikli dizi, 80 adet dizelli dizi, 12 set yüksek hızlı tren bulunmaktadır. Çekilen araç parkında ise 916 adet yolcu, TCDD'ye

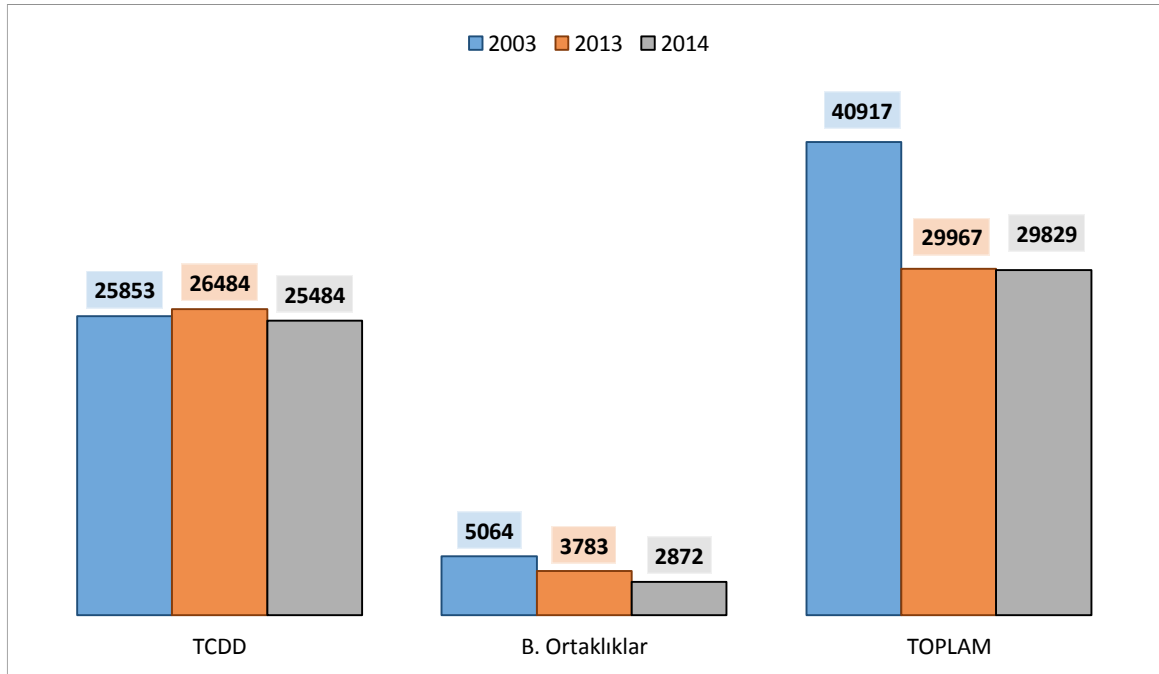
ait 18 967 adet, sahibine ait 4 066 adet yük vagonu ve 1 745 adet idari vagon bulunmaktadır. Araç durumu Tablo 2.6.'da özetlenmiştir.

2.2.3.3. Personel durumu

TCDD; 2003 yılında 35 853 adet personel ile faaliyetlerini sürdürürken 2014 yılında, 25 957 adet personelle faaliyetlerini sürdürmüştür. Personel sayısında 2014 yılında 2013 yılına göre % 1 ve 2003 yılına göre ise % 28 oranında azalma olmuştur. Personel durumu Tablo 2.7.'de ve Grafik 2.2.'de özetlenmiştir.

Tablo 2.7. Personel durumu

Yıllar	Memur	Sözleşmeli	Daimi İşçi	Geçici İşçi	TCDD Toplamı	Bağlı Ortaklıklar	TCDD + Bağlı Ortaklıklar
2003	1 068	19 192	13 455	2 138	35 853	5 064	40 917
2013	870	13 432	11 019	863	26 484	3 783	29 967
2014	859	13 682	10 551	865	25 957	2 872	29 829



Grafik 2.2. TCDD personel durumu

2.3. DEMİRYOLLARINDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

2.3.1. Yasal Düzenlemeler

Avrupa Birliği ülkelerinin ve özellikle İngiltere'nin konuyla ilgili özel ve yerel düzenlemeleri bulunmakla birlikte, Avrupa Birliği ülkelerinin konuyla ilgili genel olarak benimsediği ilgili AB düzenlemesi 2004/49/EC koduyla belirtilen Demiryolu Güvenlik Direktifi'dir (Railway Safety Directive) [7].

Türkiye Cumhuriyeti'nde demiryollarının işletimi ve yapılandırılmasından sorumlu olan kuruluş TCDD bünyesinde Emniyet Sistemi Müdürlükleri kurulmuş ve planlama, tasarım, yapı, testler, işletme ve bakım gibi yürütülen tüm faaliyetlerde uygulanacak olan bir Emniyet Yönetim Sisteminin kurulması hedeflenmiştir. Bununla ilgili temel ilkeler ve hedefler oluşturulmuştur. Bunlar arasında; emniyet kültürünün yaygınlaştırılması, tüm personelin emniyetten sorumlu tutulması, emniyetin sağlanması, sürdürülmesi ve yükseltilmesi için gerekli çalışmaların yapılması, risklerin azaltılması için uygun kontrol önlemlerin alınması, kaza ve olaylara engel olabilmek için tüm çalışanların bütün arızaları, hataları, ramak kala olayları ve tehlikeleri bildirmelerinin sağlanması, ulusal ve uluslararası standartlara uyulması hedeflenmiştir [8].

Bu hedeflere uygun olarak TCDD Genel Demiryolu Kanunu Tasarısı'nı 14 Temmuz 2008 tarihinde Türkiye Büyük Millet Meclisi'ne sunmuştur [9].

2.3.2. Dünyada Demiryollarında İş Sağlığı ve Güvenliği Yasal Düzenlemeleri

Küresel ticaretin gelişmesiyle dünya genelinde demiryolu sektöründe önemli değişiklikler yaşanmıştır. Bunlardan en önemlisi demiryolu taşımacılığında özelleşmelerin olmasıdır. İngiltere, Kanada, Latin Amerika Ülkeleri, Avustralya, Yeni Zelanda'da demiryolu sektöründe büyük ölçüde özelleşmeler yapılmıştır ve bu hizmet farklı birçok firma tarafından sağlanmaktadır.

Bu rekabet sürecine ayak uydurmak için yapılan yapısal ve teknik çalışmalar sonucu demiryollarında farklı güvenlik riskleri ortaya çıkmıştır. Günümüzde demiryolu hatlarının kapasite kullanım oranları ve sefer süratleri artmıştır. Bu artış daha büyük riskleri de

beraberinde getirmiştir. Demiryolu sektöründeki ortalama hızın ve trafik yoğunluğunun artması tren seferleri arasındaki güvenlik açısından faydalı olan zaman aralıklarını önemli ölçüde kısaltmıştır. Bu gelişmeler ve demiryolu ağının genişlemesi çalışanların çalışma koşullarını etkilemiş ve iş sağlığı ve güvenliği açısından farklı riskleri beraberinde getirmiştir [10].

Avrupa ülkeleri demiryollarına bakıldığında; özelleştirmelerden dolayı birçok farklı firma vermekte ve uygulamalar Türkiye ile ciddi farklılıklar göstermekteydi. Bu farklılıklar Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun ile 2013 yılında ortadan kalkmıştır [11].

2.3.2.1. Kanada

Kanada’da demiryolları ile ilgili düzenlemelerden biri olan Demiryolu Güvenliği Kanunu ile demiryollarında ekonomi ve güvenlik mevzuatı ayrılmıştır. Bu düzenleme ile emniyet yönetim sistemi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Demiryolu taşımacılığında güvenlik ile ilgili düzenlemeler sadece bu kanun ile sınırlı kalmamıştır. Kanada İnsan Kaynakları ve Sosyal Gelişim (HRSDC) Bakanlığı demiryolları da dâhil olmak üzere çalışanların sağlığı ve güvenliği ile ilgili hükümleri Kanada İş Kanununda düzenlemiştir.

2.3.2.2. Avustralya

Avustralya’da 2010 yılında çıkarılan Demiryolu Güvenlik Yasasının mevcut İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası ile olan ilişkisi “Demiryollarında yürütülen işlerde 1984 tarihli İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası hükümleri geçerli olup Demiryolu Güvenlik Yasasına ek olarak bu hükümler uygulanmaya devam edilmelidir” hükmü ile sağlanmıştır.

2.3.2.3. Avrupa Birliği ülkeleri ve İngiltere

Avrupa Birliği (AB) ülkelerine bakıldığında demiryolu sektörü için birçok özel ve yerel düzenleme yapıldığı görülmektedir. Bunların içinden AB düzenlemesi olan 2004/49/EC Demiryolu Güvenlik Direktifi (Railway Safety Directive) genel olarak bu ülkeler tarafından kabul görmüştür. Bu direktif ile demiryolunda emniyet açısından kabul edilebilir en düşük seviyenin belirlenmesini ve birlik ülkelerindeki demiryolları emniyetinin bu seviyeye yükseltilmesini amaçlayan bir emniyet yönetim sisteminin oluşturulması hedeflenmiştir. Demiryolunda hizmet güvenliği Emniyet Yönetim Sistemi (EYS) ile sağlanmıştır. YYS ile demiryolunda var olan tehlikelerin ortadan kaldırılması veya azaltılması ve emniyetin

iyileştirilmesini hedefleyen tüm organizasyonel yapıların, süreçlerin, talimatların, kuralların ve önlemlerin kararlaştırılması ve uygulanması amaçlanmıştır. 2004/49/EC Direktifinde AB ülkelerinin bir EYS kurması ve gerekli çalışmaları yaparak asgari emniyet standardını yakalamaları istenmiştir. Avrupa Birliğinin bu isteklerine istinaden TCDD Kasım 2015’de Demiryolu Emniyet Yönetmeliği’ni yayımlamıştır [12].

İngiltere’de 19. yy.’a kadar demiryollarında güvenlik algısı yolcu güvenliği ile kısıtlı kalmıştır. 19. yy’a kadar demiryollarında birçok ciddi ve ölümlü iş kazası meydana gelmiştir. 1889 yılında iş güvenliğiyle ilgili atılan ilk adım tüm demiryolu şirketlerini kapsayacak şekilde demiryolu yasasında yapılan fazla süreli çalışma ile ilgili düzenleme olmuştur.

1974 yılında çıkan İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası (Health and Safety at Work etc Act 1974) ile işverenlere işçilerin ve işle ilgili diğer kişilerin sağlığının, güvenliğinin ve refahının makul sınırlar içerisinde teminat altına alınması sorumluluğu getirilmiş ve bu durumun sağlanması için işyerinde kabul görmüş yöntem ve standartların kullanılması istenmiştir. Ayrıca yasada her işletmenin kendi iş sağlığı ve güvenliği politikasını oluşturması ve bu politika kapsamında her bireyin iş sağlığı ve güvenliği açısından görevlerini yerine getirmesi gerektiği yer almıştır. 1993 yılında başlayan özelleştirmeler ile demiryolunda birçok işletme faaliyet göstermeye başlamış ve bu işletmelerden kendi öz denetimlerini yapmaları ve kendi iş sağlığı ve güvenliği politikalarını hazırlamaları istenmiştir. Daha sonra gerekli denetimlerin ve desteklerin Sağlık ve Güvenlik Kurulu (HSE) tarafından yapılmasının uygun olduğu belirtilmiştir [10]. 2006 yılında yapılan bir yetki devri ile Sağlık ve Güvenlik Kuruluna ait bu yetki Demiryolu ve Karayolu Dairesine (Office of Rail and Road) aktarılmıştır [13].

2.4. AKUSTİK, SES ve GÜRÜLTÜ

2.4.1. Akustik

Akustik, ses bilimidir. Akustik kelimesi duymak anlamına gelen Yunanca ‘akouein’ kelimesinden türetilmiştir. Gazlarda, sıvılarda ve katılardaki dalga hareketini ve dalganın etkilerini inceler. Akustik; fizik, mühendislik, psikoloji, konuşma, odyoloji, müzik, mimari, fizyoloji, nörobilim, vb. gibi akademik disiplinleri kapsayan çok geniş bir disiplinler arası saha haline gelmiştir [14]. Transdüser (dönüştürücü), ses kaydı ve kopyalama, tiyatro ve konser salonları tasarımı ve gürültü kontrolü gibi teknik alanları da içerir [15].

2.4.1.1. Ses ve Gürültü

Ses, tüm işlevlerini nadiren anladığımız günlük hayatımızın ortak bir parçasıdır. Bizlere müzik veya kuşları dinlemek gibi keyifli deneyimler sunar. Ailelerimizle ve dostlarla sözlü iletişimimizi sağlar. Telefonun çalması veya siren sesi bizi uyarır. Bunların yanında tanı koymak için bile bizlere yardımcı olur [16].

Bu yeteneklerinin yanında ses modern toplumda sıklıkla rahatsız edicidir. Birçok ses hoş değildir ve rahatsız edicidir. Buna gürültü denir. Ancak, rahatsızlık düzeyi sadece sesin kalitesine bağlı değil buna karşı olan tutumumuza da bağlıdır. Yeni bir jet uçağının kalkışı tasarım mühendisine hoş gelirken pistin sonuna yakın yaşayanlar için ıstırap olabilir. Ancak sesin rahatsız etmesi için yüksek olmasına gerek yoktur, damlayan bir musluk veya zeminden gelen bir çıtırtı gök gürültüsü kadar rahatsız edici olabilir [16].

Tanım olarak ses; hava veya bir başka ortam vasıtası ile hareket eden ve bir insanın veya bir hayvanın kulağına ulaştığında duyulabilen titreşim hareketidir. Ses enerjidir ve bir maddedeki moleküllerin titreşmesi sonucunda oluşur. Bu hareket kaynağından aşamalı olarak hava veya farklı bir ortam vasıtası ile olur. Ses havada yaklaşık olarak saniyede 340 metre hızla hareket eder. Sıvılarda ve katılarda yayılma hızı daha yüksektir. Örnek olarak suda saniyede 1500 metre, çelikte ise saniyede 5000 metre hızla hareket eder.

Ses birçok farklı işlemle üretilir. Bunlardan bazıları;

Titreşen cisimler: Bir davul derisi veya bir gürültülü makine titreştiği zaman, hava yer değiştirir ve yerel hava basıncında dalgalanmaya neden olur.

Hava akışının değişmesi: Konuştuğumuz veya şarkı söylediğimiz zaman vokal kıvrımlarımız havanın geçmesine izin verir. Sirenlerde, hızla dönen plakalar üzerindeki delikler dönüşümlü olarak havayı geçirir ve engeller, bu sayede yüksek bir ses elde edilir.

Zamana bağımlı ısı kaynakları: Elektrik kıvılcımı bir hışırtı üretir, bir patlama ani ısınmadan dolayı bir darbe üretir ve yıldırımın ani ısıtması nedeni ile gök gürültüsü meydana gelir.

Süpersonik akış: Süpersonik uçak veya hızlanan mermi havayı ses hızından daha hızlı akmaya zorlar ve bunun sonucunda şok dalgası meydana gelir [14].

2.4.1.2. Gürültü ve Ton

Ses saf bir tondan ibaret olabilir fakat çoğu durumda farklı frekanslarda birçok tonu içerir. Yüksek frekanslı sesler düşük frekanslı seslere göre daha rahatsız edicidirler. Aynı ses düzeyinde, saf tonlar karmaşık tonlardan oluşmuş bir sestten daha rahatsız edicidirler.

2.4.1.3. Dalga

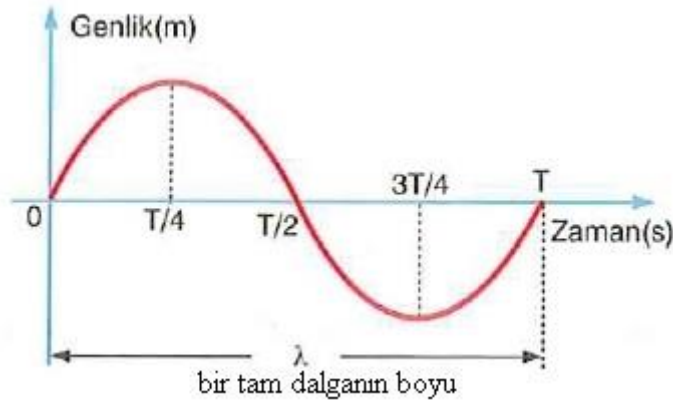
Dalga bir fizik terimi olarak, uzay veya uzay zamanda yayılan ve sıklıkla enerjinin taşınmasına yol açan titreşime verilen isimdir. Dalgalar bir yerden başka bir yere uzanırlar. Titreşimleri, periyodik olabileceği gibi periyodik olamayabilir. Tüm dalgalar şu özelliklere sahiptirler:

- Salınımın şiddeti genliktir.
- Salınımın ne sıklıkla olduğu frekanstır.
- Dalganın maksimumları arasındaki mesafe dalga boyudur [17].

Fiziksel olarak dalgayı tanımlamada önemli terimler şunlardır;

- Periyot: Periyot bir tam salınım arasındaki zaman süresine ya da bir titreşim için geçen süreye denir. Periyota bir devir süresince geçen zaman denilebilir. Birimi saniyedir. Frekansla ters orantılıdır.
- Frekans: Saniyede titreşimlerin sayısı dalganın frekansını ifade eder ve birimi Hertz (Hz)'dir. Ses çok geniş bir frekans aralığında bulunur. Genç bir insan için duyulabilir ses 20 Hz ile 20000 Hz aralığındadır. Düşük frekanslarda hava parçacıkları yavaş hareket ederek bas tonları, yüksek frekanslarda hava parçacıkları hızlı hareket ederek soprano tonları üretirler.
- Dalgaboyu: Bir dalganın ardışık iki tepe veya iki çukur noktası arasındaki mesafe dalga boyunu verir. Dalga boyu λ (lambda) ile gösterilir ve birimi metredir.
- Hız: Ses titreşimlerinin bir ortamda ilerleme hızına "ses hızı" denir ve birimi m/s'dir. Ses farklı ortamlarda (katı-sıvı-gaz) farklı hızlarla hareket eder. Sesin hızı ses kaynağına olan uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır. Ses dalgasının ilerlemesi sırasında karşısına çıkan engellerin özelliklerine bağlı olarak bir kısmı yansır, bir kısmı emilir, bir kısmı da ilerler [18].
- Genlik: Genlik, ses dalgalarının dikey büyüklüğünün bir ölçüsüdür. Ses dalgalarını oluşturan sıkışma ve genleşmeler arasındaki fark, dalgaların genliğini belirler. Ses dalgaları havada veya başka bir ortamda titreşen objeler tarafından üretilir. Örneğin

titreştirilen bir gitar teli, yaptığı 5 periyodik salınım hareketi ile hava moleküllerinin belli bir frekansta sıkışmasını ve genişmesini sağlar. Bu şekilde teldeki enerji havaya iletilmiş olur. Enerjinin miktarı, teldeki titreşim genliğine bağlıdır. Eğer tele fazla enerji yüklenirse, tel daha büyük bir genlikle titreşir. Teldeki titreşim genliği ne kadar fazla ise ortam tanecikleri tarafından taşınan enerji de o kadar fazladır. Enerji ne kadar fazla ise sesin şiddeti de o kadar büyük olacaktır [18]. Grafik 2.3.'de dalganın temel özellikleri verilmiştir.



Grafik 2.3. Dalganın temel özellikleri

- **Şiddet:** Şiddet, ses dalgalarının taşıdıkları enerjiye bağlı olarak sıkışma ve gevşemeler sırasında birim alana uyguladıkları kuvvettir. Birimi W/m^2 olarak ölçülebilir. Sesin şiddeti, ses kaynağına olan uzaklığın karesi ile ters orantılıdır. Ses kaynağına olan uzaklıkla birlikte ses dalgalarının şiddetinin azalması ses dalgalarındaki enerjinin daha geniş alanlara yayılmasından kaynaklanır. Ses dalgaları iki boyutlu bir ortamda dairesel olarak yayılır. Enerji korunduğu için enerjinin yayıldığı alan arttıkça güç azalmaktadır. Şiddet ve uzaklık arasındaki ilişki ters-kare ilişkisidir. Bu yüzden ses kaynağına olan uzaklık iki katına çıktığında şiddet dörtte bire düşer [18].
- Dalgalar genel olarak, mekanik ve elektromanyetik dalgalar olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Elektromanyetik dalgalar, yayılmak için bir ortama ihtiyaç duymazlar ve boşlukta da yayılabilirler. Mekanik dalgalar ise, enerjilerini aktarabilmek için ortam taneciklerine ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden boşlukta yayılamazlar [19].

2.4.1.4. İnfrasound ve Ultrasound

İnfrasound, 20 Hz altındaki frekanslardaki sestir ve normalde duyulamaz. Ultrasound, 20 000 Hz üzerindeki frekanslardaki sestir ve infrasound gibi normalde duyulamaz.

2.4.1.5. Fon

Gürültünün öznel şiddetini ölçebilmek için fon olarak adlandırılan boyutsuz bir ölçü birimi kullanılmaktadır. Fon ölçüsü, aynı şiddette aynı basıncı yaratan fakat frekansları farklı seslerin eş şiddette algılanması olgusuna dayanmaktadır. Fon değerleri teknik bir aletle ölçülemez. Bu değerler eğitimli ve tecrübeli gözlemcilerin takdir ettikleri öznel değerlerdir. Öznel şiddeti 40 fon olan ses yüksekliğine “son” denilir. Arı ses, tek bir frekanstan oluşan sese denir. Periyodik ses, değişik frekanslardaki iki veya daha fazla sayıdaki arı sesin birleşmesi sonucunda elde edilen sese denir [20].

2.4.1.6. Desibel (dB)

Ses şiddeti logaritmik bir değer olan ses seviyesi kullanılarak gösterilir ve birimi desibeldir (dB). İnsan kulağının algılayabileceği en düşük ses şiddeti “eşik şiddet” [2×10^{-5} Pa (N/m²)] olarak bilinir. İnsan kulağı 1 dB’lik ses seviyesi değişikliğini algılayabilir. Şiddet ölçümü için kullanılan ölçek 10’un katları, yani logaritmik olarak düzenlenmiştir. Sıfır desibel mutlak sessizliği değil; en düşük işitilebilen ses şiddeti olan $1 \cdot 10^{-12}$ W/m²’yi gösterir. Ses enerjisinde 10 katlık bir artış “1 bel” olarak ifade edilmekte olup 0,1 bel’e “1 dB” adı verilir. Duyma mesafesinde olan 10 dB’lik ses seviyesindeki artışı insan kulağı şiddetin ikiye katlanması olarak algılar. Bu durumun tam tersi de geçerlidir. Tablo 2.8. bazı ses kaynakları ve şiddetleri karşılaştırma amacı ile verilmiştir.

Tablo 2.8. Bazı ses kaynakları ve şiddetleri

KAYNAK	ŞİDDET (W/m ²)	dB(A)
Eşik Şiddet	$1 \cdot 10^{-12}$	0
Yaprak hışırtısı	$1 \cdot 10^{-11}$	10
Fısıltı	$1 \cdot 10^{-10}$	20
Normal konuşma	$1 \cdot 10^{-6}$	60
Yoğun trafik	$1 \cdot 10^{-5}$	70
Elektrik Süpürgesi	$1 \cdot 10^{-4}$	80
Orkestra	$6,3 \cdot 10^{-3}$	98
Müzik çaların en yüksek sesi	$1 \cdot 10^{-2}$	100
Konserin en ön sırası	$1 \cdot 10^{-1}$	110
Jet uçağının kalkışı	$1 \cdot 10^2$	140
Kulak zarı hasarı	$1 \cdot 10^4$	160

2.4.1.7. Oktav ve oktav bant filtreleri

Birinin frekansı diğerinin iki katı olan titreşim aralığına denir. Bu nedenlerle gürültü kontrolü açısından insan kulağının duyarlı olduğu tüm frekans aralığını incelemek gereksiz ve çok analiz yapılmasını gerektirir. Bu nedenlerle hassas ses veya gürültü ölçümleri için merkez frekanslarına bağlı olarak oktav bant aralıkları geliştirilmiştir. Bu hususta BS EN ISO 266:1997 tercih edilen standarttır [20].

Sesin kompozisyonunu tam olarak belirlemek için tek tek her bir frekansta sesin seviyesini belirlemek gereklidir. Genellikle bu değerler oktav bantlarında belirtilmektedir. Duyulabilir frekans bölgesi 10 adet oktav bandına bölünmüştür ve merkez frekansları ve bant genişlikleri uluslararası standartlara uygun olarak tanımlanmıştır. Her bir ardışık oktav bandının merkez frekansının bir öncekinin iki katı merkez frekans değeri vardır. Oktav bantları genellikle merkez frekansları ile tanımlanırlar.

2.4.2. Gürültünün Sınıflandırılması

Gürültü, frekans dağılımına göre ve ses düzeyinin zamanla değişimine göre olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılabilir.

2.4.2.1. Frekans dağılımına göre gürültünün sınıflandırılması

Gürültü frekans dağılımına göre, geniş bant gürültüsü ve dar bant gürültüsü olmak üzere ikiye ayrılır.

- **Geniş bant gürültü:** Gürültüyü oluşturan arı seslerin frekansları geniş bir aralığı kaplar. Yani frekans dağılımı verilmiş hiçbir frekans bandında toplanmamıştır. Her frekanstaki katkının aynı değerlerde olduğu geniş bant gürültüye, “Beyaz Gürültü” adı verilir. Hidrolik pompa gürültüsü bu sınıfa girer.
- **Dar bant gürültü:** Bu tür gürültünün frekans dağılımı, belli bir frekans bandında toplanmış bir grafik gösterir. Başka bir deyişle, gürültüyü oluşturan arı seslerden, frekansı belli bir aralıkta olanlar baskındır.

2.4.2.2. Ses düzeyinin zamanla değişimine göre sınıflandırılması

Ses düzeyinin zamanla değişimine göre ikiye ayrılır

- **Kararlı gürültü:** Gürültünün düzeyinde zamanla önemli bir değişimin olmadığı durumdur. Sabit hızda ve güçte çalışan içten yanmalı bir makinenin gürültüsü, kararlı gürültüye iyi bir örnektir.
- **Kararsız gürültü:** Gözlem süresince gürültünün düzeyinde sürekli ve önemli ölçüde değişiklikler olan gürültü şeklindedir. Niteliklerine göre üçe ayrılır.

-Dalgalı gürültü, gürültü düzeyinde önemli değişiklikler olan gürültüdür.

-Kesikli gürültü, gözlem süresinde gürültü düzeyi aniden ortam gürültü düzeyine düşen ve ortam gürültü düzeyi üzerindeki bir değeri bir saniye veya daha fazla sürede sabit olarak devam eden gürültüdür. (Örneğin durup yeniden çalışan vantilatör gürültüsü)

-Darbe gürültüsü, her biri bir saniyeden daha az süren bir veya daha fazla vuruşun çıkardığı gürültüdür [20].

Ses (gürültü) ölçümleri, rahatsız edici seslerin hassas ve bilimsel analizine izin verir. Ancak unutulmamalıdır ki, bireyler arasındaki fizyolojik ve psikolojik farklılıklar nedeniyle rahatsızlık derecesi belirli bir kişi için bilimsel olarak ölçülemez. Fakat ölçümler farklı koşullar altında rahatsız edici seslerin karşılaştırılmasında objektif yollar sunarlar. Ses ölçümleri, işitmenin zarar göreceği zamanın ve düzeltici önlemlerin alınacağı zamanın açık bir göstergesidir. İşitme hasarı derecesi kişinin duyma hassasiyetinin ölçüldüğü odyometri ile tespit edilebilir [16].

2.4.3. İşitme Referans Değerleri

2.4.3.1. Ses basınç seviyesi

Ses şiddeti karşılaştırmaları için sıklıkla kullanılan temel kılavuz değerlerden biridir. Ses basınç seviyesi (SPL), bir referans ses basıncı ile ilgili olarak belirli bir ses için ses basıncının logaritmik bir ölçüsüdür. 'L_p' şeklinde gösterilir ve desibel (dB) cinsinden ifade edilir. Referans ses basıncı 20 μ Pa (mikropaskal)'dır. 1000 Hz frekansında iyi işitmeye sahip insan için duyulabilir en sessiz ses 20 μ Pa ses basıncına sahiptir. İnsan kulağının duyabileceği en yüksek sesin basıncı 20 Pa'dır. 20 μ Pa - 20Pa aralığı çok geniş olduğu için uygun bir ses basınç ölçüm değeriyle tanımlanır. Desibel(dB), logaritmik bir büyüklüktür ve ses basınç seviyesi (SPL) olarak tanımlanır ve referans ses basıncı 20 μ Pa'nın kaç kat aşıldığının göstergesidir. 20 μ Pa ses basıncının, ses basınç seviyesi 0 dB'dir.

Ses basınç seviyesi, sesin enerjisine bağlıdır. Sesin enerjisi ya da maruziyet süresi iki katına çıkarsa ses basınç seviyesi 3 dB artacaktır ve tersi durumda da aynı oranda azalacaktır. Eğer ses basınç seviyesi 10 dB artar ya da azalırsa, ses sırasıyla iki katı ya da yarısı gibi algılanır. İyi bir işitme duyusuna sahip bir kişi ses basınç seviyesindeki 1-3 dB'lik değişimi fark edebilir [21].

2.4.3.2. İşitme seviyesi

Bu terim; belirli bir frekansta, normal işiten kişilerin duyabildiği minimum değeri gösteren ve temel değer olarak kabul edilen "0 dB" e göre, bir kişinin duyabildiği eşik şiddeti ifade eder. Temel değer için birçok ülkenin uzlaşıp kullandığı birim, 'HL-Hearing Level' göstergelerine dayanır. Bu göstergelere temel olan kılavuz değerler, normal insan kulağından elde edilen çeşitli oktav frekanslardaki hava ve kemik iletim eşiklerinin ortalamasıdır [18].

2.4.3.3. Duyma eşiği

Bu referans değer konuşma odyometrisi, empedans testleri gibi inceleme yöntemlerinin uygulanması ve tanımlanmasında kullanılır. Duyma Eşiği [SL (Sensation Level)]; bireyin eşik değerinin üzerindeki bir işitsel uyaran şiddetinin desibel cinsinden ölçüsüdür [18].

Yukarıdaki tanımlar dışında sesi (gürültüyü) tanımlamada kullanılan akustiğin temel nicelikleri, terimleri ve birimleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Bu nicelikler, terimler ve birimler ISO tarafından yayınlanan ve tüm dünyada sesi tanımlamada kullanılan "Acoustics — Definitions of Basic Quantities and Terms ISO/TR 25417:2007" ve "Quantities and Units — Part 8: Acoustics EN ISO 80000-8:2007" standartları kullanılarak Tablo 2.9.'da aktarılmıştır [22, 23].

Gürültü ölçümlerinde bu tablodaki nicelikler kullanılarak ses (veya gürültü) ile ilgili nicelikler hesaplanabilir. Örneğin çalışanın maruz kaldığı günlük kişisel gürültü maruziyeti $L_{EX,8h}$; ilk olarak belirli bir zaman aralığında ses basınç seviyesi ölçümü yapılarak A-Ağırlıklı Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Seviyesi ($L_{p,A,eqT}$) tespit edilir ve çalışanın maruziyet süresi belirlenerek hesaplanabilir. Tepe noktası ses basıncı p_{peak} ve tepe noktası ses basınç seviyeleri $L_{p,peak}$ de ölçümlerden elde edilir. Gerekli bilgiler bu şekilde toplandıktan sonra çalışanın gürültü maruziyeti ulusal veya uluslararası yasal mevzuatlarla karşılaştırılabilir.

Tablo 2.9. Temel nicelikler ve terimler

Ses Basıncı	p	Anlık toplam basınç ve statik basınç arasındaki fark
Ses Basınç Seviyesi	L_p	$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} \text{ dB}$ Ortamda belli bir noktada ölçülen ses basıncının referans ses basıncına logaritmik oranı (dB). $p_0=20 \mu\text{Pa}$
Zaman-Ortalama Ses Basınç Seviyesi	$L_{p,T}$	$L_{p,T} = L_{p,eqT} = 10 \log \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}{p_0^2} \right] \text{ dB}$ Çalışma kapsamındaki gürültü ile aynı ortalama enerjiye sahip olan kararlı ve sürekli bir gürültünün ses basınç seviyesi. $p_0=20 \mu\text{Pa}$
Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Seviyesi	$L_{p,eqT}$	
A-Ağırlıklı Zaman Ortalama Ses Basınç Seviyesi	$L_{p,A,T}$	$L_{p,A,T} = L_{p,A,eqT} = 10 \log \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt}{p_0^2} \right] \text{ dB}$ Çalışma kapsamındaki gürültü ile aynı A-ağırlıklı ortalama enerjiye sahip olan kararlı ve sürekli bir gürültünün ses basınç seviyesi. $p_0=20 \mu\text{Pa}$
A-Ağırlıklı Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Seviyesi	$L_{p,A,eqT}$	
8 Saatlik Günlük Çalışma Süresine Normalize Edilmiş A-Ağırlıklı Ses Maruziyet Seviyesi	$L_{EX,8h}$	$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \log \left[\frac{T_e}{T_0} \right] \text{ dB}$ $T_0 = 8 \text{ saat}$ $T_e = \text{Gürültü maruziyet süresi}$
Tepe Noktası Ses Basıncı	p_{peak}	Belirli bir zaman aralığı boyunca en büyük mutlak ses basıncı. (Pa)
Tepe Noktası Ses Basınç Seviyesi	$L_{p,peak}$	$L_{p,peak} = 10 \log \frac{p_{peak}^2}{p_0^2} \text{ dB}$ Ortamda belli bir noktada ölçülen tepe noktası ses basıncının referans ses basıncına logaritmik oranı (dB). $p_0=20 \mu\text{Pa}$
Ses Maruziyeti	E_T	$E_T = \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt$ Belirli bir zaman aralığında, ses basıncının karesinin integrali. ($\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$)
Ses (Gürültü) Maruziyet Seviyesi (SEL)	$L_{E,T}$	$L_{E,T} = 10 \log \frac{E_T}{E_0} \text{ dB}$ Ses maruziyetinin referans değerle logaritmik oranı $E_0=400 \mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$
Ses (Gücü)	P	Yüzeyi üzerinde bir noktada yüzeyine normal yönde; bir yüzey boyunca, ses basıncı ve parçacık hızı bileşeninin çarpımı. (W)
Ses Gücü Düzeyi	L_W	$L_W = 10 \log \frac{P}{P_0} \text{ dB}$ Ses gücünün referans değerle logaritmik oranı. $P_0=1 \text{ pW}$
Ses Enerjisi	J	$J = \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt$ Belirli bir zaman aralığında ses gücünün integrali. (Joule)
Ses Enerjisi Düzeyi	L_j	$L_j = 10 \log \frac{P}{P_0} \text{ dB}$ Ses enerjisinin referans değerle logaritmik oranı. $J_0=1 \text{ J}$
Ses Yoğunluğu	i	$i = p(t) \cdot u(t)$
Enerji Akı Yoğunluğu	i	Bir noktada ses basıncı ve parçacık hızının vektörel çarpımı. W/m^2
Zaman-Ortalama Ses Yoğunluğu	I_T	$I_T = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} i(t) dt$ Belirli bir zaman aralığında ses yoğunluğunun integrali.
Zaman-Ortalama Ses Yoğunluğu Seviyesi	$L_{I,T}$	$L_{I,T} = 10 \log \frac{ I_T }{I_0} \text{ dB}$ Zaman ortalama ses yoğunluğunun büyüklüğünün referans değerle logaritmik oranı. $I_0=1 \text{ pW/m}^2$

2.5. GÜRÜLTÜNÜN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Gürültünün insanlar üzerinde etkisi; gürültüye maruz kalınan süreye, gürültünün frekansına, şiddetine, çeşidine ve kişisel özelliklere göre değişiklik gösterir. İşi gereği gürültülü ortamda çalışan kişiler gürültünün zararlı etkilerine daha fazla maruz kalırlar. İtfaiyeciler ve diğer ilk yardım ekibi mensupları, askeri personel, inşaat çalışanları, müzisyenler, fabrika çalışanları, maden çalışanları, havaalanı çalışanları, demiryolu çalışanları ve evi bu tür gürültülü alanlara yakın olan kişiler risk altındadır [18].

Gürültüye maruz kalmanın sağlık üzerindeki etkileri aşağıdaki gibi gruplara ayrılabilir:

1. İşitme bozukluğu,
2. Stres kaynaklı sağlık etkileri (hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıklar ve doğum ağırlığı üzerine etkileri),
3. Psikososyal etkileri (rahatsızlık, psikososyal refahı üzerinde etkisi),
4. Uyku bozukluğu,
5. Performansa etkileri,
6. Konuşma karışması.

Bu etkiler, çeşitli epidemiyolojik² çalışmalarda incelenmiştir. 1994 yılında, uluslararası bir komite olan Hollanda Sağlık Konseyi (HCN) Sağlık ve Gürültü Komitesi, çevresel ve mesleki gürültü maruziyetinin sağlık etkilerini değerlendirmiştir. Bu çalışmada; gürültü maruziyeti ve etkisi arasındaki nedensel ilişki tatmin edici delillerle ortaya çıkmıştır ve sağlık etkileri şunlardır; okullarda çocukların bilişsel performans kaybı, rahatsızlık, hipertansiyon, iskemik kalp hastalığı, uyku bozukluğu ve işitme kaybı [24].

Gürültünün etkileri ise işitsel ve işitsel olmayan etkiler olarak sınıflandırılabilir [25, 26].

2.5.1. Gürültünün İşitsel Etkileri

Gürültü maruziyeti sonucunda işitme sisteminde başlıca üç etki görülür [27]:

- a. Akustik zedelenme ya da sarsıntı
- b. Geçici eşik düşmesi

² Epidemiyolojik araştırmaların temel amaçları: Sağlıkla ilgili olayları tanımlama ve görülme sıklığını ölçmek, hastalık ya da kazaların nedenlerini inceleyen çözümleyici çalışmalar yapmak, uygulanan sağlık hizmetinin veya programlarının etkinliğini ölçme ve değerlendirme çalışmaları yapmaktır.

c. Kalıcı eşik düşmesi

a. Akustik zedelenme ya da sarsıntı

İşitme yorgunluğu olarak da tanımlanabilir [28]. Sesin şiddeti ve yoğunluğu arttıkça işitme yorgunluğu da artar. Gürültünün biyolojik etkisi, sürekli gürültüden bazı bakımlardan farklıdır. İç kulak kısmen akustik refleks nedeniyle sürekli gürültünün etkisinden korunmaktadır. Bu refleks 90 dB HL üzerindeki seslerde stapedius³ kasının kasılmasına bunun sonucunda ses şiddetinin azalmasına olanak tanır. Yüksek şiddetteki gürültü akustik refleksin oluşumundan önce koklea'ya⁴ ulaşmaktadır. 140 dB HL şiddetinde bir darbe gürültüsü ani ve geri dönüşümü olmayan işitme yitimine yol açabilir. Buna “akustik sarsıntı” denir [29, 30].

b. Geçici eşik düşmesi

Bir kişi kısa ya da uzun süreli ve yüksek şiddette sese maruz kalırsa sensörinöral⁵ tipte bir işitme kaybı ortaya çıkar. Ancak bu işitme kaybı 24 saat istirahatten sonra geriler ve normal işitme yeniden döner. Buna geçici eşik yükselmesi denir. Meydana gelen işitme kaybı kendisini meydana getiren sesin karakteri, şiddeti ile yakından ilgilidir. Ses ne kadar şiddetli ise kayıp o oranda artar. Sesin sürekli, dalgalı veya aralıklı olması da kaybı etkiler. Aralıklı sesler sürekli seslere göre daha az zararlıdır. Kişisel özellikler de işitme kaybının derecesini etkiler [31].

c. Kalıcı eşik düşmesi

Belirli bir yükseklikte sese maruz kalmak önce geçici eşik yükselmesine neden olur ve istirahatle normal işitme yeniden sağlanır. Ancak bu zararlı sese maruz kalma uzun süre devam ederse bir süre sonra kaybolan işitme istirahatle de normale dönmez. Buna “sürekli işitme kaybı” denir. Sese maruz kalma süresi uzadıkça işitme kaybının derecesi de artar. Gürültü ile oluşan işitme kayıplarının özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Şiddeti 90 dB HL'nin üzerindeki seslerle oluşur.
- İşitme kaybı iki taraflıdır.
- Kulağın ilk işitme kaybı 4000 Hz frekansında olur. Daha sonra konuşma frekanslarını etkilemeye başlar.

¹ Stapedius Kası, insan vücudundaki en küçük iskelet kasıdır. Bir milimetreden biraz uzundur ve amacı vücuttaki en küçük kemiği (üzengi kemiği) sabitleştirmektir.

² Koklea, iç kulağın işitsel kısmıdır. Kemik labirent içinde spiral şekilli bir boşluktur. İnsanlarda kendi ekseninde 2,5 dönüş yapar. Koklea'nın çekirdek bileşeni işitmenin duyu organı olan Corti organıdır.

³ Sensörinöral işitme kaybı, iki farklı sorunu tanımlar: iç kulağı içine alan duyu kayıp ve işitme sinirini içine alan sinirsel kayıp.

- Oluşan işitme kaybı sensorinöral tipte olduğundan kesin tedavisi yoktur [18, 29].

Gürültü temelde geçici veya sürekli olmak üzere iki grupta incelenir. Geçici gürültü ise, impuls ve impakt olmak üzere ikiye ayrılır. İmpuls geçici gürültü, ani ve tek bir pozitif basınç dalgasının yükselmesini izleyerek basınç düzeyinin hızla normal atmosfer basıncına dönmesi tarzındadır. İmpuls etkisi ile kısa süre içinde yüksek şiddette bir sese maruz kalınır. Silah atışları ve patlama bu tip geçici gürültülere örnektir. İmpuls şiddetinin tepe noktasının yükselmesi ve bir çalışma periyodu içindeki impuls sayısının artması iç kulak hasarını arttırmaktadır.

İmpakt geçici gürültü, birbirini izleyen bir seri pozitif ve negatif basınç dalga yükselmelerinin giderek azalması tarzındadır. İmpakt tarzı geçici gürültüler matbaa makinalarında olduğu gibi iki kütleli birbiri çarpması sonucunda oluşurlar. Sürekli gürültü, ses basıncı dalgalarının ortamda en azından 0,2 saniye süre ile bulunması durumudur. Sürekli gürültünün şiddeti dalgalanmalar gösterebilir veya sabit olabilir. Endüstriyel çalışma koşullarında, sıklıkla sabit sürekli gürültü üzerine eklenen impakt geçici gürültü bulunmaktadır. Sadece impakt gürültüye maruz kalma sonucunda, impakt gürültü ile birlikte sürekli gürültünün beraber verilmesine kıyasla daha belirgin işitme eşiği değişiklikleri ortaya çıkar. Bunun nedeni sürekli gürültü varlığında akustik refleksin aktive olması ve 100 dB altı şiddetteki seslerin iç kulağa geçişini engelleyerek hasar gelişme riskini azaltmasıdır.

Akut olarak yüksek bir sese maruz kalındığında, eğer söz konusu olan patlama gibi çok şiddetli bir gürültü ise genellikle kulak zarı yırtılma meydana gelir [32].

Gürültüye maruz kalınan yerlerde çalışanlarda bu etkilerin oluşmaması için ülkemizde Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından 28 Temmuz 2013 tarih ve 28721 sayılı Resmi Gazetede “Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik” çıkarılmıştır [33].

Yönetmeliğin uygulanması bakımından, maruziyet eylem değerleri ve maruziyet sınır değerleri aşağıda verilmiştir:

- En düşük maruziyet eylem değerleri: (LEX, 8saat) = 80 dB(A) veya (P_{tepe}) = 112 Pa [135 dB(C) re. 20 μ Pa] (20 μ Pa referans alındığında 135 dB (C) olarak hesaplanan değer).
- En yüksek maruziyet eylem değerleri: (LEX, 8saat) = 85 dB(A) veya (P_{tepe}) = 140 Pa [137 dB(C) re. 20 μ Pa].

- Maruziyet sınır değerleri: (LEX, 8saat) = 87 dB(A) veya (P_{tepe}) = 200 Pa [140 dB(C) re. 20 μ Pa].

İşitme hasarı günlük 85 dB(A) veya daha fazla gürültü düzeylerine maruz kalma nedeniyle oluşabilir. 85 ile 89 dB(A) günlük gürültü düzeyleri yalnızca uzun süreli maruziyetlerden sonra oluşabilirken, 90 dB(A) ve üzerindeki düzeylerde hasar riski belirgin olarak daha yüksektir. Günlük 85 dB(A)'dan daha az gürültü maruziyet düzeylerinin gürültü-ilişkili işitme hasarı yaratması pek olanaklı değildir.

Sağlıklı kulakları olan kişilerde, 90 dB(A)'da günlük gürültü maruziyet düzeyi süresi 6 yılı, 87 dB(A)'da 10 yılı ve 85 dB(A)'da 15 yılı aşmazsa genellikle gürültü-ilişkili işitme hasarının oluşmayacağı varsayılabılır. Gürültü düzeyleri daha yüksek ya da maruziyet süresi daha uzun olmamasına rağmen işitme hasarı oluşursa, işyeri hekimi hasar nedenlerini bulmak amacıyla bir anamnez almalıdır [34].

2.5.2. Gürültünün İşitsel Olmayan Etkileri

a. Gürültünün uyku üzerine etkisi

Gürültü uyku fazlarındaki düzeni olumsuz etkileyip uykusuzluğa neden olmaktadır [25]. Gürültüye bağlı uykunun bölünmesi nedeniyle yeterli uyuyamayan kişilerde kronik dönemde dinlenmemiş olma duygusu, yorgunluk baş ağrıları ve genel performansta düşme gibi sonuçlar ortaya çıkar [35].

Gürültünün uykuya olan etkilerini özetle şöyle sıralayabiliriz:

- Uykuya geçiş süresinin uzaması,
- Uykunun yavaş dalga fazına geçiş süresinin artması,
- Sık sık uyanma ve uyanma sonrası tekrar uykuya geçme süresinin uzaması,
- Uykunun REM⁶ evresinin azalması
- Uykunun NREM⁷ 1. evresinin uzaması,
- Uykunun yavaş dalga evresinin azalmasıdır.

⁶ Hızlı göz hareketi (Rapid Eye Movement; REM) (HGH), uykunun rüya görülen kısmıdır. Adını, bu esnada gözlerin hızlı hızlı hareket etmesinden alır.

⁷ Hızlı göz hareketinin olmadığı uyku evresidir.

b. Gürültünün kardiyovasküler sistem üzerine etkisi

Gürültü ilk olarak sempatik sinir sistemini aktive eder. Buna bağlı olarak sistolik kan basıncı, diastolik⁸ kan basıncı ve kalp hızında artış olur. Periferik⁹ vazokonstriksiyon¹⁰ nedeniyle periferik damar direnci artar. Ayrıca adrenalin, noradrenalin, kortizol gibi stres hormonları salgınır. Tüm bu kardiyovasküler etkilenimler sonucu kronik dönemde hipertansiyon, toplam kolesterol, toplam trigliserid, kan viskozitesi, platelet¹¹ miktarı ve kan glikoz düzeylerinde yükseklik riski artmaktadır [25, 36].

c. Gürültünün psikolojik etkileri

Gürültünün en sık rastlanan psikolojik etkisi sinirlilik halidir. Ayrıca baş ağrısı, tartışmaya eğilimin artması, anksiyete, depresyon gibi etkiler de gözlenebilmektedir.

d. Gürültünün zihinsel etkileri

Gürültü ile kişinin anlama ve idrak etme kabiliyeti azalırken, bir konuya odaklanmada zorluk gözlenmektedir. Ayrıca dikkat dağınıklığı, yoğunlaşma güçlüğü ve motivasyon kaybı da gürültünün olumsuz etkileri arasındadır [37].

e. Gürültünün performans üzerine etkisi

Gürültünün performans üzerine etkisi daha önce bahsedilen diğer etkilerine ikincil olarak oluşmaktadır. Yani gürültüden dolayı uykusuz kalan, kardiyovasküler, psikolojik ya da zihinsel etkiler ile kişide görülen irtibat kaybı, yorgunluk, iletişim bozukluğu, dikkatsizlik gibi olumsuz etkilerden dolayı performans düşmektedir. Performansın düşmesiyle işyerlerinden alınan verim de düşmektedir [25, 38].

Literatürde gürültünün performansı etkilemediği, hatta arttırdığı görüşünü destekleyen çalışmalar da vardır. Bu araştırmalardan birini gerçekleştiren Toplyn ve ark. yaşları 18-30 arasında değişen 72 olguda gürültünün etkilerini incelemiş ve performanslarında herhangi bir düşüş olmadığını belirtmişlerdir. Söderlund ve ark. Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (ADHD) olan çocuklarda 80 dB(A)'lık gürültünün kognitif¹² fonksiyonlarda ve buna bağlı olarak performansta artışa neden olduğunu bulmuşlardır [18].

⁸ Sistolik değer, kalp kasıldığında kalpten damarlara doğru atılan kanın damar duvarında yaptığı basınçtır. Diastolik değer ise kalp gevşediğinde hâlâ damar duvarında mevcut olan basınçtır.

⁹ Vücut yüzeyi ile ilgili; çevresel.

¹⁰ Damarların büzülmesi, kasılması.

¹¹ Trombosit

¹² Algılama, anlama, hatırlama, öğrenme, bilme gibi zihinsel süreçlerin tümü.

2.5.3. Trenlerde Gürültü Kaynakları

Uluslararası Çalışma Örgütü'nün 1977 yılında yayınladığı 148 sayılı gürültü ve titreşim hakkında sözleşme kararı ile gürültüyü “işitme duyusunun azalmasına veya sağlığın bozulmasına veya başka tehlikelerin meydana gelmesine neden olan sesler” olarak tanımlamıştır. İşyerlerindeki gürültü; rahatsız edici, iletişimi engelleyen, yaralanmalara ve meslek hastalığına sebebiyet verebilen bir risk faktörüdür. Meslek hastalığına ve iş kazalarına sebebiyet verebilir ve çalışanın konsantrasyonunu ve karar verme yeteneğini etkileyebilir. Gürültü tren içinde çalışanlarda, aşağıdaki sebeplerden dolayı özellikle makinistlerde insan hatasını ortaya çıkarabilen bir faktördür.

- i. Gürültü, alarm sinyallerinin maskeler,
- ii. Gürültü, iletişimi bozabilir ve tehlike uyarılarını maskeler,
- iii. Gürültü, dikkatin dağılmasına neden olarak farkındalığı azaltır [39].

Tren içinde çalışanların maruz kaldıkları gürültü kaynakları;

- a. Lokomotifin elektrik çekişli dizel motoru,
- b. Elektrik jeneratörü,
- c. Egzoz gürültüsü,
- d. Lokomotif sinyal ve uyarı aletleri,
- e. Araçla yolun etkileşmesinden kaynaklanan gürültüler,
- f. Yuvarlanma gürültüsü,
- g. Aşırı yuvarlanma gürültüsü,
- h. Aerodinamik gürültü,
- i. Ray kusurlarından, contalardan ve tekerlek düzlüklerinden meydana gelen darbe gürültüsü,
- j. Kurbada tekerlek/ray gürültüsü (tekerlek çınlaması ve tekerlek uğuldaması),
- k. Tüneller,
- l. Havalandırma kaynaklı gürültüdür [40].

Yukarıdaki gürültü kaynaklarından ilk dördü makinistler için diğerleri tren içerisinde çalışan diğer tüm personel için geçerlidir. Dizel elektrikli tipte lokomotiflerde çalışan makinistler için çalışma donanımları arasında baskın gürültü kaynakları kesinlikle lokomotifin elektrik çekişli dizel motoru ve elektrik jeneratörüdür.

Baskın kaynak olan dizel motorlar elektrik jeneratör sistemi ile çalışırlar ve elektrik enerjisini tahrike dönüştürerek hareket sağlamaktadır. Dizel motorun çalışmasıyla egzoz kaynaklı, soğutma (fan) sistemi kaynaklı, motorun titreşimli çalışması kaynaklı ve araçların titreşimli çalışması gibi gürültüler meydana gelir. Gürültü düzeylerinde en büyük katkıyı lokomotiflerde, makine kılıfından yayılan gürültüler, fren sesleri, aerodinamik gürültü ve tekerlek-ray sürtünmesi ile oluşan gürültü oluşturmaktadır. Bunun dışında araçların doğrudan hareketi ile ilgili olmayıp yardımcı donanımların çalışmasıyla ortaya çıkan gürültüler de mevcuttur. Araç içi klima sisteminin çalışması ya da çalışmaması, korna-düdük gibi uyarıcılar, lokomotif içi telsiz sisteminin çalışması bu tip gürültü kaynaklarıdır [41].

Tren içinde çalışanlar gürültü haricinde birçok risk faktörüne maruz kalırlar. Bunlardan birkaçı; aydınlatma, termal konfor, titreşim, egzoz dumanı, ergonomik uygunsuzluklar ve manyetik alandır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Literatür taramaları ve İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı (İSGÜM) tarafından yapılan ölçüm sonuçlarının araştırılması sonucunda tren içerisinde çalışanlarda kişisel günlük gürültü maruziyeti ile ilgili yapılan ölçüm olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak tez çalışmasına başlamadan önce, tez danışmanı ile yapılan görüşmeler ile tren içerisinde çalışanlarda gürültü maruziyetlerinin belirlenmesi konusu üzerine çalışılmaya karar verilmiş ve bu konuda yüksek maruziyet olduğu düşünülen konvansiyonel trenler ile düşük maruziyet olduğu düşünülen yüksek hızlı trenlerde ölçüm yapılmasına karar kılınmıştır.

Bu tez çalışmasında; çalışma evreni tüm Türkiye’deki tren içerisinde çalışanlar, seçilen örneklem ise yolcu taşıyan konvansiyonel ana hat trenlerinden dördü, yüksek hızlı trenlerin de tümü ve bu trenler içerisinde çalışan yirmi yedi farklı çalışma grubu olarak belirlenmiştir.

Her iki lokomotif türünde yapılan kişisel gürültü maruziyeti ölçümlerinin sağladığı veriler bu tez çalışmasının temel dayanağını oluşturmaktadır. Çalışmanın başlangıcından itibaren izlenen yöntemi özetleyen iş akış şeması Şekil 3.1.’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Tez çalışması iş akış şeması

3.1. KULLANILAN ÖLÇÜM METODU

Gürültü ölçümlerinde TS EN ISO 9612:2009 “Akustik - Çalışma Ortamında Maruz Kalınan Gürültünün Belirlenmesi - Mühendislik Yöntemi” standardında belirtilen metot kullanılmaktadır [42]. İSGÜM 03.10.2013 tarihinde bu metottan TÜRKAK onayı ile akredite olmuştur [43] (Şekil 3.2.).

Akreditasyon Kapsamı

 Test TS EN ISO/IEC 17025 AB-0493-T	T.C. ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI İş Sağlığı Ve Güvenliği Araştırma Ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı (İ S G Ü M) Ankara Merkez Laboratuvarı Akreditasyon No: AB-0493-T Revizyon No: 01 Tarih: 16 Temmuz 2015	
	Deney Laboratuvarı Adresi : İstanbul Yolu 14. km No:464 Köyler 06370 ANKARA / TÜRKİYE	Tel : 0312 257 16 90 Faks : 0312 257 16 11 E-Posta : isgum@csgb.gov.tr Website : www.isgum.gov.tr
Deneyi Yapılan Malzemeler / Ürünler	Deney Adı	Deney Metodu (Ulusal, Uluslararası standartlar, işletme içi metodlar)
Gürültü	Kişisel Gürültü Maruziyeti Ölçümü	TS EN ISO 9612
Ortam Havası (Numune Alma ve Analiz)	Havada Kurşun ve Kurşun Bileşikleri Tayini	TS ISO 8518
Kişisel Koruyucu Donanım (Koruyucu Eldivenler)	Hava Sızdırmazlık Tayini	TS EN 374-2, Madde 5.2
Kişisel Koruyucu Donanım (Koruyucu Eldivenler)	Su Sızdırmazlık Tayini	TS EN 374-2, Madde 5.3
Kişisel Koruyucu Donanım (Mekanik Risklere Karşı Koruyucu Eldivenler)	Yırtılma Mukavemetinin Tayini	TS EN 388, Madde 6.3
Kişisel Koruyucu Donanım (Ayak Koruyucu Donanımlar)	Elektrik Direncinin Tayini	TS EN ISO 20344, Madde 5.10

Şekil 3.2. İSGÜM Akreditasyon kapsamı

Kişisel günlük gürültü maruziyet değerlerinin hesaplanmasında İSGÜM'ün ölçümlerde kullandığı ve TS EN ISO 9612:2009 standardına uygun olarak hazırlanmış olan gürültü hesap programı kullanılmıştır. Hesaplanan veriler ölçüm belirsizlikleri ve çeşitli karşılaştırmalarla birlikte grafikler halinde sunulmuştur.

TS EN ISO 9612:2009 Akustik - Çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün belirlenmesi- Mühendislik yöntemi standardı [42], akustik çalışma ortamında maruz kalınan kişisel gürültü seviyesini belirlemek için kullanılan ölçme yöntemini açıklamaktadır.

3.1.1. Cihaz Sistemi

Ölçümler, entegre-ortalama alan ses seviyesi ölçerler kullanılarak veya kişisel ses maruziyeti ölçerler kullanılarak yapılabilir.

Ses seviye ölçer, mikrofonu ve kabloları da dâhil, IEC 61672-1'de [44] belirtilen sınıf 1 veya sınıf 2 cihaz sisteminin gereklerini karşılamalıdır. Çok düşük sıcaklıklarda ölçüm yapılacağı veya yüksek frekanslı gürültünün baskın olduğu durumlarda sınıf 1 cihaz sistemi, seçilmelidir ve kullanılmalıdır.

Kişisel ses maruziyeti ölçerler, mikrofon ve kabloları da dâhil IEC 61252'de [45] belirtilen gerekleri karşılamalıdır. IEC 61672-1:2002 Sınıf 1'in gereklerini tamamıyla karşılayan kişisel ses maruziyeti ölçerlerin kullanılması tavsiye edilir. Cihaz sisteminin seçimi ölçümlerin belirsizliğini etkiler.

Kalibratör IEC 60942:2003'de [46] belirtilen sınıf 1 in gereklerini sağlamalıdır. IEC 61672-1, IEC 61252 ve diğer uygun standartların gereklerine uygun ses kalibratörünün ve cihaz sisteminin kalibrasyonu, uygun standartlarla kalibrasyon yapan ve izlenebilir olan bir laboratuvar da aralıklı olarak doğrulanmalıdır.

3.1.1.1. Gürültü ölçüm cihazları

Ses düzeyini ölçmek için iki çeşit cihaz mevcuttur: Ses seviye ölçerler ve dozimetreler. Bazı cihazlar iki çeşit cihaz olarak da kullanılabilir, hem ses seviye ölçer hem de dozimetre olarak.

Ses seviye ölçerler, kullanıcıya ses seviyesini doğrudan okuma fırsatı verir. Genelde daha doğru sonuç verir çünkü deney personeli ölçüm süresince ölçüme nezaret eder.

Dozimetreler çalışanların üzerine takılması için tasarlanmış ses seviye ölçerlerdir ve gürültü maruziyeti bir tam iş günü boyunca ya da günün bir kısmını ölçülebilir. Ölçümün ses seviye

ölçer cihazı ile yapılmasının uygun olmayacağı zor durumlarda ya da çalışanın çok hareketli olduğu durumlarda kullanılırlar. Çünkü ses seviye ölçer tahrif olabilir ya da nezaret edilemeyen ölçümlerden dolayı sonuçlar aldatıcı olabilir.

Bu çalışmada İSGÜM bünyesinde bulunan Tablo 3.1.'de teknik özellikleri Resim 3.1.'de görüntüleri verilen; dört adet Svantek marka SV102 gürültü dozimetresi, bir adet Svantek marka SV30 A akustik kalibratör ve dört adet Svantek marka SV25 mikrofön kullanılmıştır.

Tablo 3.1. SV102 Gürültü dozimetresi ve SV30 A Akustik kalibratör özellikleri

Cihazın Adı	Marka / Model	Cihazın Kapasitesi	Seri Nu.
Gürültü Dozu Ölçer	Svantek / SV 102	45dB(A) RMS 141dB(A) Peak (-10 ⁰ C - 50 ⁰ C)	26675/26681 26686/26690
Akustik Kalibratör	Svantek / SV30A	94dB(A) -114dB(A) Sınıf 1 (-10 ⁰ C - 50 ⁰ C)	24657
Mikrofön	Svantek / SV 25D	½'' hazne Gömülü ön yükselteç	27863/27851 27868/27869



Resim 3.1. SV102 Gürültü dozimetresi ve SV30 A akustik kalibratör

Her çeşit çalışma durumundaki ölçümlerde kişisel ses seviye ölçer kullanılabilir. Karışık veya önceden tahmin edilemeyen görevler ile uğraşan veya çok sayıda farklı görevi yapan hareketli bir çalışan için uzun süreli bir ölçüm yapıldığında bu cihaz tercih edilmektedir.

Ses seviye ölçer ya da dozimetre kullanımında Yönetmeliğin 6.2. maddesinde belirtilen hükümlere uyulması gerekmektedir [33]. Mikrofonla uyumlu bir korugan (rüzgârlık) ve ses kalibratörü (cihazın ölçtüğü değeri kontrol etmek amacıyla kalibre edilmiş bir ses kaynağıdır) ölçümün sağlıklı sonuç verebilmesi adına önemli ekipmanlardır.

Ses seviye ölçer cihazları, kullanıcı için bir takım seçenekler barındırır. Bu seçeneklere cihazın menüsünden ya da direk cihaz üzerindeki tuşlardan ulaşılabilir. Tablo 3.2.'de bazı tipik seçenekler gösterilmiştir. Bazı cihazlar, günlük maruziyet ve tepe ses basınç maruziyeti için önceden ayarlanmış seçeneklere sahip olabilir.

Tablo 3.2. Ses seviye ölçerde bulunan seçenekler

Frekans Ağırlıklandırma	Zaman Sabitleri	Fonksiyon	Ölçüm Aralığı dB
A	F	max.	140
C	S	SPL	110
L _{lin}	P	L _{eq}	80

- Frekans ağırlıklandırma (filtre) seçeneğinde, A-frekans ağırlıklı ve C-frekans ağırlıklı seçenekleri olmak zorundadır, ayrıca bazen lineer frekans tepkisi seçeneği de olabilir.

- Zaman sabitleri kısmı, cihaz tarafından ses basınç seviyelerine verilen tepki hızının ayarlandığı yerdir:

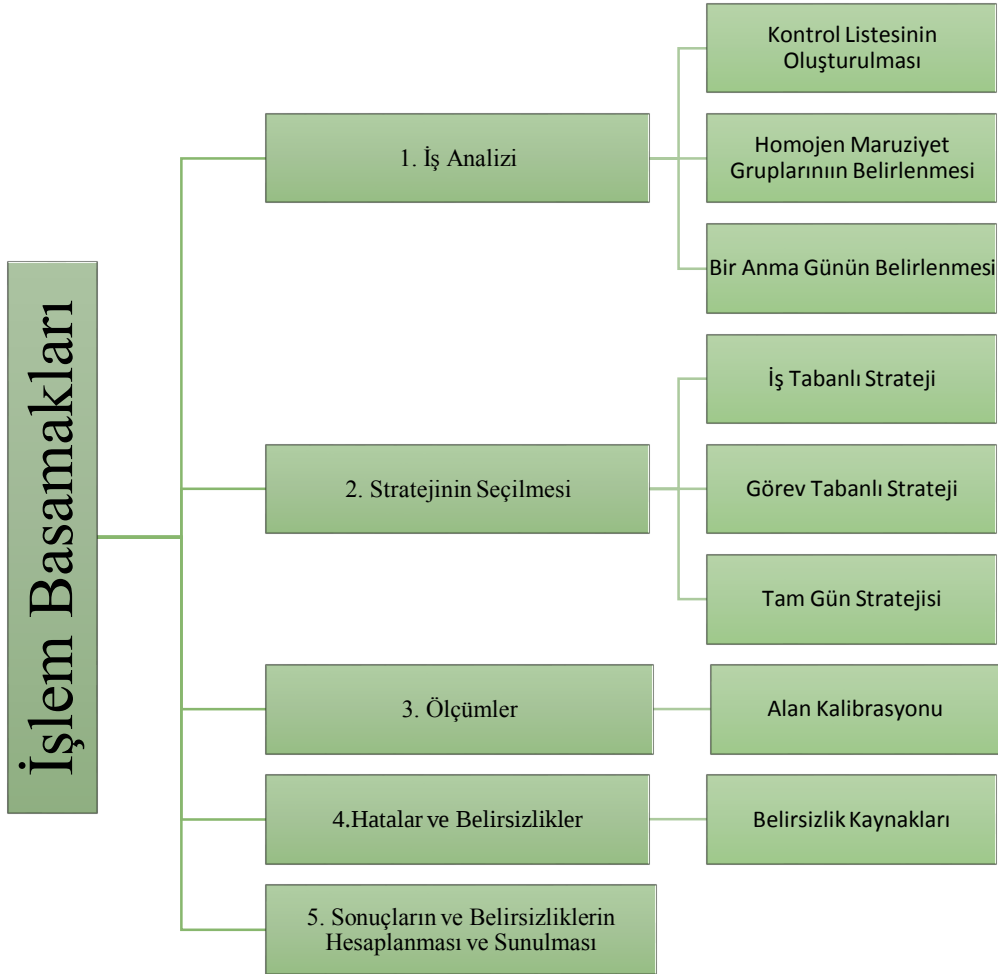
- F ve S (Fast ve Slow) yani hızlı ve yavaş, RMS ses basınç seviyesi göstergesini yönetir. F seçeneği cihaz tarafından algılanan ses seviyesindeki değişikliklerin hepsinin yaklaşık olarak sonucu etkilemesini sağlar. S seçeneği ile daha uzun zamanda ortalama elde edildiğinden ses seviyesindeki bazı çabucak olup biten değişiklikleri olmamış gibi daha sade sonuçlar elde edilir.

- P seçeneği, aniden olup biten veya aniden yükselebilen tepe ses basınç seviyesinin ölçülmesini sağlar.

- Fonksiyon seçeneğinde aşağıdaki özellikler olabilir;

- max – ölçüm boyunca en yüksek RMS ya da tepe değerini,
- SPL ya da LP – anlık ses basınç seviyesini,
- L_{eq} (eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi) – ölçüm süresi boyunca ortalama ses basınç seviyesi. L_{eq} , A ya da C-frekans ağırlıklı filtrelerin seçildiğini göstermek amacıyla, L_{Aeq} ya da L_{Ceq} olarak ifade edilebilir.
- Seviye aralığı kontrolünün yapılabilmesi, kullanıcı için gürültü düzeyleriyle ilgili çalışma aralığının ayarlanmasına olanak sağlar. Aralıklar her zaman olmamakla birlikte çoğu zaman dB gösterge aralığının üst sınırı ile tespit edilmiştir. Bazı cihazlar tek geniş bir aralıkta çalışır ve seviye aralığı kontrolü bulunmaz [21].

3.1.2. Yöntem İşlem Basamakları



Şekil 3.3. Yöntem işlem basamakları

3.1.2.1. Aşama 1 – İş analizi

İş analizi, ele alınan iş ve çalışanlar hakkında yeterli bilgi sağlamalıdır. Böylece uygun bir ölçüm stratejisi seçilebilir ve ölçümler planlanabilir. Bütün durumlarda gereklidir. Aşağıda ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

- a) İşletmenin faaliyetlerini ve ele alınan çalışanların işlerini tanımlamak,
- b) Eğer uygunsa homojen gürültü maruziyeti gruplarını belirlemek,
- c) Her çalışan veya grup için anma gün veya günlerini belirlemek,
- d) Uygun olduğunda işleri oluşturan görevleri tanımlamak,
- e) Olası önemli gürültü olaylarını tanımlamak,
- f) Ölçüm stratejisini seçmek,
- g) Ölçüm planını oluşturmaktır.

Ölçümler; görev tabanlı, iş tabanlı veya tam gün stratejisi kullanılarak yapılabilir. Hangi strateji kullanılırsa kullanılsın, önemli olan gürültü maruziyeti ile ilgili önemli bütün olayları tanımlamak ve bunların ölçüm planına dâhil edildiğinden emin olmaktır.

3.1.2.1.1. Homojen gürültü maruziyet gruplarının belirlenmesi

Ölçüm işlemleri homojen gürültü maruziyet gruplarının belirlenmesiyle azaltılabilir. Bu çalışanların grupları aynı işi yapar ve bir çalışma günü süresince benzer gürültüye maruz kalmaları beklenir. Homojen maruziyet grupları, kullanıldıkları durumlarda, açıkça tanımlanmalıdır. Bu gruplar bir veya daha fazla çalışandan oluşabilir. Homojen gürültü maruziyet grupları birçok yolla tarif edilebilir. Örneğin iş unvanına, yapılan işe, çalışma alanına veya mesleğine göre grupların tanımlanması mümkün olabilir. Alternatif olarak gruplar, yapılan işin üretim, süreç veya iş faaliyet kıstaslarına göre analizi yapılarak da belirlenebilir.

Gruplar hangi yolla tarif edilirse edilsin, çalışanlarla ve şeflerle (ustabaşı) istişare yapılarak ve sonunda ölçüm sonuçları ile değerlendirilerek doğrulanmalıdır

3.1.2.1.2. Anma gününün belirlenmesi

Çalışma periyotlarını ve molaları içeren anma gün, çalışanlarla ve yönetimle istişare yapılarak belirlenmelidir. Anma gününün belirlenmesinde şu hususlar dikkate alınır:

- a) Görevler (içerik ve süresi) ve görevlerin içerisindeki değişiklikler,
- b) Temel gürültü kaynakları ve gürültülü çalışma alanları,
- c) İş modeli ve gürültü seviyesindeki bir değişiklikle sonuçlanan her önemli gürültü olayı,
- d) Anma gününün bir parçası olsun veya olmasın molaların, toplantıların, vb. sayısı ve süresi.

Ölçümler, tüm önemli gürültü olaylarını içerecek şekilde planlanmalıdır. Her bir olay için, ne zaman meydana geldiği, tabiatı, süresi ve günlük sıklığı kayıt edilmelidir.

Bazı durumlarda, iş ve sonuç olarak gürültü maruziyeti günden güne değişir, bu yüzden, örneğin her gün farklı yer veya işte çalışanlar için tipik günlük bir maruziyet yoktur. Bu durumlarda anma gün, iş durumlarından birkaç günlük süre üzerinden örneğin 1 hafta üzerinden tarif edilebilir.

İşi gürültüyle bağlantılı olarak karakterize eden her gösterge tanımlanmalı, sayılmalı ve rapor edilmelidir. Kullanılan üretim tipi, malzemeler, miktarları, üzerinde çalışılan parçanın kalınlığı, ayarlama, hız ve çalışanların sayısı bu tip göstergelere örnek olarak gösterilebilir.

Eğer ölçümlerin amacı çalışanların uzun dönemli işitme kaybı riskini tahmin etmekse, anma gün maruziyet periyodunun ortalamasını temsil eder.

3.1.2.2. Aşama 2 – Ölçüm stratejilerinin seçimi

Uygun ölçüm stratejisinin seçimini; ölçümlerin amacı, iş durumunun karmaşıklığı, ilgili çalışan sayısı, iş gününün etkin çalışılan süresi, ölçüm ve analiz için kullanılabilecek süreye gerek duyulan ayrıntılı bilginin miktarı gibi birkaç faktör etkiler.

Standartta işyerlerindeki gürültü maruziyetinin belirlenmesi için üç ölçüm stratejisi ortaya konulmaktadır:

- a) Görev tabanlı ölçüm: gün boyunca yapılan çalışmalar analiz edilir ve bir kaç parça temsili görevlere bölünür ve her bir görev için ayrı ses basınç seviyesi ölçümü yapılır.
- b) İş tabanlı ölçüm: belirli işlerin yapılması sırasında bir dizi rastgele ses basınç seviyesi örneği alınır.
- c) Tam gün ölçümü: ses basınç seviyesi tüm iş günleri üzerinden sürekli olarak ölçülür.

3.1.2.2.1. Strateji 1 - Görev tabanlı ölçüm

- **Anma günün görevlere bölünmesi**

Ele alınan çalışanlar veya homojen gürültü maruziyet grupları için, anma gün görevlere bölünmelidir. Her görev, tekrarlanabilir olan $L_{p,A,eqT}$ gibi belirlenmelidir. Gürültüyü oluşturan tüm ilgili katkıların dâhil edildiğinden emin olunmalıdır. Görevlerin süresi ile ilgili detaylı bilgi, yüksek gürültü seviyeli kaynaklar için özellikle önemlidir.

En yüksek tepe ses seviyesini veren görev ve gürültü kaynaklarının tanımlanması $L_{p,A,eqT}$ ve $L_{p,Cpeak}$ 'in her ikisinin doğru tespitini elde etme için önemlidir.

- **Görev süreleri**

Görev süreleri (T_m) aşağıdaki yollarla belirlenebilir:

- a) Çalışanlar ve şeflerle görüşerek,
- b) Gözlem yolu ile
- c) Tipik gürültü kaynaklarının işleyişi ile ilgili bilgi toplama (İş süreçleri, makineler, çalışma ortamındaki ve çevresindeki faaliyetler).

Tercihe bağlı olarak bir görev süresi, bir değişken olarak kabul edilebilir. Süre içerisindeki olası değişimleri belirlemek için görev üzerinde gözlem yapılabilir ve süre kaydedilebilir. Alternatif olarak en makul süre aralığını belirlemek amacıyla birden fazla çalışana ve şefe danışılabilir.

Her bir ölçüm süresi, gerçek görev için ortalama eşdeğer sürekli ses basınç seviyesini temsil edecek şekilde yeterli uzunlukta olmalıdır. Bir görevin süresi 5 dakikadan kısa olduğunda, her ölçümün süresi görevin süresine eşit olmalıdır. Daha uzun süreli görevler için her ölçümün süresi en az 5 dakika olmalıdır. Bununla birlikte, gürültü seviyesi kararlı veya tekrarlı

olduğunda veya görevden kaynaklanan gürültünün toplam gürültü maruziyetine küçük bir katkıda bulunduğu düşünülüyorsa, her bir ölçümün süresi azaltılabilir.

Görev sırasında gürültü döngüsel ise, her ölçüm en az üç adet iyi tanımlanmış döngü süresini kapsamalıdır. Her ölçümün süresi, tüm döngülerin süresine daima karşılık gelmelidir.

Her görev için en az üç ölçüm yapılmalıdır. Gürültü seviyesindeki gerçek değişimleri kapsamak üzere görev süresince farklı zamanlarda ölçümler veya bir grup içerisinde farklı çalışanlardan ölçümler yapılması önerilir.

Görev süresi ($T_{m,j}$) için yapılan gözlemler (J) varsa, gözlem süresinin aritmetik ortalama değeri ($\bar{T}_m$) aşağıdaki denklem (3.1) ile bulunur.

$$\bar{T}_m = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_{m,j} \quad (3.1)$$

Anma gününü oluşturan bireysel görev sürelerinin toplamı (T_m), çalışma gününün etkili kullanılan süresine karşılık gelmelidir. Çalışma gününün etkili kullanılan süresi (T_e) aşağıdaki denklem (3.2) kullanılarak bulunur:

$$T_e = \sum_{m=1}^M \bar{T}_m \quad (3.2)$$

Burada;

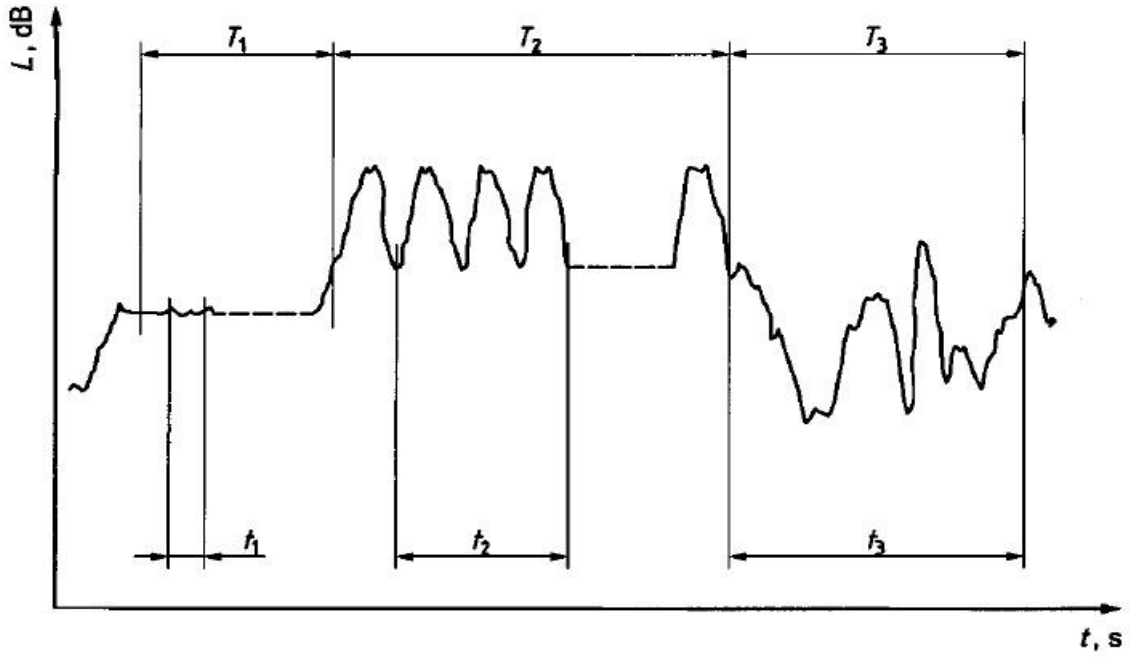
$\bar{T}_m$ görev m'nin aritmetik ortalama süresi,

m bir görevin numarası,

M görevlerin toplam sayısı.

Bir görev için yapılan üç ölçüm sonucu arasında 3 dB(A) veya daha fazla fark olduğunda;

- Üç veya daha fazla ilave ölçüm gerçekleştirilebilir,
- Görev daha fazla alt görevlere bölünerek tekrar edilebilir,
- Daha uzun sürelerle ölçüm yapılır.



Şekil 3.4. Görev tabanlı ölçümlerde ölçüm sürelerinin belirlenmesi

3.1.2.2.2. Strateji 2 - İş tabanlı ölçüm

Bu ölçüm stratejisinin prensibi, iş analizi boyunca tanımlanmış işlerin gerçekleştirildiği sürede $L_{p,A,EqT}$ ölçülerek gürültü maruziyeti rastgele örneklerinin alınmasıdır.

Belirlenen işlerde, homojen gürültü maruziyet grupları kurulur. Homojen gürültü maruziyet gruplarının minimum toplam ölçüm süresi homojen gürültü maruziyet grubundaki çalışan sayısına (n_G) Tablo 3.3. göre belirlenir.

Tablo 3.3. Homojen gürültü maruziyet gruplarının toplam asgari ölçüm süreleri

Maruz kalan homojen gruptaki çalışan sayısı (n_G)	Maruz kalan homojen gruba dağıtılmış minimum toplam ölçüm süresi (saat)
$n_G \leq 5$	5
$5 < n_G \leq 15$	$5 + (n_G - 5) \times 0,5$
$15 < n_G \leq 40$	$10 + (n_G - 5) \times 0,25$
$n_G > 40$	17 veya gruba paylaştırılması

- i. Toplam ölçüm zamanı en az 5 farklı ölçüm diliminden oluşmalıdır. Öyle ki bu ölçümün toplam süresi, tablodan hesaplanan toplam ölçüm süresine eşit ya da bu süreden fazla olmalıdır.
- ii. Ölçüm dilimleri iş günü süresi boyunca ve grup üyeleri arasında rastgele seçilerek planlanır.
- iii. Numune almadan dolayı c_{1u1} belirsizlik katkısı 3,5 dB(A) ve üzeri ise homojen gürültü maruziyet gruplarında değişiklik yapılmalı veya belirsizliği azaltmak için ölçüm sayısı artırılmalıdır.

3.1.2.2.3. Strateji 3 - Tam gün ölçümü

Tam gün ölçümü tüm çalışma günü boyunca işle ilgili bütün gürültü katkılarını ve sessiz periyodları kapsamalıdır. Uzun süreli ölçümlerin, kişisel ses seviye ölçerler veya benzer cihazlar kullanılarak gerçekleştirilmesi pratik olur.

Bu ölçüm stratejisi kullanılırken, seçilmiş günlerin, tanımlanan ilgili çalışma durumunu temsil ettiğinden emin olunmalıdır.

Uygulamaya bağlı nedenlerden, tüm çalışma günü üzerinden ölçüm yapılması mümkün olmayabilir. Bu durumlarda, tüm önemli gürültü maruziyet periyotlarını kapsayan günün mümkün olan büyük kısmı üzerinden ölçümler yapılmalıdır.

Tüm katkılar toplandığı için, bu ölçüm stratejisi, yanıltıcı (hesaba dâhil edilmemesi gereken) katkılarının bulunması açısından en yüksek riske de sahiptir. Ölçüm sırasında çalışanı dikkatle gözlemleyerek, nokta ölçümler olarak ve/veya vardiya sonunda çalışanın çalıştığı yerler veya yürüttüğü görevler ile ilgili sorular sorarak bu risk azaltılabilir.

- i. Başlangıç olarak, çalışanların ses maruziyetini temsil eden 3 tam gün süreli $L_{p,A,eqT}$ ölçümleri yapılmalıdır.
- ii. Üç ölçüm sonucu arasında 3 dB(A)' den daha az bir farklılık olduğunda, anma gün boyunca A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi 3 ölçümün enerji ortalaması olarak hesaplanır. Hesaplama için;

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) dB \quad (3.3)$$

formülü kullanılmalıdır.

- iii. Üç ölçüm sonucu arasında 3 dB(A) veya daha fazla farklılık olduğunda, en az 2 ilave tam gün ölçümü daha yapılır ve anma gün süresince A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi ölçümlerin enerji ortalaması olarak hesaplanır.

3.1.2.3. Aşama 3 - Ölçümler

3.1.2.3.1. Alan kalibrasyonu

Alan kalibrasyonu içinde mikrofon bulunan tüm ölçüm sisteminin akustik kalibrasyon kontrolünü içerir ve laboratuvar kalibrasyonundan ayrı bağımsız bir inceleme işlemidir. Alan kalibrasyonu IEC 60942:2003 sınıf 1'in gereklerini karşılayan bir ses kalibratörünün her bir mikrofonu uygulanması ve ilgili frekans aralığı içindeki bir veya daha fazla frekansta ölçülen seviyenin kaydedilmesinden oluşmalıdır. Alan kalibrasyonu sessiz bir yerde yürütülmelidir.

Her bir ölçüm serisinden önce ve her bir günlük ölçüm serisi başında, uygun ayarlamalarla alan kalibrasyonu yapılmalıdır. Her bir ölçüm serisi sonunda ve her bir günlük ölçüm serisi sonunda, alan kalibrasyonu ayarlama yapılmadan gerçekleştirilmelidir. Bir ölçüm serisinin sonunda herhangi bir frekanstaki okuma ile serinin başlangıcında ilgili frekanstaki okuma arasında fark 0,5 dB'den fazla ise, ölçüm serisinin sonuçları iptal edilmelidir.

3.1.2.3.2. Mikrofon konumları

- **El tipi ses seviye ölçer kullanılması durumunda;**

Ölçümlerin yapılacağı mikrofon konumları belirlenir: Mikrofon çalışanın en çok maruz kalan kulağı tarafında ve dış kulak kanalının girişinden 0,1 ve 0,4 m arasında bir mesafede bulunur ya da tutulur. Mikrofon, çalışanın başının merkez düzlemine gözlerle aynı seviyede olacak şekilde, çalışanın görüşüne paralel ekseninde yerleştirilir ve bu konumlar korunarak çalışanın hareketleri boyunca takip edilir. Ölçüm esnasında deney personeli, çalışanın arkasında ve kendi vücudu yan pozisyonda olacak şekilde durmalıdır.

Oturmuş konumdaki bir çalışan için; oturma platformundan 0,80 m $\pm$ 0,05 m yükseklikte, ayakta duran çalışan için ise; zeminden 1,55 m $\pm$ 0,075 m yükseklikte ölçüm yapılmalıdır.

- **Dozimetre kullanılması durumunda;**

Mikrofon, en çok maruz kalan kulağın tarafındaki dış kulak kanalının girişinden en az 0,1 m uzaklıkta omuz başına takılır ve omzun yaklaşık olarak 0,04 m yukarısına takılır. Mikrofon ve kablo mekanik etki veya kıyafetten kaynaklanan örtmenin yanlış sonuçlara sebep olmayacağı şekilde takılmalıdır. Mikrofondaki mekanik etkiler nedeniyle oluşan hatalardan kaçınılmalıdır.

- **Kulakta gürültü ölçümü;**

Kulaklık, kulak kanalına oturan kulaklık, kumlama sırasında kullanılan başlık v.b. aparatları kullanan çalışanların maruziyeti ses seviye ölçer cihazı veya dozimetre ile ölçülemez.

Bu durumda sadece kulağın içinde ölçüm alınabilir. Bu tür bir ölçüm için iki adet metod geliştirilmiştir. “TS EN ISO 11904 - 1 Akustik - Kulağa yakın yerleştirilen ses kaynaklarından ortaya çıkan sesin tayini - Bölüm 1: Gerçek bir kulakta mikrofon kullanma tekniği (MIRE tekniği)” ve “TS EN ISO 11904 - 2 Akustik - Kulağa yakın yerleştirilmiş ses kaynaklarından gelen ses kirliliğinin belirlenmesi - Bölüm 2: Bir mankenin kullanıldığı teknik (HATS tekniği)”. Bu ölçümler karmaşıktır ve kesinlikle bir uzman tarafından yapılmalıdır.

3.1.2.4. Aşama 4 - Hatalar ve belirsizlikler

Bazı belirsizlik kaynaklarının etkilerinin mümkün olduğunca azaltılması için özel dikkat gerekir. Belirsizlikler iş istasyonundaki doğal değişimlerden ve hatalardan kaynaklanabilir.

Sonuçtaki belirsizliğin temel kaynakları:

- a) Günlük çalışmadaki değişiklikler, işletim koşulları, örneklemedeki belirsizlik, vb.;
- b) Cihaz sistemi ve kalibrasyon;
- c) Mikrofon konumu;
- d) Rüzgârdan, hava akışından, darbeden ve mikrofonun kıyafete sürtünmesinden kaynaklı yanlış katkılar;
- e) Eksik veya yanlış iş analizi;
- f) Tipik olmayan gürültü kaynakları, konuşma, müzik (radyo), alarm sinyalleri ve tipik olmayan davranışlardan gelen katkılar.

a) maddesi iş istasyonunun karmaşıklığına bağlıdır. Bu değişimlerin, sabit olmayan gürültü kaynakları arasında hareket halindeki bir çalışan için en yüksek olması beklenir. b) maddesi,

mikrofonun sabitlendiği yere ve kullanılan cihaz sisteminin ve kalibratörün sınıfına bağlıdır. c), d) ve e) maddesi iyi uygulama yapılarak azaltılmalıdır. f) maddesi ile ilgili olarak, bu tip muhtemel belirsizlik kaynakları iş analizi sırasında tanımlanmalıdır ve hesaba dâhil edilip edilmeyeceklerine karar verilmelidir.

İlgili gürültü katkıları iş analizi ve ölçümler esnasında tanımlanmalıdır. Hata kaynaklarından önemli katkı tespit edilirse, ölçümler kabul edilmemeli veya düzeltilmelidir.

Nihai sonuç, ölçülen değer ve belirsizlik değeri olarak verilmelidir. Genişletilmiş ölçüm belirsizliği, ilgili kapsama faktörü ile birlikte, %95'lik bir tek taraflı güven aralığı için belirtilmelidir. Görev tabanlı ve iş tabanlı stratejiler için ölçüm standardında verilen ölçüm belirsizliği hesabı EK-1'de verilmiştir.

3.1.2.5. Aşama 5 - Sonuçların ve belirsizliklerin hesaplanması ve sunulması

TS EN ISO 9612:2009 standardına uygun olarak yürütülen gürültü maruziyet ölçümleri sonucunda; ölçüm sonuçları ölçüm yapılan yerden alınan bilgilerle ve ölçüm personelinin sahada kaydettiği notlar sonucunda hesaplanır. Bu hesaplara, TS EN ISO 9612:2009 standardında verilen ölçüm belirsizliği hesapları da eklenir. Sonuç olarak standarda uygun yapılan ölçüm raporları aşağıdaki bilgileri sağlamalıdır:

Genel bilgiler:

- Araştırmaya tabi tutulan müşterinin ismi (firma, bölüm, vb.),
- Maruziyetleri belirlenen çalışan/çalışanların veya çalışan grubu/gruplarının tanımı,
- Ölçümleri ve hesaplamaları yapan şirket veya kuruluşun ve personelin isimleri,
- Yapılan maruziyet işlemlerinin amacı,
- TS EN ISO 9612:2009 standardına atıf ve uygulanan strateji,

İş analizi:

- İncelenen iş faaliyetlerinin tanımlanması,
- İlgili olduğu durumlarda homojen gürültü maruziyet gruplarının yapısı ve boyutu,
- Görev tabanlı ölçümlerin yapılmış olduğu anma gününü oluşturan görevleri içeren, incelenen gün/günlerin tanımı,
- Kullanılan istatistiksel yaklaşıma atıfla beraber uygulanan ölçüm stratejisi/stratejileri,

Cihaz sistemi:

- Kullanılan cihaz sisteminin sınıfı ve tanımı,
- Rüzgârlık, uzatma kablosu vb. gibi cihaz sisteminin yapısı,
- Kalibrasyon izlenebilirliği,
- Her ölçüm öncesi ve sonrası yapılan kalibrasyon kontrollerinin belgesi.

Ölçümler:

- Gürültü maruziyeti ölçülmüş çalışan/çalışanların tanımı,
- Ölçümlerin zamanı ve tarihi,
- Her bir ölçüm için kullanılan cihaz sistemi (çeşitli cihazlar kullanılması durumunda),
- Çalışma faaliyetinin süresini ve ilgili olduğunda çalışma faaliyeti içinde bulunan döngüsel olayların süresini, kapsayan ölçümlerin yapıldığı sırada çalışanın yürüttüğü işin tanımı,
- Ölçümlerin yapıldığı sırada normal iş davranışından veya normal çalışma şartlarından sapmaların raporu,
- İlgili olduğu durumlarda yürütülen işle ilgili üretim göstergeleri,
- Gürültü maruziyetine gürültü katkısında bulunan kaynakların tarifi,
- Ölçüm sonuçlarından çıkartılan veya dâhil edilen ilgili olmayan seslerin tarifi,
- Ölçümleri etkilemiş olması muhtemel herhangi bir gözlemlenmiş olayın tarifi,
- Meteorolojik şartlarla ilgili bilgi,
- Mikrofonun/mikrofonların yönelimi ve konumu,
- Her bir konumdaki ölçümlerin sayısı,
- Her bir ölçümün süresi,
- Anma günü içindeki her bir görevin süresi ve görev tabanlı yaklaşım kullanıldığında ilişkili belirsizlik,
- $L_{p,A,eqT}$ ve tercihe bağlı olarak en yüksek $L_{p,Cpeak}$ değerlerini içeren her bir ölçüme ait sonuçlar.

Sonuçlar ve değerlendirmeler:

- Her bir görev/iş için A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi ($L_{p,A,eqT}$) ve tercihe bağlı olarak C – ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi ($L_{p,Cpeak}$),
- İlgili olduğunda, görev tabanlı ölçüm stratejisi kullanıldıysa, her görev için $L_{EX,8h,m}$ değerleri,

- Tek ondalık değere kadar yuvarlanan, anma gün/günler için A-ağırlıklı gürültü ölçüm seviyesi ($L_{EX,8h}$) ve her görev için ölçüldü ise en yüksek C-ağırlıklı tepe ses basınç seviyesi ($L_{p,Cpeak}$),
- Anma günü/günleri için, $L_{EX,8h}$ ve $L_{p,Cpeak}$ ile ilişkili tek ondalık değere kadar yuvarlanan belirsizlik [42].

3.2. ÖLÇÜM YERLERİNİN SEÇİMİ

Ölçümler dört adet konvansiyonel ana hat treninde ve dört adet yüksek hızlı trende gerçekleştirilmiştir. Bu trenlerden dört tanesi dizel + elektrikli ve dört tanesi de elektrikli motora sahiptir. Türkiye sınırları içerisinde yolcu taşımacılığı yapmaktadırlar. Lokomotifler ile ilgili kapsamlı teknik bilgi EK-2’de verilmiştir.



Resim 3.2. Ölçüm gerçekleştirilen trenlerden bazıları

Ölçümler Türkiye’de tren içinde çalışanların çoğunluğunu kapsayacak şekilde belirlenmiştir. Resim 3.2.’de ölçüm yapılan trenlerden bazıları görülmektedir. Resim 3.3.’de ölçümün nasıl gerçekleştirildiği gösterilmiştir.



Resim 3.3. Ölçümün gerçekleştirilmesi

Birbirinden farklı teknik özelliklere sahip ana hat trenleri ve yüksek hızlı trenlerde üç farklı cinsteki trende yapılan ölçümlerle ilgili ayrıntılı bilgiler bulgular bölümünde verilmiştir.

4. BULGULAR

Bu çalışmada; tren içinde çalışanların maruz kaldığı gürültü düzeyinin belirlenmesi amacıyla kişisel gürültü ölçümleri yapılmış, günlük maruziyet değerleri ve ölçüm belirsizlikleri hesaplanmıştır. Bu kapsamda trenlerin özelliklerine uygun olmak şartıyla; makine, jeneratör, furgon ve vagon bölümlerinde ölçüm metoduna uygun şekilde tam gün, görev tabanlı ve iş tabanlı ölçüm stratejileri seçilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçüm trenin hareketi ile başlamış, her bir vardiya değişimi kaydedilmiş ve son durağa kadar ölçümler yapılmıştır.

4.1. ÖLÇÜM YAPILAN TRENLER VE ROTALAR

Türkiye’de hizmet veren ve KON1 – KON2 – KON3 – KON4 rotalarında yolcu taşıyan dizel-elektrikli tipte konvansiyonel trenlerde, YHT1 – YHT2 – YHT3 rotalarında yolcu taşıyan elektrikli tipte yüksek hızlı trenlerde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Tablo 4.1.’de ölçüm yapılan trenler, gürültüye maruz kalan çalışma grupları ve her bir trende yapılan toplam ölçüm süresi belirtilmiştir.

- KON1 treninde; KON1/A arasında, KON1/B arasında ve KON1/C arasında farklı çalışanlar görev almaktadır.
- KON2 treninde; KON2/A arasında ve KON2/B arasında farklı çalışanlar görev almaktadır.
- KON3 treninde; KON3/A arasında ve KON3/B arasında farklı çalışanlar görev almaktadır.
- KON4 treninde; KON4/A arasında, KON4/B arasında ve KON4/C arasında farklı çalışanlar görev almaktadır.
- YHT2 Yüksek Hızlı Treninde; YHT2/A arasında ve YHT2/B arasında farklı çalışanlar görev almaktadır.
- YHT1 ve YHT2 arasında çalışan Yüksek Hızlı Trenlerde çalışma grupları değişmemiştir.

Tablo 4.1. Ölçüm yapılan trenler, rotalar ve ölçüm süreleri

TİP	GENEL ÖZELLİKLER	DİZEL MOTOR	ANA JENERATÖR	CER MOTORU	TRENLER	ROTALAR	ÖLÇÜM SÜRESİ (dk)
DE 24000	İmalatçısı: MTE- Tülomsaş İmal Tarihi 1970-1984 Gücü: 1900 Bg Ağırlığı: 112,8 t Dingil Basıncı: 18,8 t Azami hızı: 120 km/h Ray açıklığı: 1435 mm	İmalatçısı: MTE- Tülomsaş Gücü: 2100 Hp Silindir: V Tipi 16 Devri: 1500 d/dk Rölanti: 650 d/dk	İmalatçısı: Jeumont- Tülomsaş Gücü: 1560 kW Akımı: 2400 A Çıkış ger: 1250 V Nominal ger (DC): 900 V Ağırlığı: 3120 kg	İmalatçısı: Schneider-Tül. Gücü: 271 kW Akımı: 800 A Gerilim: 370 V Devri: 697 d/dk Ağırlığı: 2285 kg	KON1	KON1/A	3020
						KON1/B	
						KON1/C	
						KON1/A -KON1/B-KON1/C	
					KON2	KON2/A	1770
						KON2/B	
					KON4	KON4/A	3585
KON4/B							
KON4/C							
DE 22000	İmalatçısı: GM - EMD İmal Tarihi: 1985-1989 Gücü: 2000 Bg Ağırlığı: 117,5 t Dingil Basıncı: 19,5 t Azami hızı: 120 km/h Ray açıklığı: 1435 mm	İmalatçısı: EMD Gücü: 2200 Bg Silindir: V - 16 Devri: 904 d/dk Rölanti: 318 d/dk	İmalatçısı: EMD Gücü: 2016 Bg Akımı: 4200 A Çıkış ger: 600 V Ağırlığı: 7258 kg	İmalatçısı: GM- EMD Gücü: 240 kW Akımı: 800 A Ger: 300 Volt Devri: 637,5 d/dk Ağırlığı: 2722 kg	KON3	KON3/A	3165
						KON3/B	

TİP	GENEL ÖZELLİKLER	TRENLER	ROTALAR	ÖLÇÜM SÜRESİ (dk)
YHT	İmalatçısı: CAF Dizi tertibi: Her biri bir bojisinden tahrikli 6 vagon. Fren Sistemi: Elektrikli rejeneratif fren ve apleti önleme sistemli diskli hava freni Ölçüler: Kabinli Vagon Uzunlukları 27350 mm, Ara Vagon Uzunlukları 25780 mm Tekerlek Çapı: 850 mm Servis İvmesi: 0.48 m/s ² Azami hız: 250 km/h Azami güç: 4800 kW Dizi uzunluğu: 158,92 m Güç Kaynağı: Pantograf	YHT1	YHT1	420
		YHT2	YHT2/A	1090
			YHT2/B	
		YHT3	YHT3	440

4.2. ÖLÇÜM SONUÇLARI

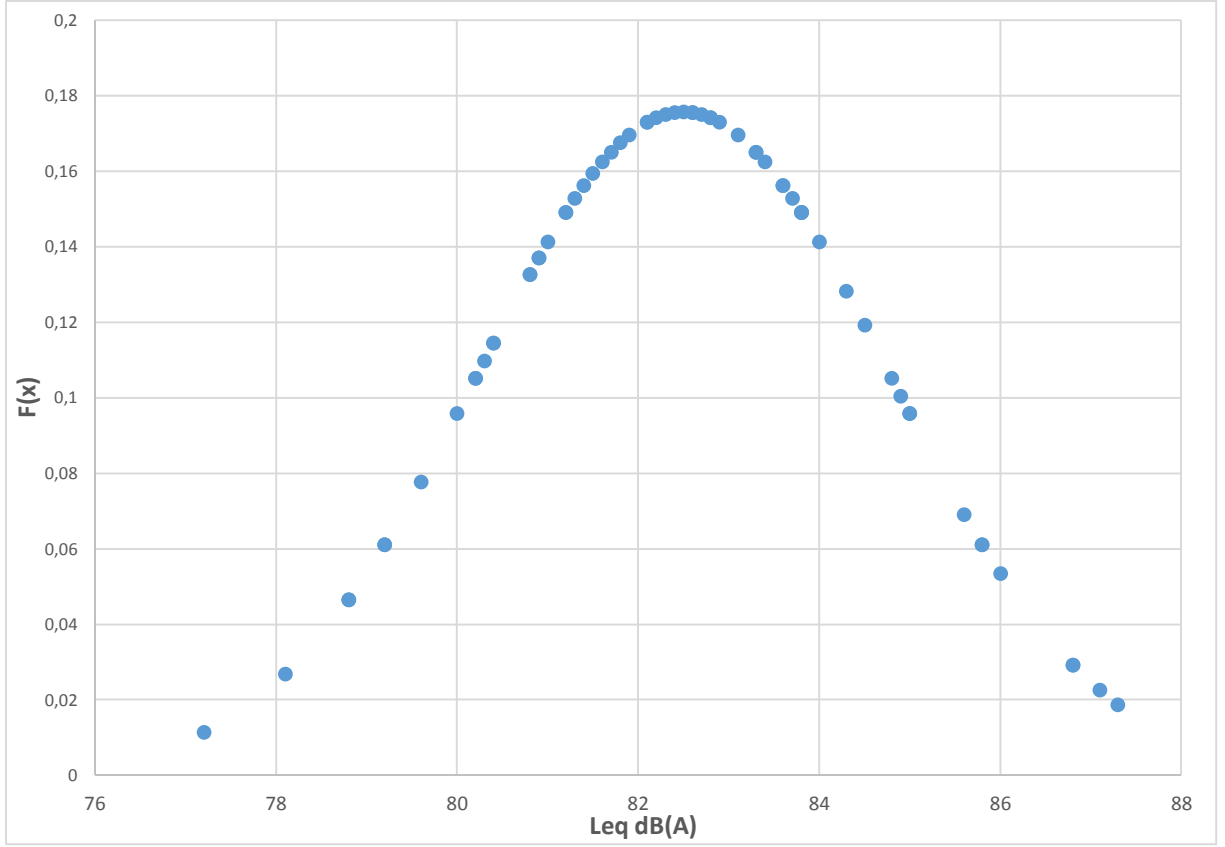
Yapılan ölçümlerin doğruluğunu test etmek amacı ile her bir trende ve tüm cihazlarla yapılan tüm ölçüm serileri istatistiksel analizlere tabi tutulmuştur. Her bir ölçüm setinin kendi içinde uyumunun gösterimi için Gauss dağılımı kullanılmıştır. Her bir tren seti için elde edilen Gauss dağılımı grafikleri ve normal olasılık dağılımı grafikleri Grafik 4.1. ve Grafik 4.20. arasındaki şekillerde verilmiştir.

Grafik 4.1. ile Grafik 4.20. arasındaki tek numaralı şekillerde verilen normal dağılım grafikleri; ölçümlerin sayısı, gürültü ölçümlerinin ortalaması, ölçümlerin standart sapması ve ölçüm değerleri kullanılarak elde edilen olasılığa karşı ölçüm yapılan değer şeklinde verilmiştir.

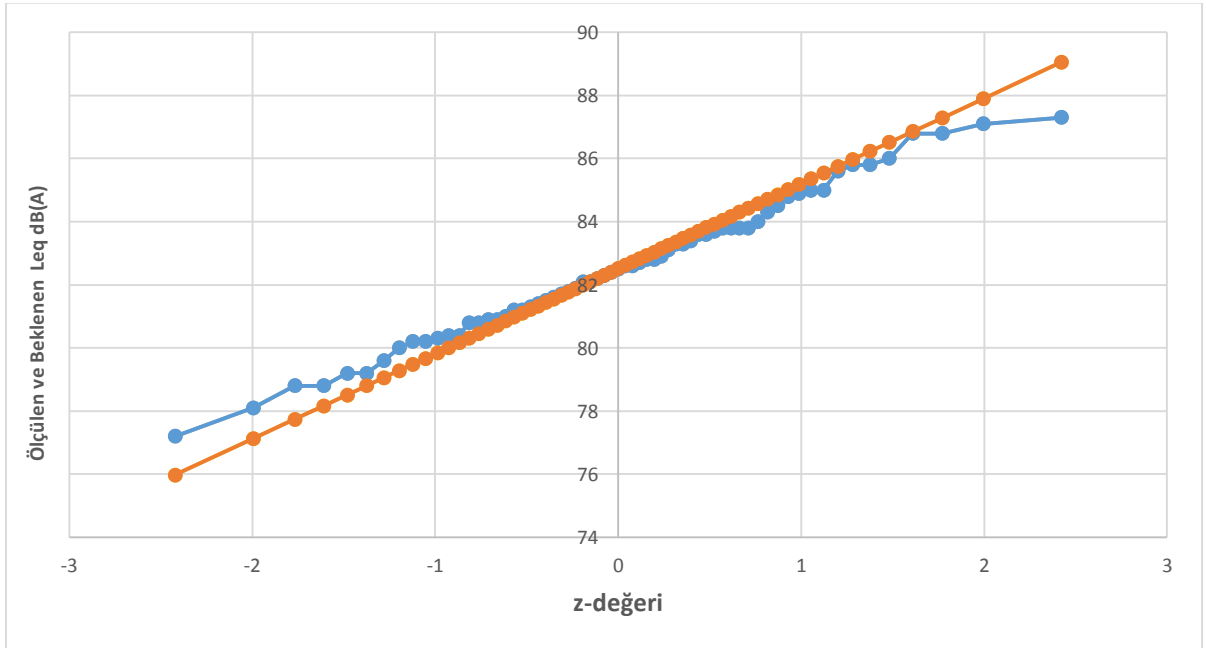
Grafik 4.1. ile Grafik 4.20. arasındaki çift numaralı şekillerde verilen normal olasılık dağılımı grafiklerinde de yapılan gürültü ölçümlerinin sayısı, ölçümlerin ortalaması, ölçümlerin standart sapması ve gürültü ölçüm değerleri kullanılarak beklenen bir ölçüm değeri elde edilmiştir. Yapılan ölçümlerin sonuçlarından faydalanılarak elde edilen z değerlerine karşı beklenen ve ölçülen değerler grafiklere aktarılmıştır.

Bu grafiklerde turuncu renklerde verilen ve her grafikte düz bir çizgi üzerinde hareket eden değerler beklenen değerlerdir. Mavi çizgi ile verilen değerler de trenlerde ölçülen gürültü değerleridir. Beklenen değerler $-2 \leq z \leq +2$ değerleri arasındadırlar ve ölçüm değerleri bu çizgi üzerinde hareket ederler.

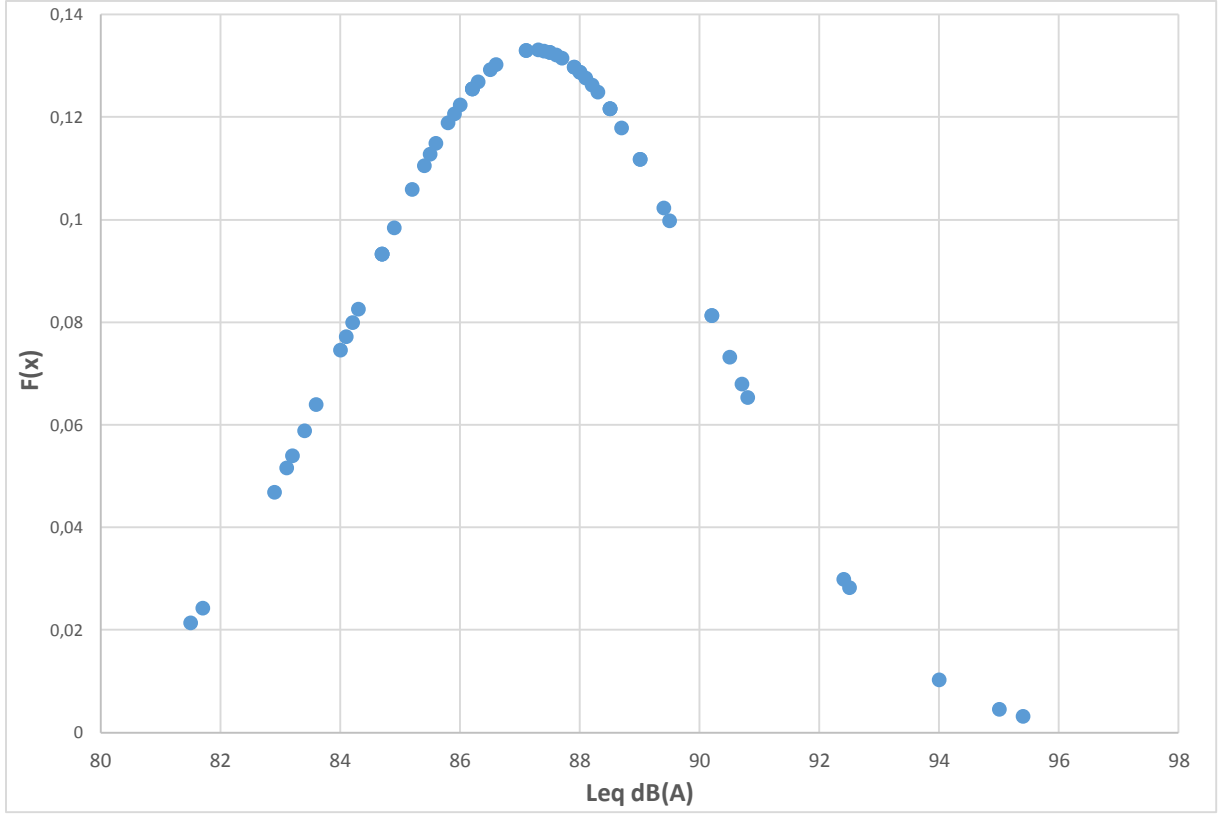
Ölçüm sonuçlarının uygunluğu belirlendikten sonra tren içerisinde çalışanların günlük gürültü maruziyetleri ölçüm standardında verilen hesap yöntemi ile hesaplanmış ve her bir ölçüm için ölçüm belirsizliği verilmiştir. Ölçüm standardı için özel hazırlanmış gürültü hesap programı kullanılmıştır İSGÜM'ün de kullandığı bu gürültü hesap programında; çalışma süreleri, ham veriler, gürültü ölçüm cihazı ile ilgili bilgiler, ölçüm belirsizliği hesabı ve çalışanın kişisel günlük gürültü maruziyeti sonuçları bulunmaktadır.



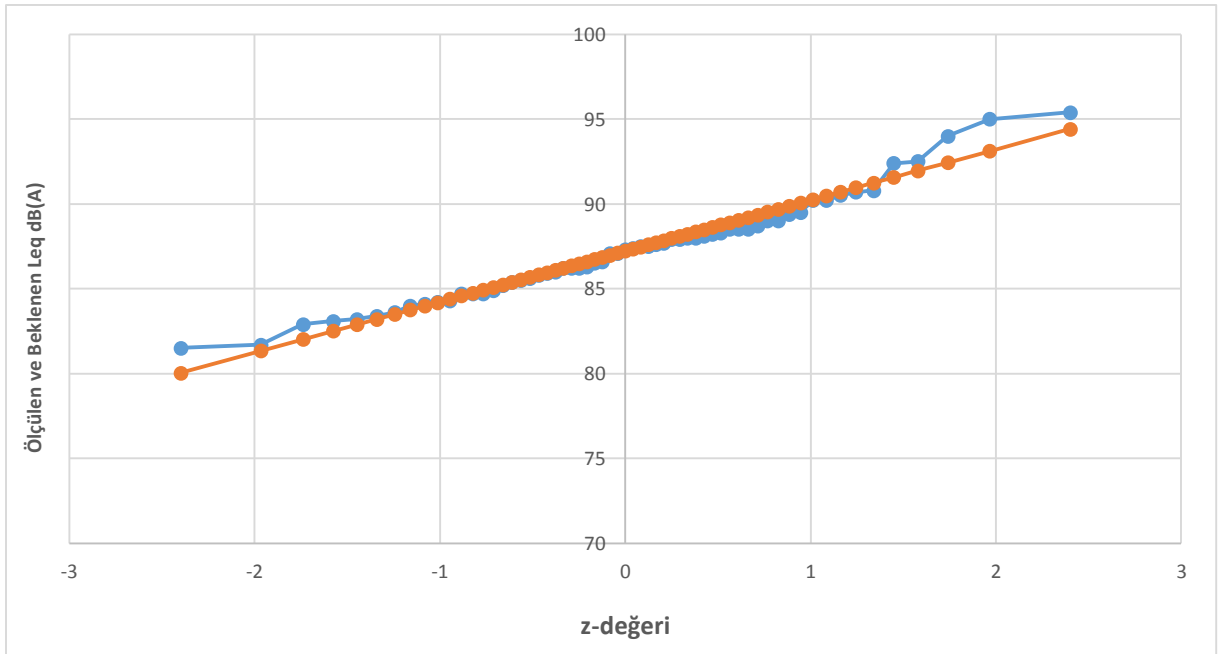
Grafik 4.1. KON1 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı



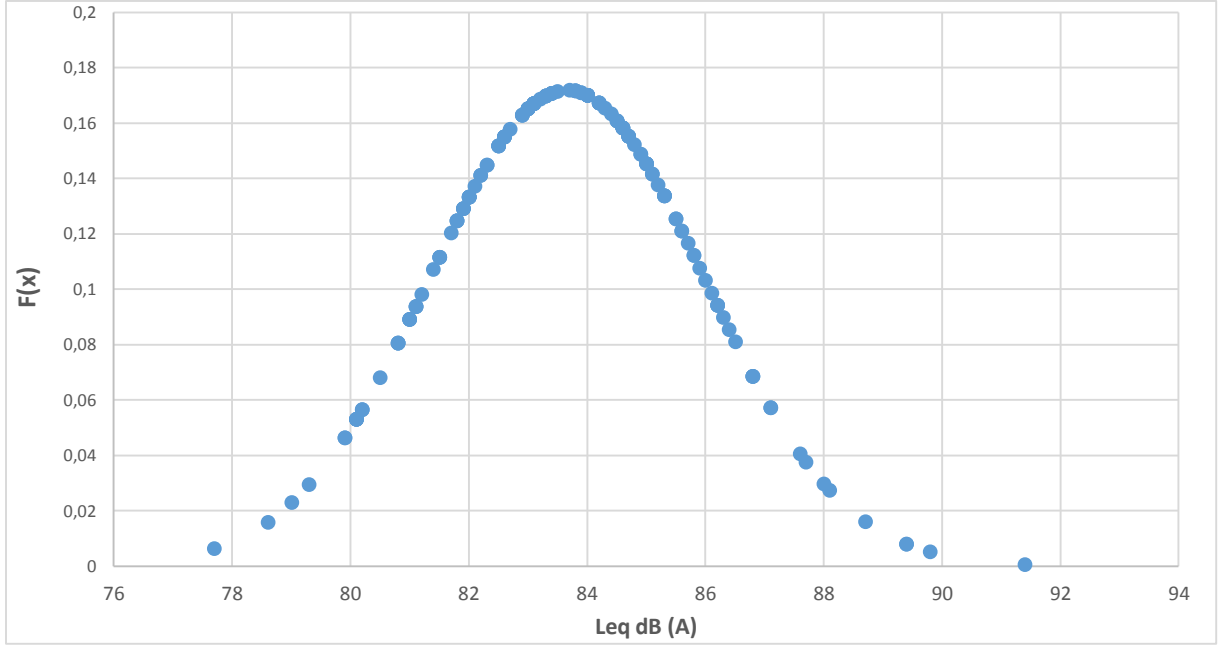
Grafik 4.2. KON1 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı



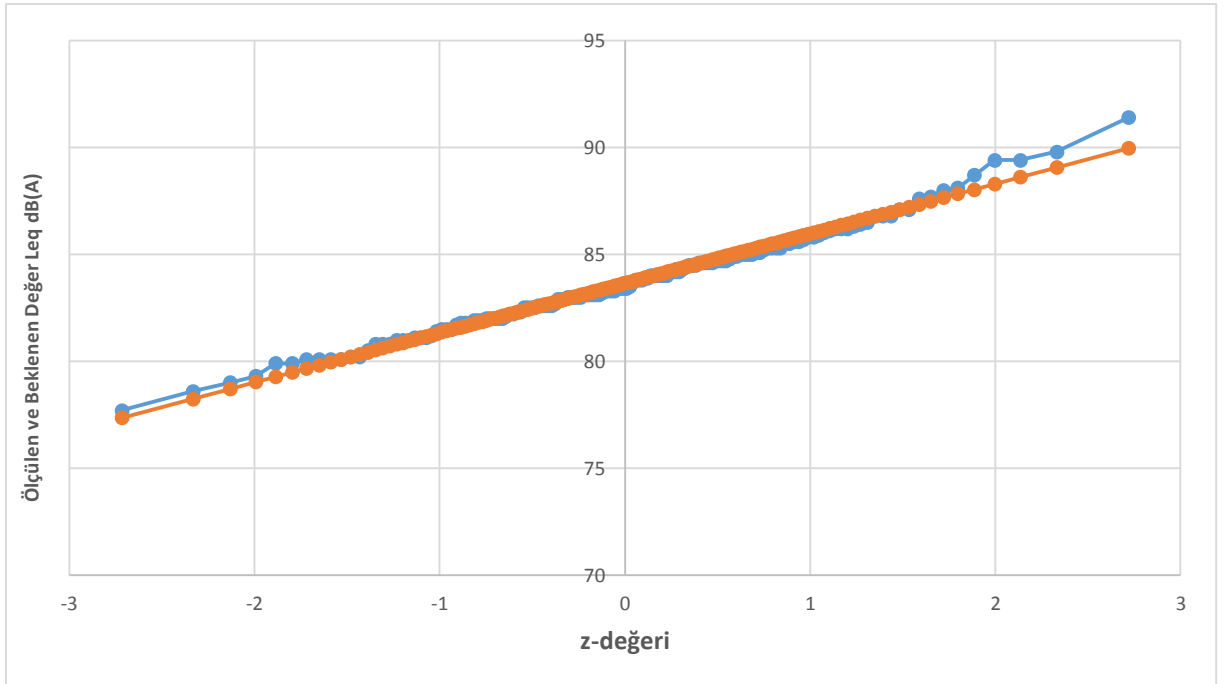
Grafik 4.3. KON2 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı



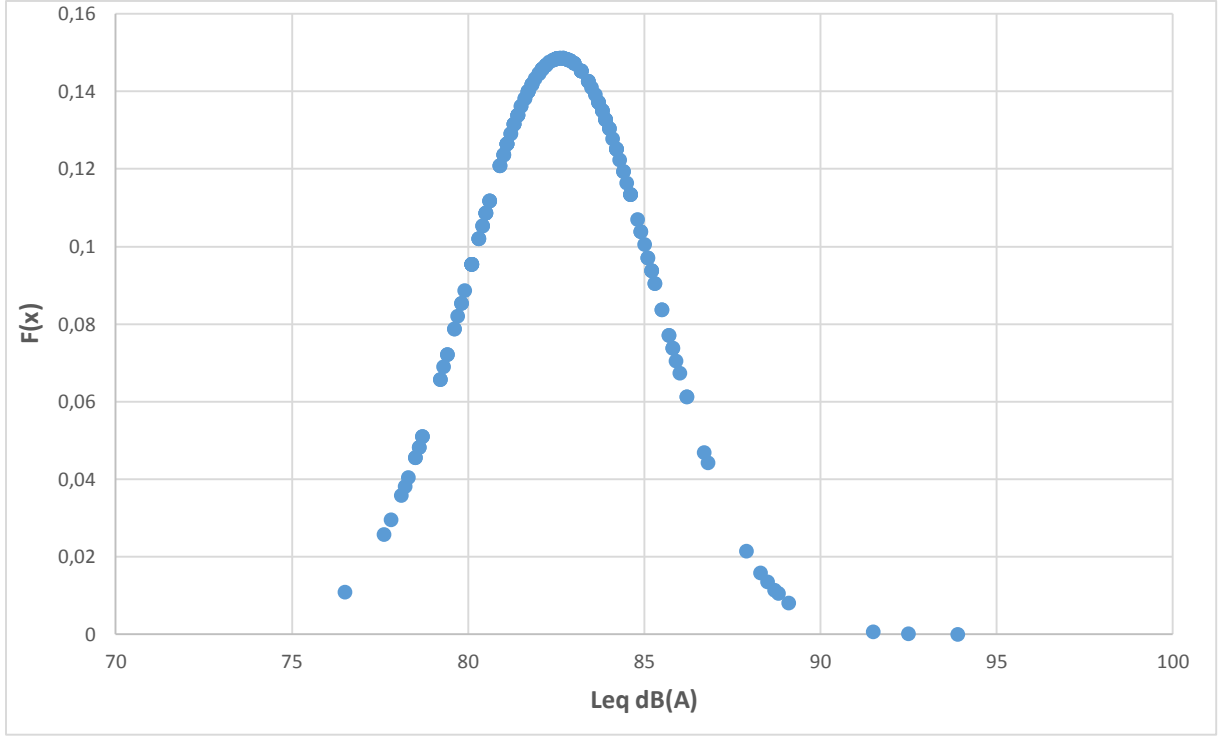
Grafik 4.4. KON2 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı



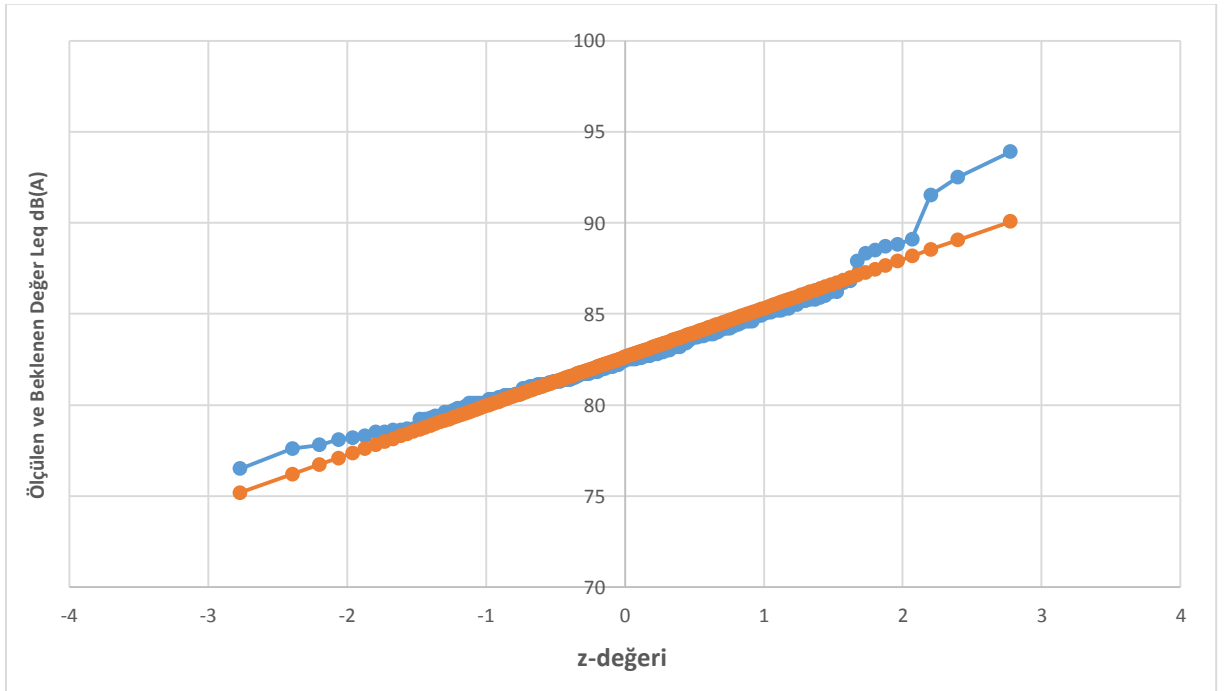
Grafik 4.5. KON3 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı



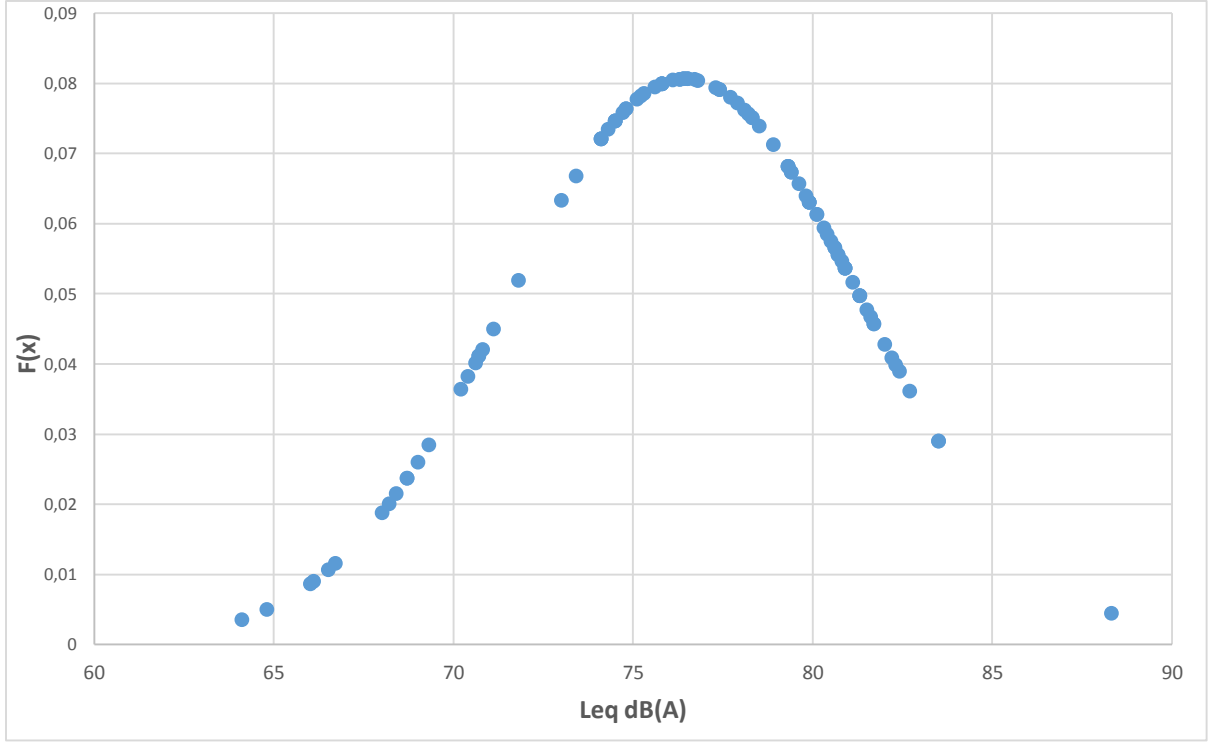
Grafik 4.6. KON3 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı



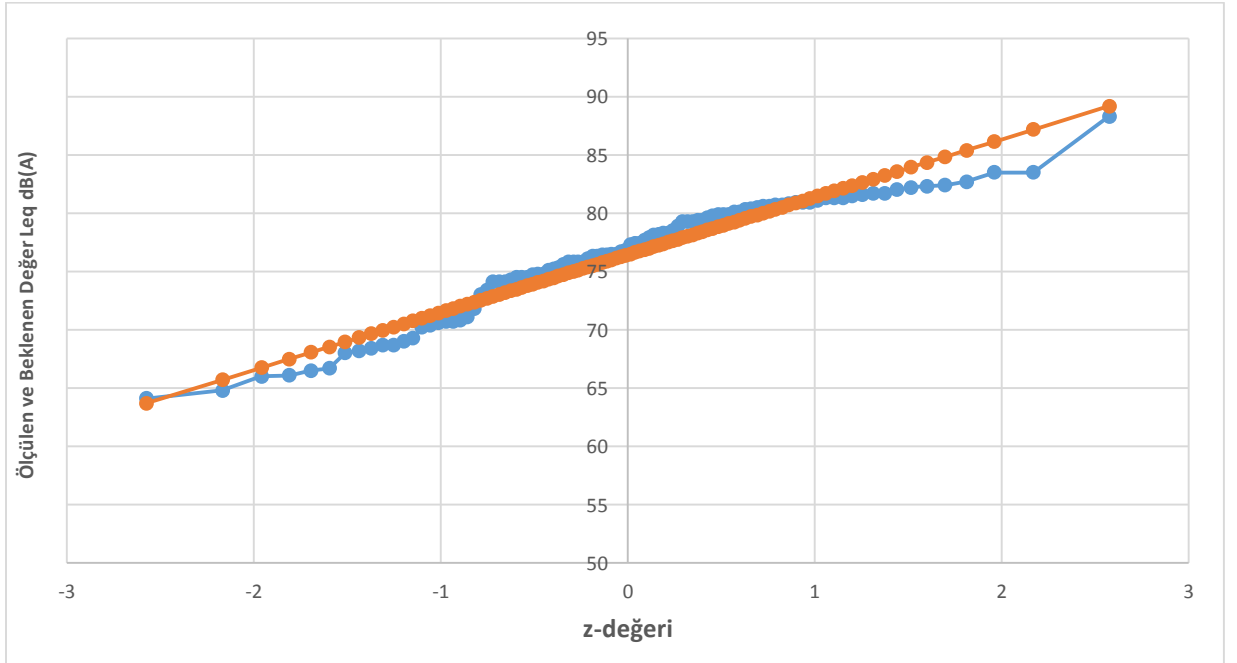
Grafik 4.7. KON4 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı



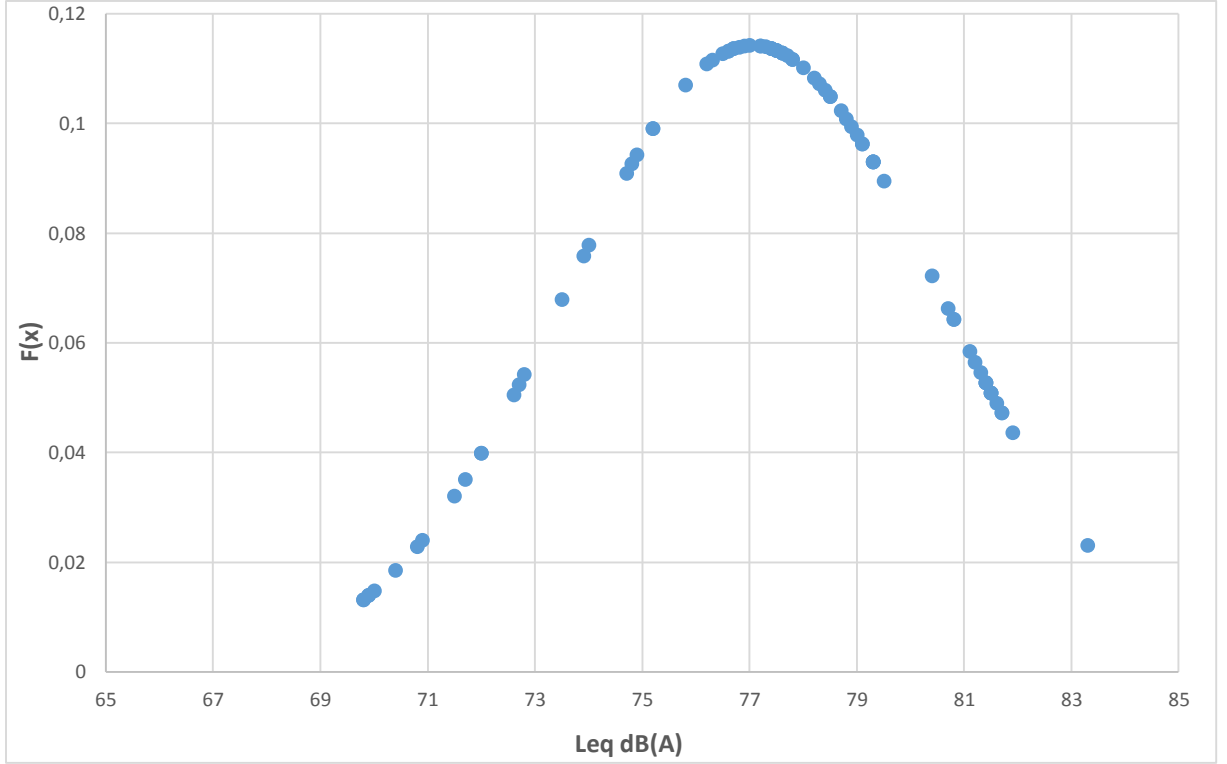
Grafik 4.8. KON4 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı



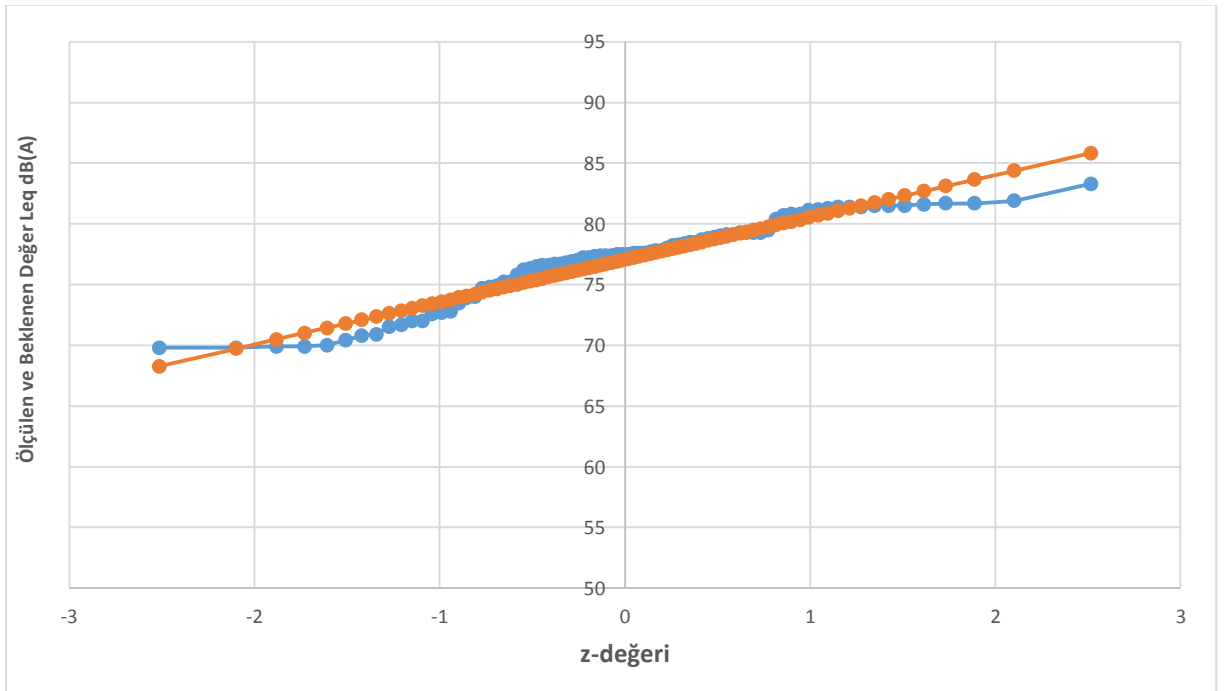
Grafik 4.9. YHT2 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı



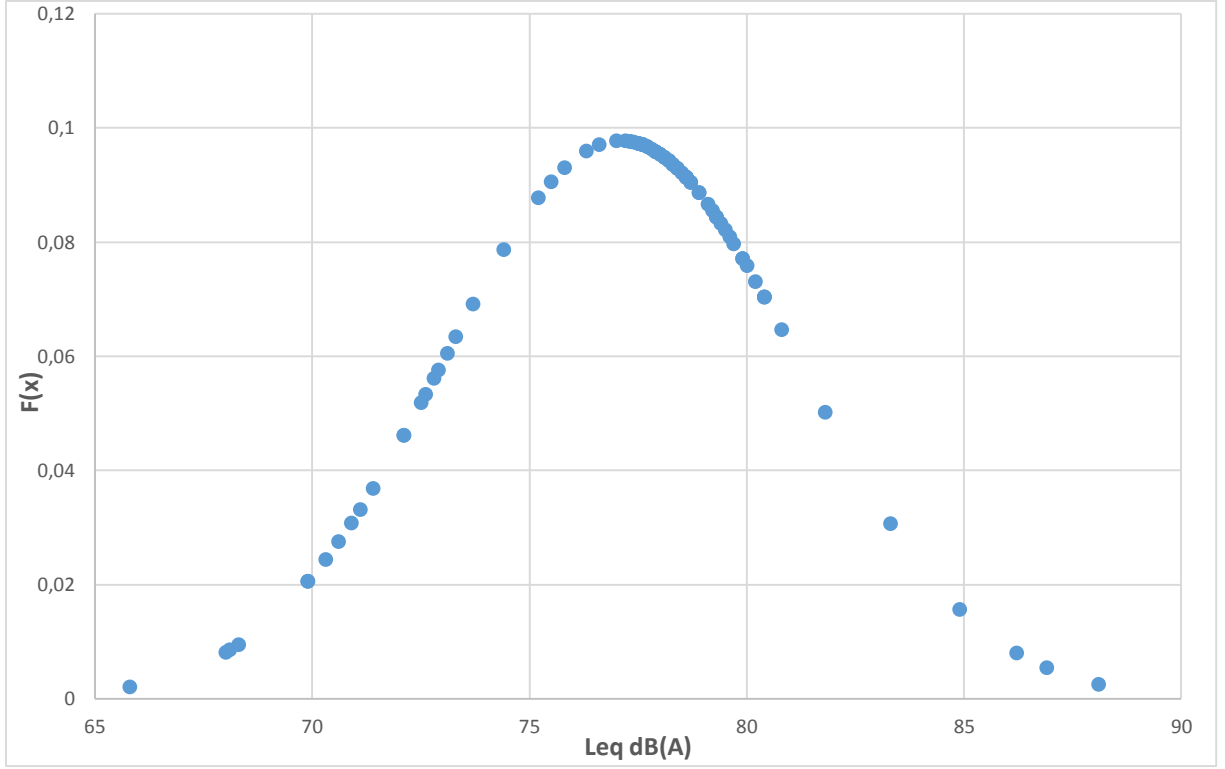
Grafik 4.10. YHT2 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı



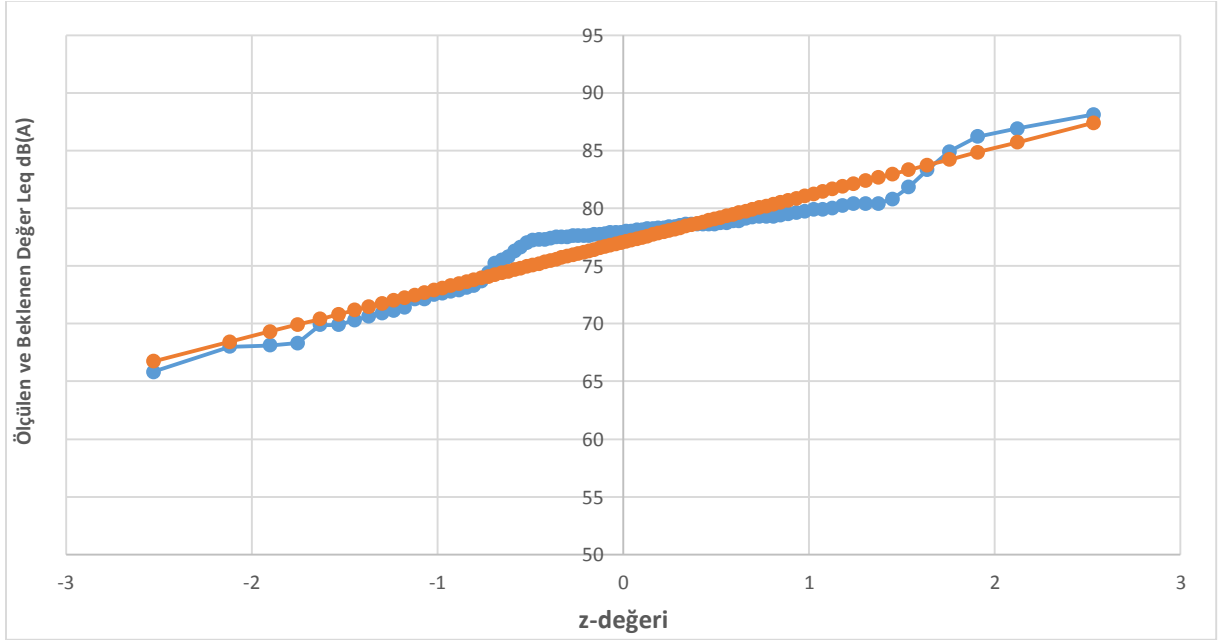
Grafik 4.11. YHT1 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı



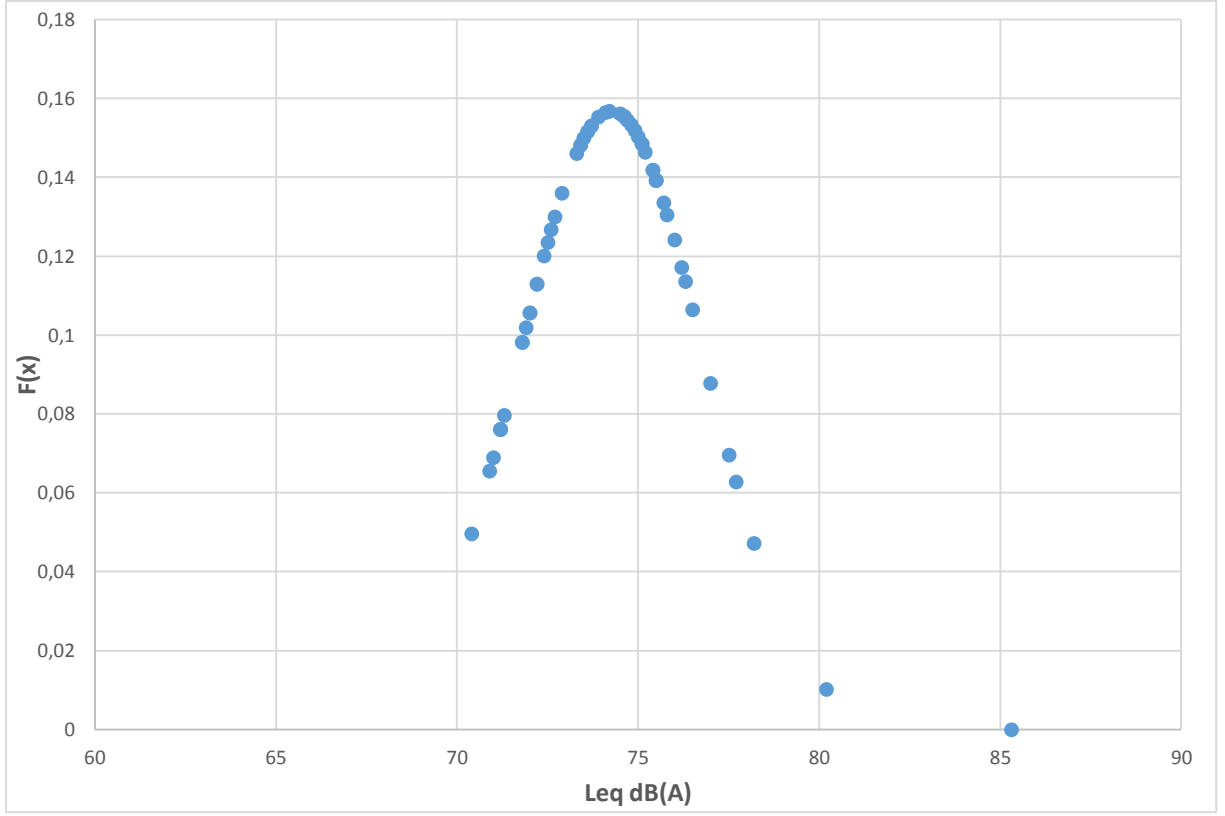
Grafik 4.12. YHT1 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı



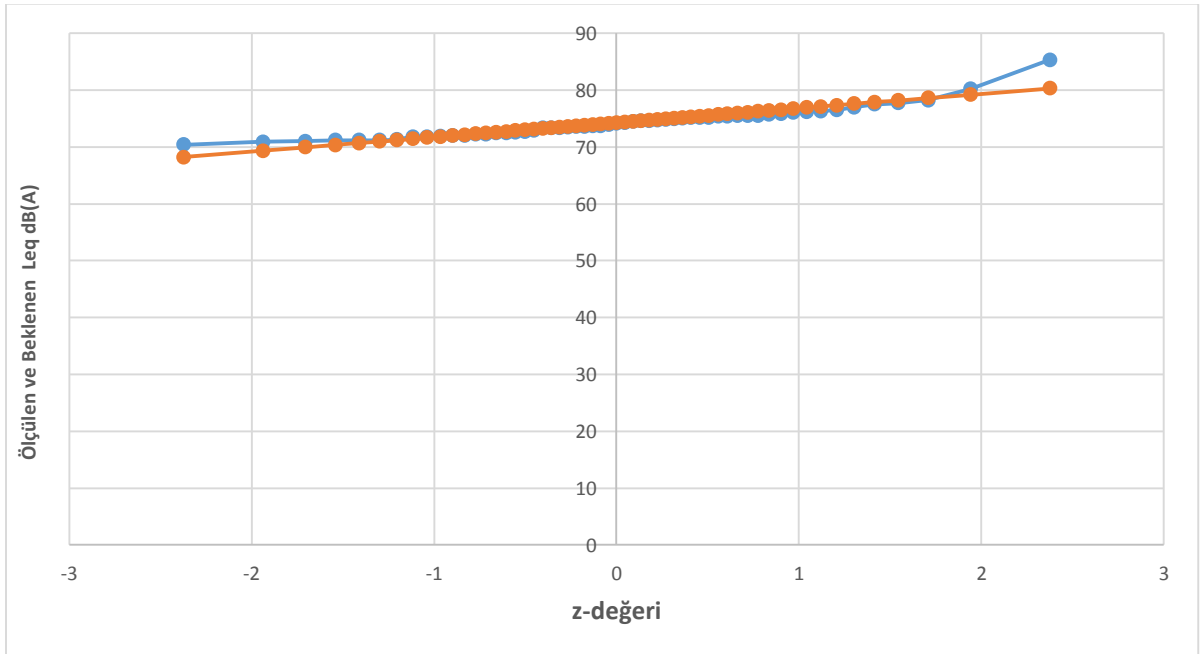
Grafik 4.13. YHT3 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal dağılımı



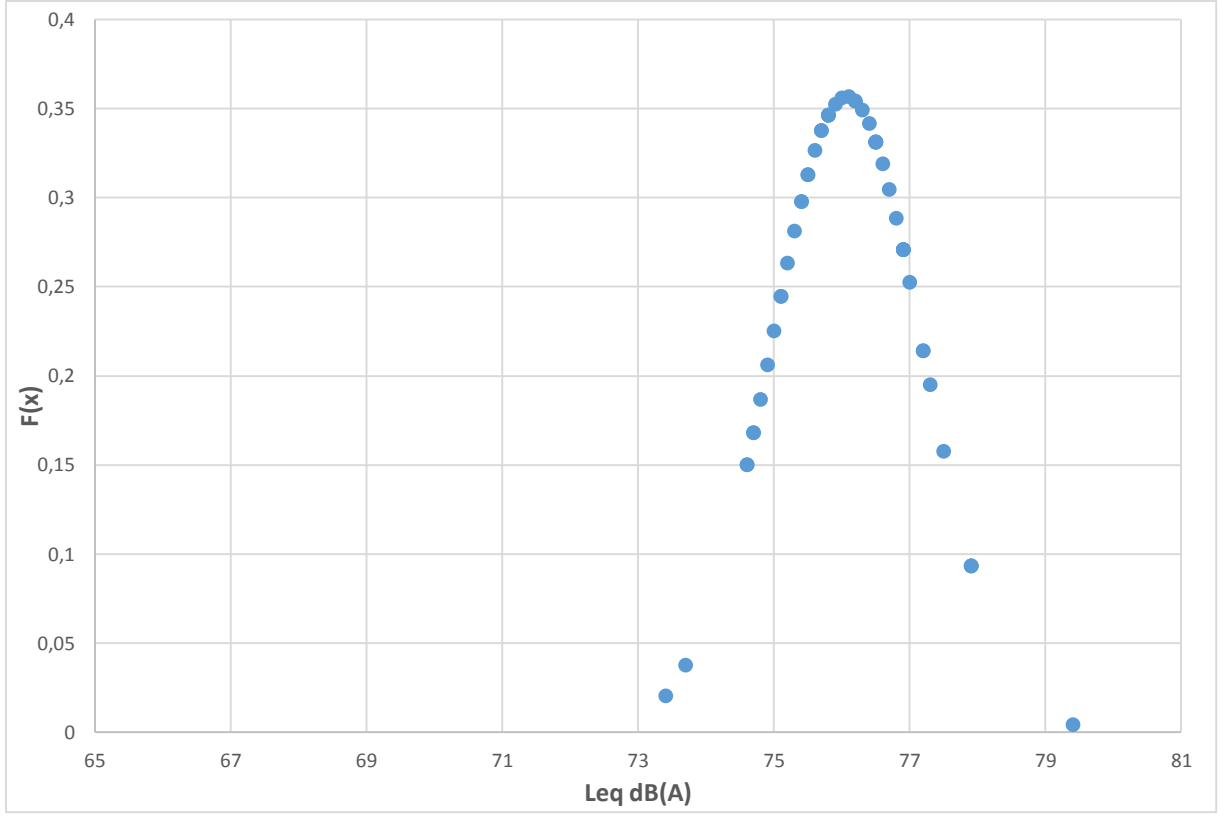
Grafik 4.14. YHT3 Treni makine dairesi gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı



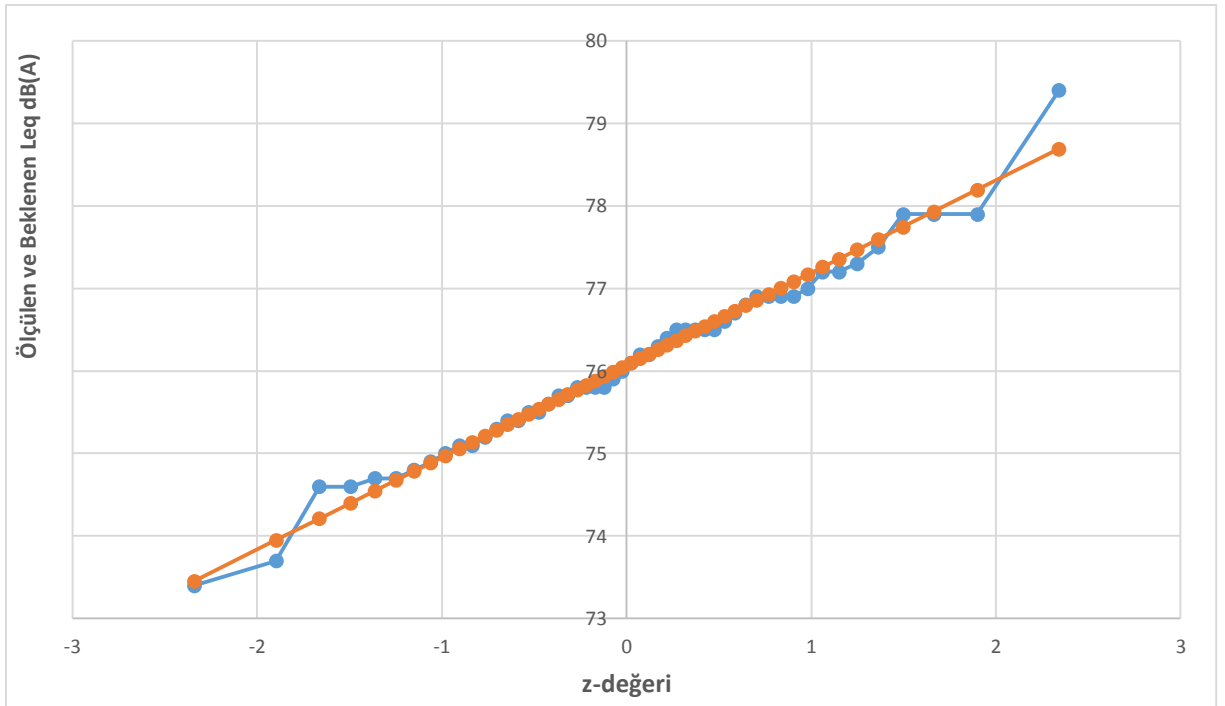
Grafik 4.15. KON2 Treni jeneratör vagonu gürültü ölçüm serisi normal dağılımı



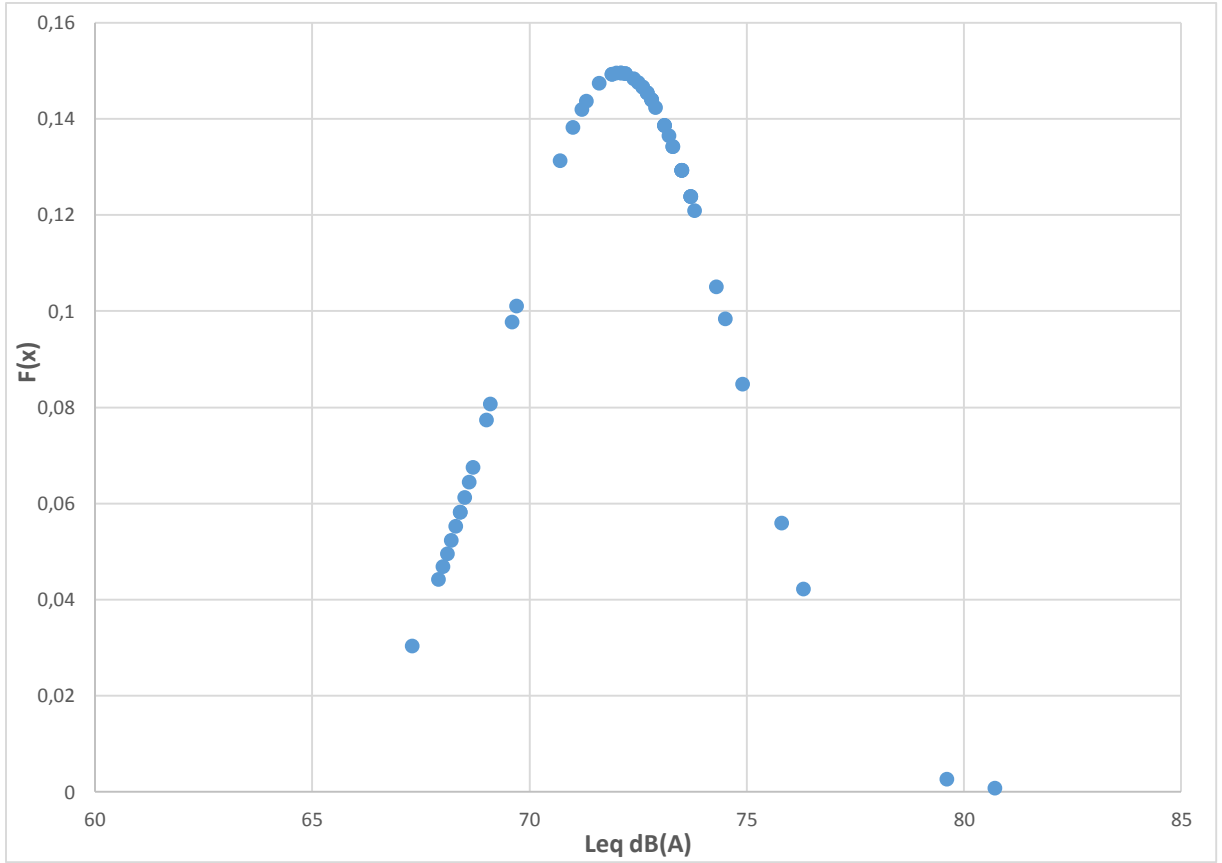
Grafik 4.16. KON2 Treni jeneratör vagonu gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı



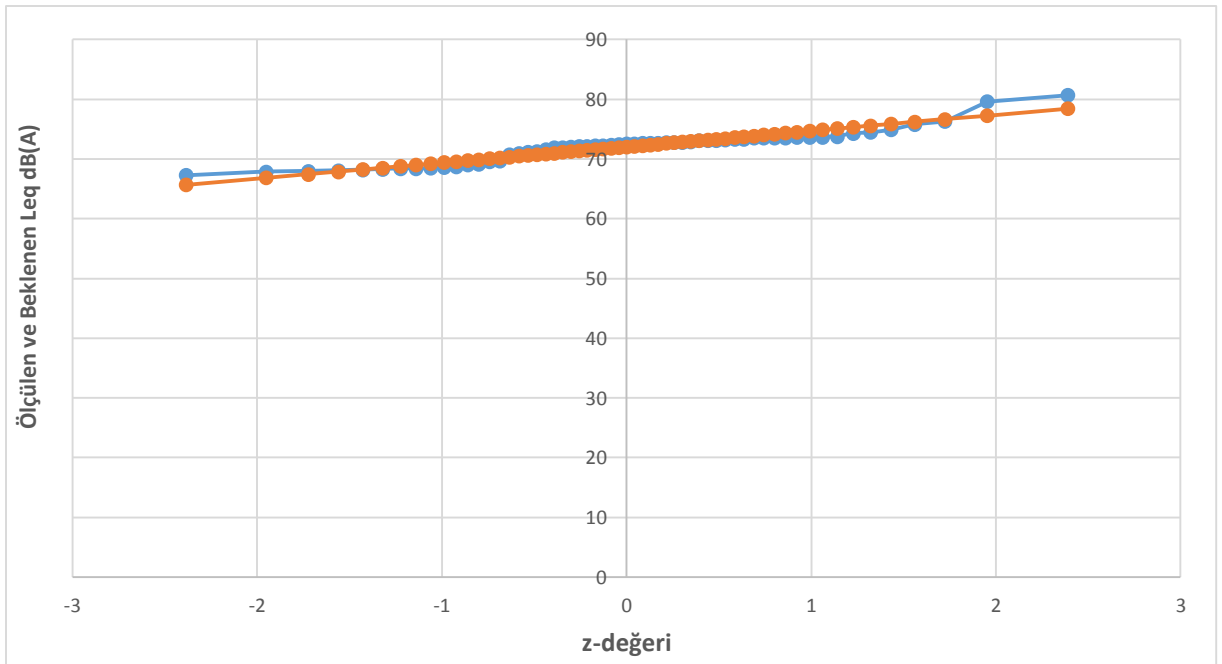
Grafik 4.17. KON3 Treni jeneratör vagonu gürültü ölçüm serisi normal dağılımı



Grafik 4.18. KON3 Treni jeneratör vagonu gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı



Grafik 4.19. KON4 Treni jeneratör vagonu gürültü ölçüm serisi normal dağılımı



Grafik 4.20. KON4 Treni jeneratör vagonu gürültü ölçüm serisi normal olasılık dağılımı

Konvansiyonel trenlerde makine dairesi, furgon vagonu ve jeneratör vagonu için; yüksek hızlı trenlerde makine dairesi, yemek vagonu ve hostesler için ölçüm sonuçları Tablo 4.2.-6.'da, verilmiştir.

Tablo 4.2. Konvansiyonel trenler – Makine dairesi ölçüm sonuçları

TRENLER	ROTALAR	Ölçüm Mesafesi (km)	LEX,8h dB(A)	Ölçüm Belirsizliği	Ppeak dB(C)	Ölçüm Stratejisi
KON1	KON1/A	824	82,6	± 3,1	126,4	Görev Tabanlı
	KON1/B		84,5	± 3,1	124,5	Görev Tabanlı
	KON1/C		83,6	± 3,1	126,2	İş Tabanlı
KON2	KON2/A	241	88,3	± 3,1	138,5	İş Tabanlı
	KON2/B		90,0	± 3,5	127,3	İş Tabanlı
KON3	KON3/A	674	83,7	± 3,0	126,7	İş Tabanlı
	KON3/B		85,8	± 3,1	131,6	İş Tabanlı
KON4	KON4/A	854	83,8	± 3,0	122,7	İş Tabanlı
	KON4/B		82,1	± 3,0	129,0	İş Tabanlı
	KON4/C		86,0	± 3,1	126,7	İş Tabanlı

Tablo 4.3. YHT – Makine dairesi ölçüm sonuçları

TRENLER	ROTALAR	Ölçüm Mesafesi (km)	LEX,8h dB(A)	Ölçüm Belirsizliği	Ppeak dB(C)	Ölçüm Stratejisi
YHT1	YHT1/A	306	78,7	±3,1	129,9	İş Tabanlı
YHT2	YHT2/A	533	79,6	±3,2	115,5	Görev Tabanlı
	YHT2/B		78,9	±3,4	125,4	İş Tabanlı
YHT3	YHT3/A	355	79,4	±3,1	126,6	İş Tabanlı

Tablo 4.4. Konvansiyonel trenler – Jeneratör vagonu ölçüm sonuçları

TRENLER	ROTALAR	Ölçüm Mesafesi (km)	LEX,8h dB(A)	Ölçüm Belirsizliği	Ppeak dB(C)	Ölçüm Stratejisi
KON1	KON1/A	824	74,4	±3,5	126,8	Görev Tabanlı
	KON1/B		68,1	±3,1	116,6	Görev Tabanlı
	KON1/C		69,5	±3,2	123,3	İş Tabanlı
KON2	KON2/A	241	75,6	±3,1	122,0	Görev Tabanlı
	KON2/B		76,7	±3,1	132,9	Görev Tabanlı
KON3	KON3/A	674	77,1	±3,0	124,7	İş Tabanlı
	KON3/B		76,3	±3,0	125,6	İş Tabanlı
KON4	KON4/A	854	72,5	±3,1	127,0	İş Tabanlı
	KON4/B		73,0	±3,1	117,2	Görev Tabanlı
	KON4/C		75,1	±3,2	126,8	Görev Tabanlı

Tablo 4.5. Konvansiyonel trenler – Furgon vagonu ölçüm sonuçları

TRENLER	ROTALAR	Ölçüm Mesafesi (km)	LEX,8h dB(A)	Ölçüm Belirsizliği	Ppeak dB(C)	Ölçüm Stratejisi
KON1	KON1/A	824	74,1	± 3,2	117,7	Görev Tabanlı
	KON1/B					
	KON1/C					

Tablo 4.6. YHT – Hostes ve yemek vagonu ölçüm sonuçları

TRENLER	ROTALAR	Ölçüm Mesafesi (km)	LEX,8h dB(A)	Ölçüm Belirsizliği	Ppeak dB(C)	Ölçüm Stratejisi
YHH2	YHT2/A	533	70,4	±3,4	134,4	Görev Tabanlı
	YHT2/B		66,4	±3,3	127,4	Görev Tabanlı

Tablo 4.7. Konvansiyonel trenler ve yüksek hızlı trenlerde makine dairesi ve jeneratör vagonu çalışanlarının hangi rotalarda çalıştıklarını belirtir. Tablo 4.8. ise yüksek hızlı trenlerde hosteslerin ve yemek vagonu çalışanlarının hangi rotalarda çalıştıklarını belirtir.

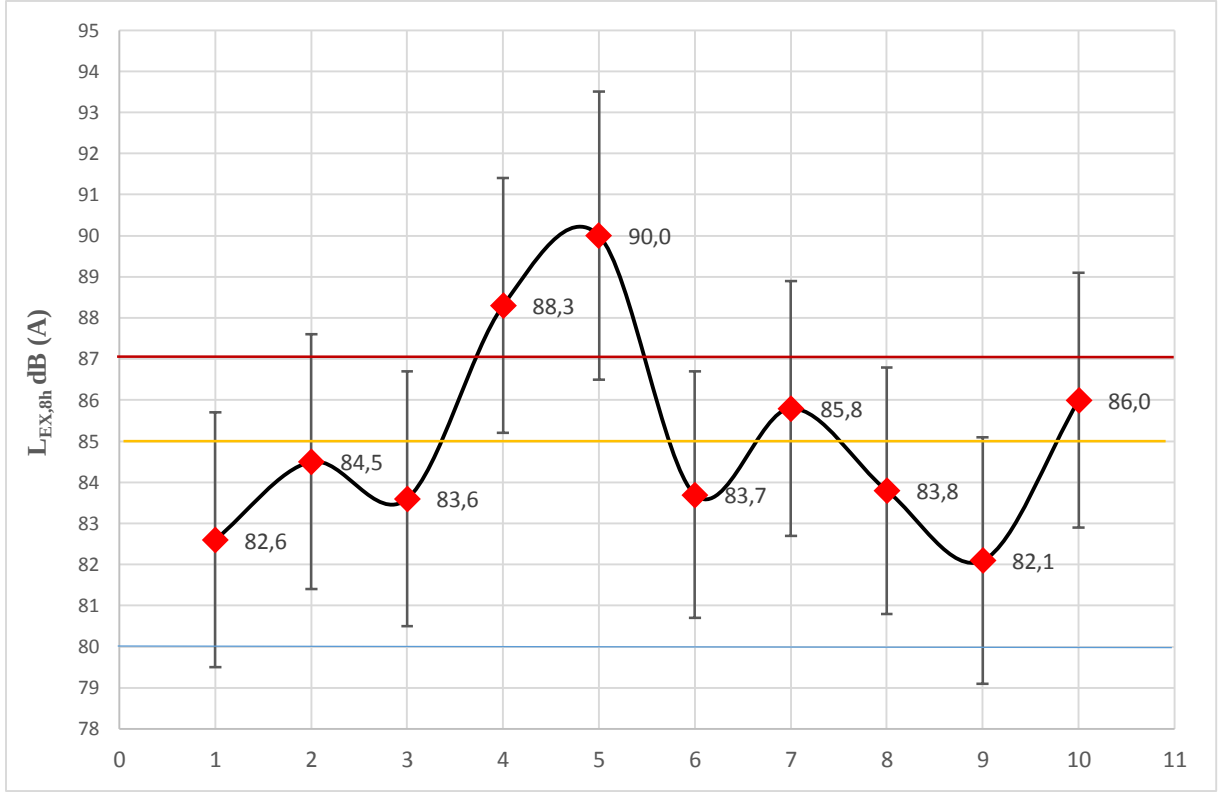
Tablo 4.7. Konvansiyonel trenler için kodlama (makine ve jeneratör vagonu)

KONVANSİYONEL	1	KON1/A
	2	KON1/B
	3	KON1/C
	4	KON2/A
	5	KON2/B
	6	KON3/A
	7	KON3/B
	8	KON4/A
	9	KON4/B
	10	KON4/C
YHT	1	YHT1
	2	YHT2/A
	3	YHT2/B
	4	YHT3

Tablo 4.8. YHT için kodlama (hostesler ve yemek vagonu)

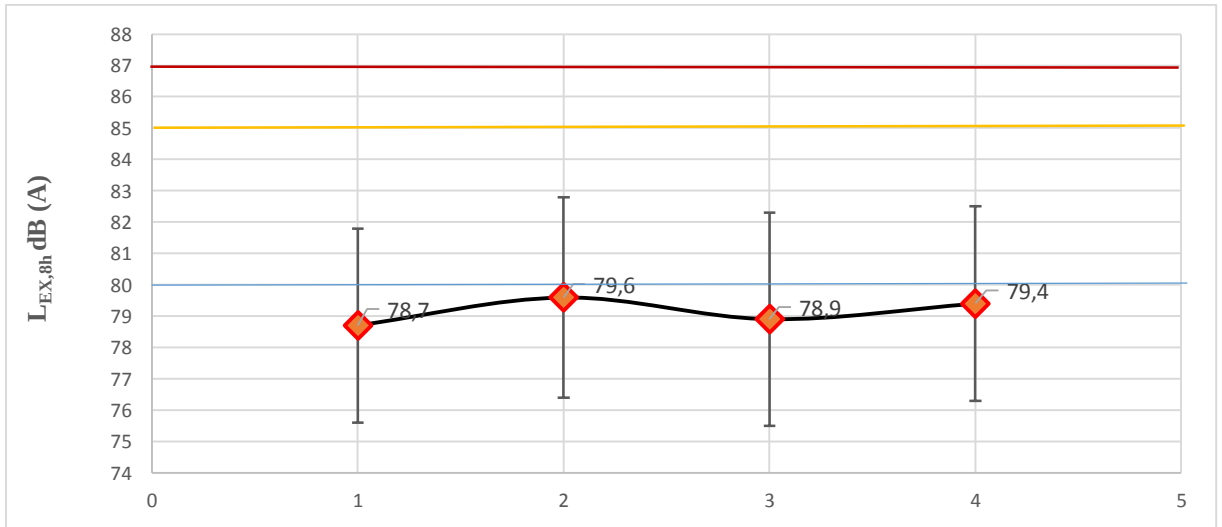
YHT	1	YHT2/A
	2	YHT2/B

Konvansiyonel trenlerde on farklı rotada makine dairesinde yapılan ölçümlerin sonucu Grafik 4.21.'de ölçüm belirsizlikleri ile ve kodlanmış biçimde verilmiştir. Buna göre 5 numara ile kodlanmış KON2/B rotasında en yüksek, 9 numara ile kodlanmış KON4/B rotasında en düşük günlük gürültü maruziyeti değerlerine ulaşılmıştır.



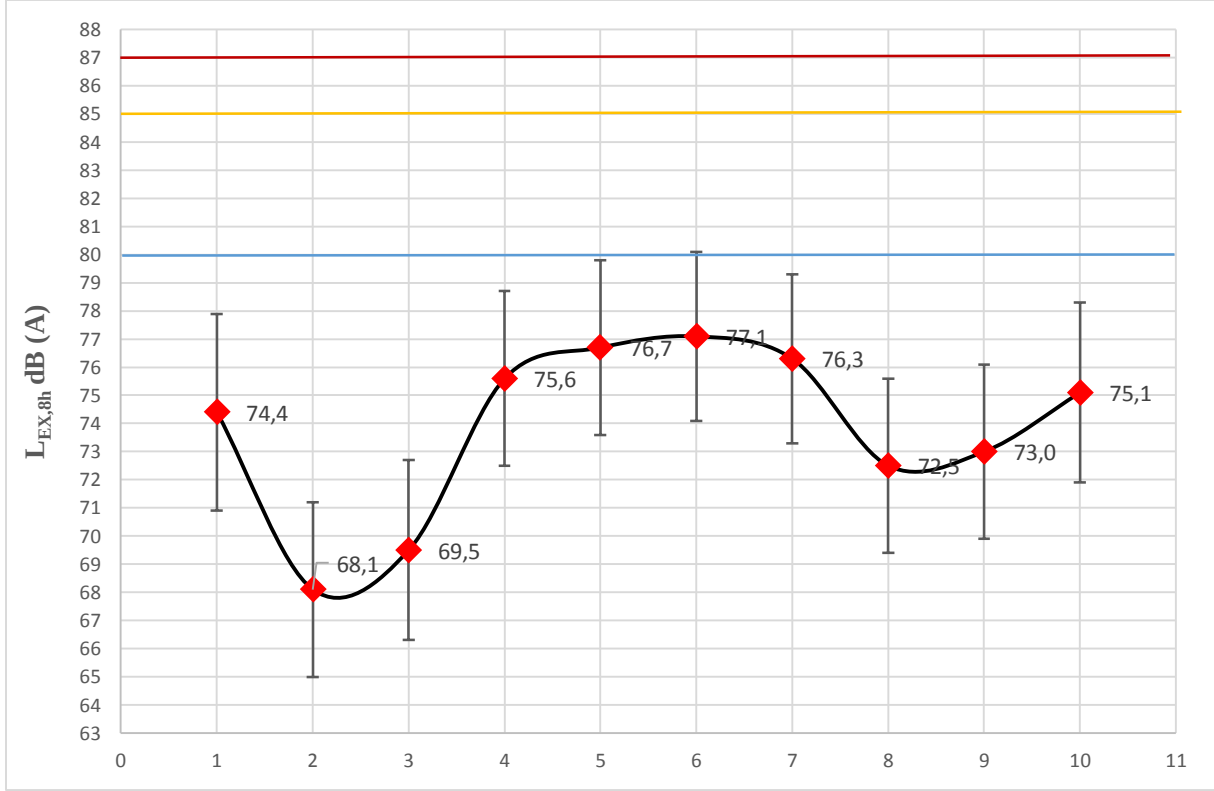
Grafik 4.21. Konvansiyonel trenlerde makinistlerin günlük gürültü maruziyetleri

Yüksek hızlı trenlerde dört farklı rotada makine dairesinde yapılan ölçümlerin sonucu Grafik 4.22.'de ölçüm belirsizlikleri ile ve kodlanmış biçimde verilmiştir. Buna göre 2 numara ile kodlanmış YHT2/A rotasında en yüksek, 1 numara ile kodlanmış YHT1 rotasında en düşük günlük gürültü maruziyeti değerlerine ulaşılmıştır.



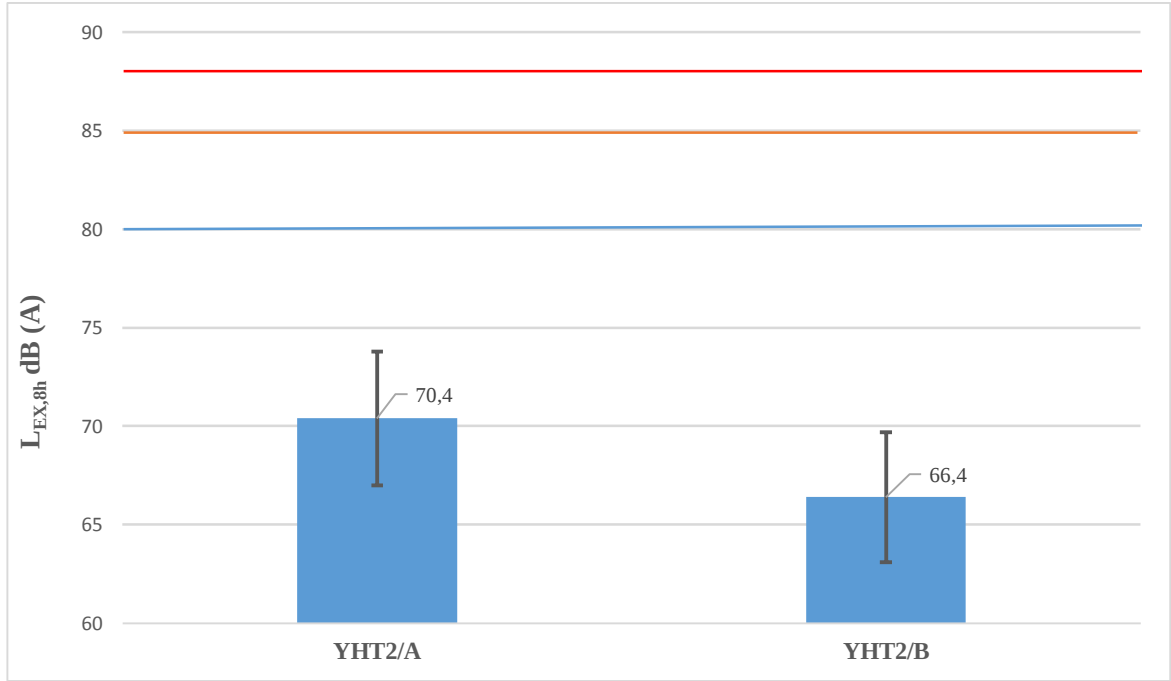
Grafik 4.22. YHT makine dairesi günlük gürültü maruziyetleri

Konvansiyonel trenlerde on farklı rotada jeneratör vagonu çalışanları için yapılan ölçümlerin sonucu Grafik 4.23.'de ölçüm belirsizlikleri ile ve kodlanmış biçimde verilmiştir. Buna göre 6 numara ile kodlanmış KON3/A rotasında en yüksek, 2 numara ile kodlanmış KON1/B rotasında en düşük günlük gürültü maruziyeti değerlerine ulaşılmıştır.



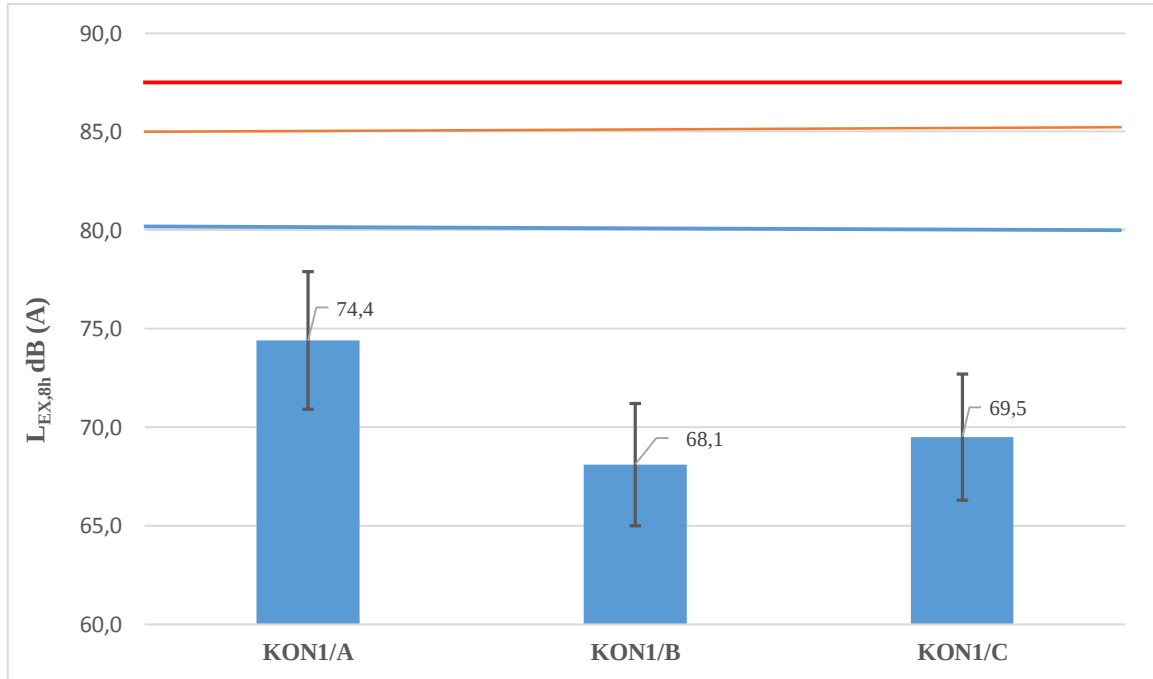
Grafik 4.23. Konvansiyonel trenlerde jeneratör vagonu günlük gürültü maruziyetleri

Yüksek hızlı trenlerde iki farklı rotada hostesler ve yemek vagonu çalışanları için yapılan günlük gürültü maruziyeti ölçümlerinin sonucu Grafik 4.24'de ölçüm belirsizlikleri ile verilmiştir. Buna göre YHT2/A rotasında en yüksek, YHT2/B rotasında en düşük günlük gürültü maruziyeti değerlerine ulaşılmıştır



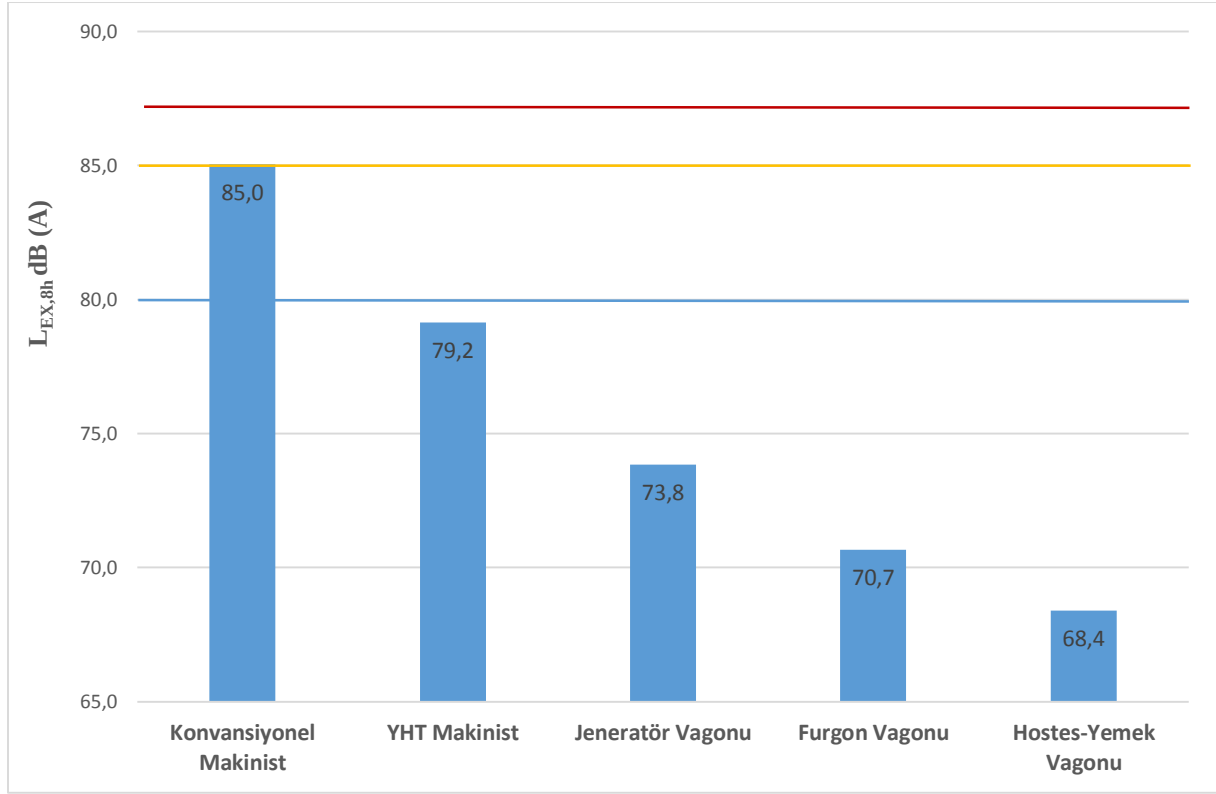
Grafik 4.24. YHT yemek vagonu ve hosteslerin günlük gürültü maruziyetleri

Konvansiyonel trenlerde üç farklı rotada furgon vagonu çalışanları için yapılan ölçümlerin sonucu Grafik 4.25’de ölçüm belirsizlikleri ile verilmiştir. Buna göre KON1/A rotasında en yüksek, KON1/B rotasında en düşük günlük gürültü maruziyeti değerlerine ulaşılmıştır.



Grafik 4.25. Konvansiyonel trenlerde furgon vagonu günlük gürültü maruziyetleri

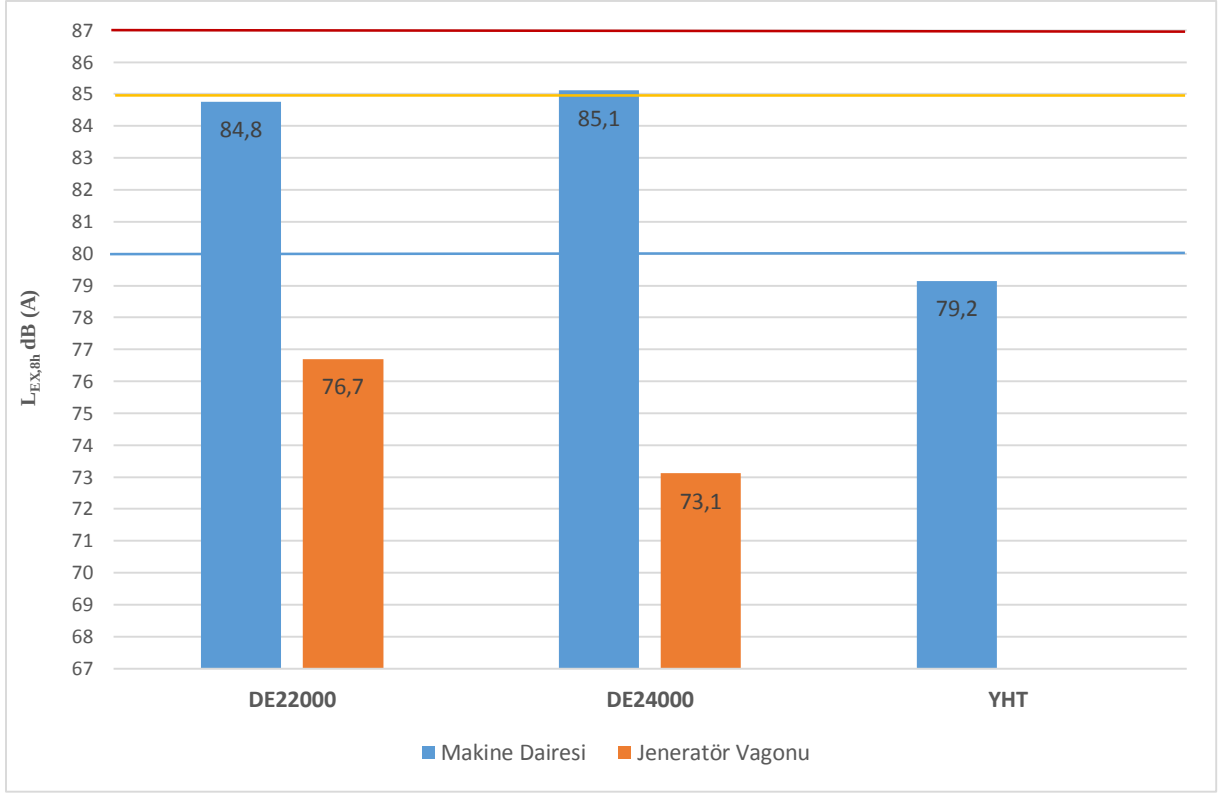
Grafik 4.26’da tren içerisinde çalışan ve veri alınan tüm çalışanların her bir çalışan görevi için günlük gürültü maruziyetleri bir arada verilmiştir.



Grafik 4.26. Ortalama günlük gürültü maruziyeti değerleri karşılaştırması

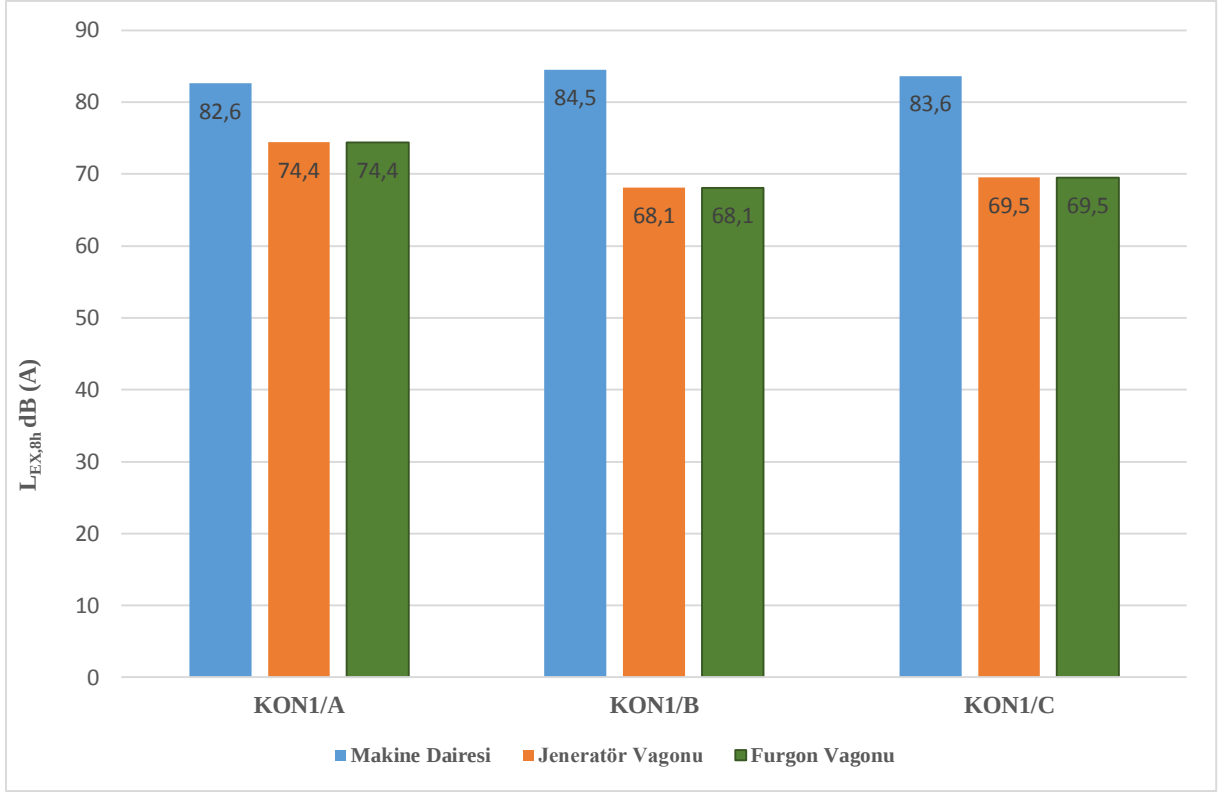
Grafik 4.26.’ya göre konvansiyonel trenlerde makine dairesinde çalışanların ortalama günlük gürültü maruziyetleri tüm grubun içinde en fazla, yüksek hızlı trenlerde yemek vagonu çalışanları ve hosteslerin ortalama günlük gürültü maruziyetleri ise en düşüktür.

Çalışmada üç tip lokomotif ile çalışılmıştır. Bunlar DE22000 ve DE24000 tipi dizel elektrikli konvansiyonel trenler ve HT65000 tipi yüksek hızlı trenlerdir. Bu üç tip lokomotifte makine dairesi ve jeneratör vagonu çalışanlarının ortalama günlük gürültü maruziyeti karşılaştırması Grafik 4.27.’de verilmiştir.

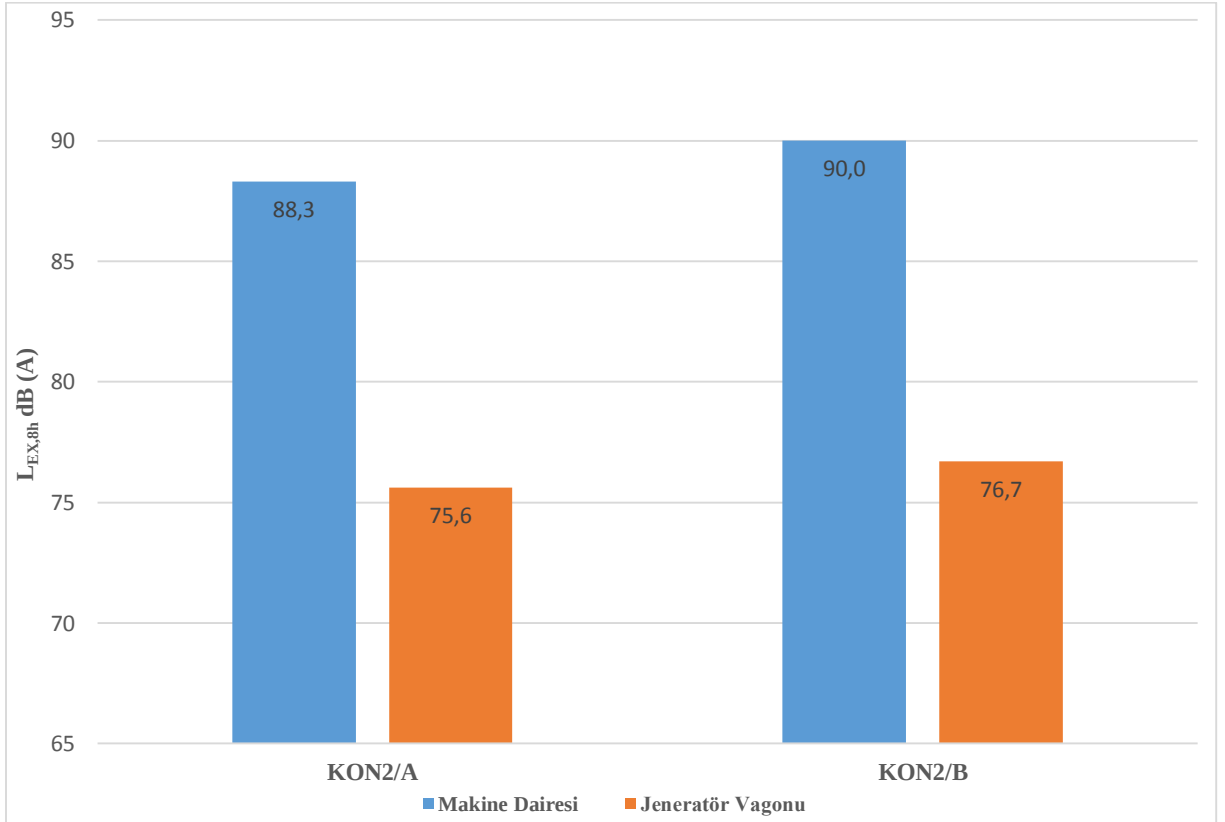


Grafik 4.27. Lokomotif tipine göre makine dairesi ve jeneratör vagonu çalışanlarının ortalama günlük gürültü maruziyet değerleri karşılaştırması

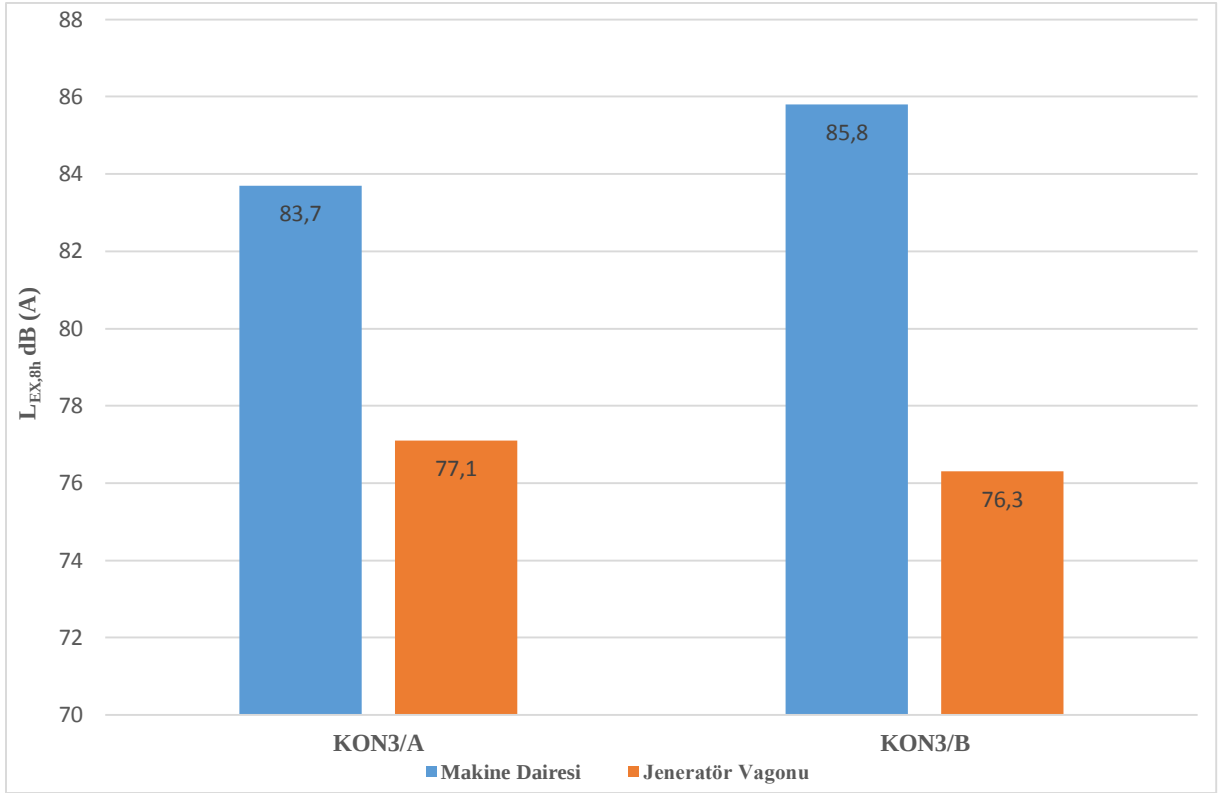
Grafik 4.28.'de KON1 treninde çalışanların, Grafik 4.29.'da KON2 treninde çalışanların, Grafik 4.30.'da KON3 treninde çalışanların, Grafik 4.31.'de KON4 treninde çalışanların günlük gürültü maruziyetleri verilmiştir.



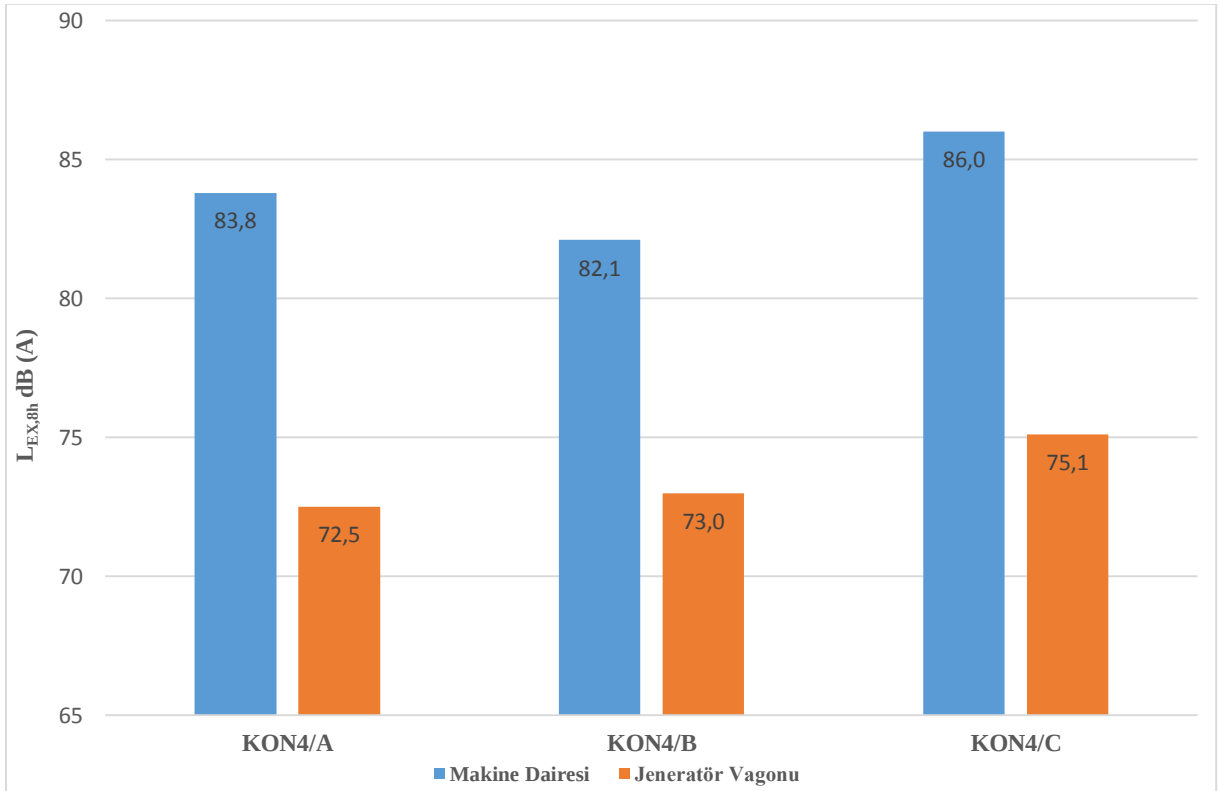
Grafik 4.28. KON1 treni çalışma grupları için günlük gürültü maruziyeti değerleri



Grafik 4.29. KON2 treni çalışma grupları için günlük gürültü maruziyet değerleri



Grafik 4.30. KON3 treni çalışma grupları için günlük gürültü maruziyet değerleri



Grafik 4.31. KON4 treni çalışma grupları için günlük gürültü maruziyet değerleri

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışması; Türkiye’de faaliyet gösteren Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları işletmesinin çalışmanın yapıldığı tarihte faal olan on bir konvansiyonel ana hat treninin beşinin rotasında hareket eden dört adet ana hat treninde ve faal olan yüksek hızlı trenlerin tümünde çalışmanın sürdüğü tüm vardiyaları kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmanın amacını kapsayacak şekilde seçilen trenlerde tren içerisinde çalışanların yaptığı görevler belirlenmiş ve bu görevler üzerinden “TS EN ISO 9612:2009 Akustik - Çalışma Ortamında Maruz Kalınan Gürültünün Belirlenmesi - Mühendislik yöntemi” kullanılarak çalışanların günlük kişisel gürültü maruziyeti ve bu metoda uygun olarak kullanılan stratejiye uygun ölçüm belirsizlikleri hesaplanmıştır.

Ölçüm yapılan trenlerin hiçbirinde kişisel günlük gürültü maruziyetinin belirlenmesi için bu çalışma öncesi bir inceleme yapılmadığı gözlenmiştir. Literatürde trenlerde gürültü incelemesi için yapılan çalışmalar kişisel günlük gürültü maruziyeti ölçümlerinden ziyade makine gürültüsü veya çevresel gürültüyü tanımlamaya yönelik çalışmalardır. Literatür taramasında elde edilen kişisel günlük gürültü maruziyeti incelemeleri ve araştırmalarında da ölçüm metodu belirlenmemiş fakat ölçümler kişisel dozimetre kullanılarak gerçekleştirildiği için kişisel gürültü maruziyeti çalışmaları olarak göz önünde bulundurulmuşlardır.

Tez çalışmasının yapıldığı ana hat trenleri ve yüksek hızlı trenler içinde günlük gürültü maruziyetinin en yüksek olduğu çalışanlar sırasıyla; ana hat trenlerinin makine daireleri çalışanları, yüksek hızlı trenlerin makine daireleri çalışanları, ana hat trenlerinin jeneratör vagonu çalışanları, ana hat trenlerinin furgon vagonu çalışanları ve yüksek hızlı trenlerin hostesleri ve yemek vagonu çalışanları olarak tespit edilmiştir.

Ana hat trenleri ve yüksek hızlı trenlerin makine daireleri çalışanlarının kişisel günlük gürültü maruziyetleri karşılaştırıldığında ise ana hat trenlerinde makine dairesi çalışanlarının günlük gürültü maruziyeti ortalaması 5,8 dB(A) daha yüksektir. Yapılan çalışma dizel + elektrikli tipte çalışan konvansiyonel ana hat trenlerinin jeneratör vagonu (elektrik) çalışanlarında günlük kişisel gürültü maruziyetinin logaritmik ortalaması 74,62 dB(A) olarak hesaplanmıştır. Makine daireleri arasındaki bu fark belirgin olarak konvansiyonel trenlerde dizel motorun gürültüye katkısıdır.

Ölçüm yapılan ana hat trenlerinin makine dairelerinde yapılan ölçümlerde en yüksek maruziyet 90 dB(A) ile KON2/B çalışma grubunda, en düşük maruziyet ise 82,1 dB(A) ile KON4/B çalışma grubundadır. Bu grubun ortalaması 85,0 dB(A) olarak hesaplanmıştır. Buradaki fark temelde aynı tip tren kullanılmasına rağmen motor devrini arttıracak yol eğimi, hava durumu gibi çevre şartlarından kaynaklanmaktadır. Bu konuda Kanada'da Baily Seshagiri tarafından makinistler için yapılan bir çalışmaya göre; kışın yapılan ölçümlerde makinistlerin gürültü maruziyeti 84 dB(A) yazın yapılan ölçümlerde 88 dB(A) olarak belirlenmiştir [47]. Seshagiri tarafından elde edilen sonuçlar ile bu tez çalışması için yapılan ölçümler uyum içindedir.

Yüksek Hızlı Trenlerin makine dairelerinde yapılan ölçümlerde ise en yüksek maruziyet 79,6 dB(A) ile YHT2/A çalışma grubunda, en düşük maruziyet ise 78,7 dB(A) ile YHT1 çalışma grubundadır. Ölçümü gerçekleştirilen YHT makine daireleri çalışanları ortalaması ise 79,2 dB(A) olarak hesaplanmıştır ve ölçüm belirsizliği de hesaba katıldığında belirgin bir fark gözlenmemiştir.

Ölçüm yapılan ana hat trenlerinin jeneratör vagonlarında yapılan çalışanlarının kişisel günlük gürültü maruziyeti en yüksek 77,1 dB(A) ile KON3/A çalışma grubunda, en düşük maruziyet ise 68,1 dB(A) ile KON1/B çalışma grubundadır. Jeneratör vagonu çalışanlarının günlük gürültü maruziyetlerinin ortalaması 73,8 dB(A) olarak hesaplanmıştır ve çevre şartları önemli bir faktördür.

Ana hat trenlerinin furgon vagonlarında gürültü ölçümü sadece KON1 treninde gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlerde en yüksek 74,4 dB(A), en düşük 68,1 dB(A) ve ortalama 70,7 dB(A) olarak ölçülmüştür. Çalışma gruplarının ölçüm sonuçlarının düşük olması nedeni ile KON4 treninde bulunan furgon vagonunda ölçüm yapılmamıştır.

DE22000 ve DE24000 tipi ana hat trenlerinde makine dairesi çalışanlarının ortalama günlük gürültü maruziyetleri incelendiğinde belirgin bir fark olmadığı görülmüştür. Bu tren tiplerinde jeneratör vagonu çalışanlarının ortalama günlük gürültü maruziyetleri arasındaki fark 3,6 dB(A) olarak hesaplanmıştır.

Yüksek Hızlı Trenlerin yemek vagonu çalışanlarının ve hosteslerin günlük kişisel gürültü maruziyetlerinin logaritmik ortalaması 68,4 dB(A) olarak belirlenmiştir. Choi, S. ve ark. [48] tarafından Kore hızlı trenlerinde gürültü ölçülmüştür. Ölçümlerin yapıldığı standart veya metotla ilgili bilgi verilmemiştir. Bu çalışmada tren içerisinde vagonun ortasına yerleştirilen mikrofonlar ile yapılan ölçümlerde 66 dB(A) ile 69 dB(A) aralığında ölçüm sonuçlarına

ulaşılmıştır. Bu sonuçlar yüksek hızlı trenlerde yemek vagonu ve hosteslerde yapılan ölçüm sonuçları ile uyuşmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında tren içerisinde çalışanların kişisel günlük gürültü maruziyeti ölçüm sonuçları ele alındığında, gürültünün önemli bir risk faktörü olduğu belirlenmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması demiryolu taşımacılığında tren içerisinde çalışanların kişisel günlük gürültü maruziyetlerini belirleyebilmek amacı ile dört adet ana hat ve dört adet yüksek hızlı trende yirmi yedi farklı çalışma grubunu kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Tren içerisinde çalışanlar için çok önemli bir risk faktörü olan gürültü bu çalışmada detaylı olarak incelenmiş ve kişisel günlük gürültü maruziyetleri belirsizlikleri ile aktarılmıştır.

Ölçüm sonuçlarının geçerliliğini ölçebilmek için elde edilen ham veriler istatistiki testlere tabi tutulmuş ve verilerin geçerliliği kanıtlandıktan sonra kişisel günlük gürültü maruziyeti hesaplamaları yapılmıştır. Bu ölçüm sonuçlarına göre;

Konvansiyonel trenlerde;

- On farklı makine dairesi çalışma grubundan beşinde “Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik” Madde 5 (b)’de geçen en yüksek maruziyet eylem değerinin ($L_{EX, 8\text{saat}} = 85 \text{ dB(A)}$) üzerinde, üç tanesi ise Yönetmeliğin Madde 5 (c)’de belirtilen maruziyet sınır değerinin ($L_{EX, 8\text{saat}} = 87 \text{ dB(A)}$) üzerindedir.
- On farklı jeneratör vagonu ve furgon vagonu çalışma grupları için günlük kişisel gürültü maruziyeti ortalaması sırasıyla $73,8 \pm 3,14 \text{ dB(A)}$ ($76,9 \leq L_{EX, 8\text{saat}} \leq 70,7$) ve $70,4 \pm 3,3 \text{ dB(A)}$ ($67,1 \leq L_{EX, 8\text{saat}} \leq 73,7$) aralığındadır. Gürültü bu gruplar için bir risk faktörü olarak değerlendirilmemektedir.
- Ölçümü yapılan iki farklı tipteki lokomotif çalışan gruplarının kişisel günlük gürültü maruziyetlerinde belirgin bir fark gözlenmemiştir.

Yüksek Hızlı Trenlerde;

- Makine dairesi çalışma grubu günlük kişisel gürültü maruziyeti ortalaması $79,2 \pm 3,2 \text{ dB(A)}$ ($76,0 \leq L_{EX, 8\text{saat}} \leq 82,4$) aralığındadır ve bu çalışan grubunun kişisel gürültü maruziyeti ortalaması en düşük maruziyet eylem değerine ($L_{EX, 8\text{saat}} = 80 \text{ dB(A)}$) yakındır.
- Hostesler ve yemek vagonu çalışma grupları için günlük kişisel gürültü maruziyeti ortalaması $68,4 \pm 3,4 \text{ dB(A)}$ ($65,1 \leq L_{EX, 8\text{saat}} \leq 71,8$) aralığındadır. Gürültü bu gruplar için bir risk faktörü olarak değerlendirilmemektedir.

Gerçekleştirilen bu tez çalışması göstermiştir ki, ana hat trenlerinde dizel motor ve jeneratörden olan mesafe arttıkça günlük gürültü maruziyeti azalmaktadır. Jeneratör vagonlarında

maruziyetin makine dairesine göre daha düşük çıkması, jeneratör ile çalışanın bulunduğu kabin arasında bir duvar ve iki kapının bulunmasıdır. Jeneratör vagonundan lokomotif geçişin olmaması da makinistlerin bu girişimden daha fazla etkilenmelerini az da olsa azaltmıştır.

Trenin fiziki sırası ölçüm sonuçları ile kesişmektedir. Fiziki sıra; lokomotif (makine dairesi), jeneratör vagonu, (varsa) furgon vagonu, yolcu vagonu şeklindedir. Günlük kişisel gürültü maruziyeti ölçüm sonuçları da en yüksekten en düşüğe tam bu sıralamadır.

Yapılan ölçümler sonucunda, günlük gürültü maruziyet değerlerinin yüksek çıktığı durumlarda yapılması gereken ilk olarak maruziyet değerlerinin neden yüksek olduğunun araştırılmasıdır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler aracılığıyla en yüksek maruziyete makinistler ve jeneratör vagonu çalışanları maruz kaldığı gözlemlenmiştir.

Elektrikli tipteki yani yüksek hızlı trenlerde yapılan ölçümler teknolojinin ve yapı malzemelerinin gelişiminin gürültü maruziyetini değiştirdiğini ortaya koysa da çalışanlar hala risk altındadır.

Gürültü seviyesini düşürebilmek için lokomotiflerde alınabilecek önlemlerden bazıları şunlardır;

- a. Lokomotifin yapı parçalarının tümünün, motorun, jeneratörün düzenli ve özenli bir şekilde bakım-onarımlarının yapılması,
- b. Dizel motordaki ve jeneratördeki yapı kaynaklı titreşimleri azaltmak için iç panellere sönümleyici malzemelerin yerleştirilmesi ve duvarların, tavanın yankıyı azaltmak için akustik soğurucu malzemeler ile kaplanması,
- c. Makine dairesi ile motoru birbirinden ayıran sacın güçlendirilmesi ve sönümleyici malzeme ile kaplanması. Jeneratör ile jeneratör çalışanlarını birbirinden ayıran sacın güçlendirilmesi ve sönümleyici malzeme ile kaplanması,
- d. İklimlendirme cihazlarının gürültüye katkı sağlamayacak şekilde yerleştirilmesi ve çalışması.
- e. Camların ve kapıların tam kapanmasının sağlanması,
- f. Tren ve ray etkileşiminden kaynaklanan gürültü için ray ve teker bakımlarının düzenli yapılması,
- g. Çalışanların maruziyet süreleri azaltılmalıdır.

Yukarıda bahsedilen yöntemler kişisel günlük gürültü maruziyetini 10 dB'e kadar azaltabilir. Bu yöntemler günlük gürültü maruziyetini yasal ya da uluslararası sınır değerlerin altına indirmez ise; aktif gürültü kontrol yöntemlerinden yardım alınmalıdır. Aktif gürültü önlemleri yaklaşık 30 dB gürültü maruziyetini azaltmaktadır. Aktif gürültü kontrolü ile ilgili bilgi EK-3'te verilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2014 Yılı Sektör Raporu www.tcdd.gov.tr/files/pdf/2014sektorrapor.pdf (Erişim Tarihi: 06/12/2015).
- [2] Öztürk İ., İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı İktisat Tarihi Bilim Dalı, Osmanlı İmparatorluğu'ndan Günümüze Demiryollarının Gelişimi, Yüksek Lisans Tezi, 2009.
- [3] International Union of Railways (IUC), Synopsis 2014 <http://www.uic.org/statistics> (Erişim Tarihi: 06/12/2015).
- [4] TCDD web sitesi: <http://www.tcdd.gov.tr/tarihce+m76> (Erişim Tarihi: 06/12/2015).
- [5] İhsaniye İstasyonu web sitesi: <http://ihsaniyeistasyon.tr.gg/Demiryolu-Tarihi-.htm> (Erişim Tarihi: 06/12/2015).
- [6] <http://www.ziyaguney.com/dosyalar/dokumanlar/cumhuriyettedemiryolu.doc>.
- [7] Directive 2004/49/EC Of The European Parliament, web sitesi, eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:220:0016:0039:EN:PDF (Erişim Tarihi: Aralık.2015).
- [8] Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları Emniyet Kurulları ve Emniyet Komiteleri Yönergesi web sitesi, <http://www.tcdd.gov.tr/Upload/files/ContentFiles/2010/mevzuat/daireyonetmelikleri/ey-s/eky.docx> (Erişim Tarihi: Aralık 2015).
- [9] Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) TCDD Genel Demiryolu Kanunu Tasarısı web sitesi www.tcdd.gov.tr/Upload/Files/ContentFiles/2010/demiryolu-kanunu/kanuntasarisi.pdf (Erişim Tarihi: Aralık.2015).
- [10] Koçak D., Demiryolu Çalışmalarında İş Sağlığı Ve Güvenliği Vagon Bakım Onarım Atölyesi Risk Değerlendirmesi Örneği, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim Uzmanlığı Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Sayfa: 44, Ankara 2014..

- [11] Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun, 24.04.2015, 28634 Sayılı Resmi Gazete <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/05/20130501-1.htm>.
- [12] Demiryolu Emniyet Yönetmeliği, 19.11.2015, 29537 Sayılı Resmi Gazete <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/11/20151119-31.htm>.
- [13] Health and Safety Executive web sayfası <http://www.hse.gov.uk/railway/> (Erişim Tarihi: Aralık.2015).
- [14] Dunn, F., W. M. Hartmann, D. M. Campbell, and N. H. Fletcher. Springer Handbook of Acoustics. Edited by Thomas Rossing. Springer, 2015.
- [15] Fundamentals Of Acoustics And Noise Control, Finn Jacobsen, Torben Poulsen, Jens Holger Rindel, Anders Christian Gade and Mogens Ohlrich, Department of Electrical Engineering, Technical University of Denmark, 2011.
- [16] Brüel & Kjær, Measuring Sound <http://www.bksv.com/doc/br0047.pdf>.
- [17] Aktürk, N., Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Akustik ve Dalga Mekaniği Ders Notları 2014.
- [18] İlmezli Ö. Gürültünün El Becerileri Üzerine Etkisi Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. 2011.
- [19] Ses Dalgaları Dr. Cahit KARAKUŞ İstanbul Kültür Üniversitesi.
- [20] Esen M., Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Makine Teorisi ve Kontrol Programı Y. Lisans Tezi, Üretim Sahasında Gürültü Ve Gürültü Kontrol Uygulaması, 2010, Syf. 9-10-11.
- [21] Özmen A., Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik Hükümlerinin Örneklerle ve Saha Uygulamalarıyla Açıklanması, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara 2014.
- [22] ISO/TR 25417:2007 Acoustics -- Definitions of Basic Quantities and Terms.
- [23] ISO 80000-8:2007 Quantities and Units -- Part 8: Acoustics.

- [24] Kluizenaar, Y. De, Passchier, W., Miedema, H.M.E. Adverse Effects of Noise Exposure on Health: A State of the Art Summary
<http://repository.tudelft.nl/view/tno/uuid%3A59e7e3a3-9ba9-4023-aba3-445dc8e9a0b6/> (Erişim Tarihi Aralık 2015).
- [25] Stansfeld, S.A. ve Matheson, M.P., 2003. Noise pollution: non-auditory effects on health. British medical bulletin, 68(1), pp.243-257.
- [26] Vermeer WP, Passchier WF. Noise exposure and public health. Environmental Health Perspectives, 2000;108: 123-131..
- [27] Kim, Kyoo Sang. Occupational hearing loss in Korea. Journal of Korean medical science, 2010, 25.Suppl: S62-S69.
- [28] Ediz, İ. Göktay, et al. Madencilikte Gürültüye Bağlı İşitme Kayıplarının İncelenmesi, Türkiye 13. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, 2002.
- [29] Niemann H, Bonnefoy X, Braubach M, Hecht K, et al. Noise-induced annoyance and morbidity results from the pan-European LARES study. Noise and Health, 2006;8: 63-79.
- [30] Seidman, Michael D.; Standring, Robert T., Noise and Quality of Life, International Journal of Environmental Research and Ppublic Health, 2010, 7.10: 3730-3738.
- [31] Barros, Samanta Marissane da Silva, et al. The efficiency of otoacoustic emissions and pure-tone audiometry in the detection of temporary auditory changes after exposure to high sound pressure levels. Revista Brasileira de Otorrinolaringologia, 2007, 73.5.
- [32] Güneri E. Alpin, Akustik Travma ve Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı
http://www.tavsiyeeidiyorum.com/makale_37.htm Erişim tarihi Ocak 2016.
- [33] Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, Resmi Gazete Sayı: 28721, 28.07.2013.
- [34] Meslek Hastalıkları Rehberi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü (İSGGM), 2011, Ankara.

- [35] Ouis D. Exposure to nocturnal road traffic noise: Sleep disturbance its after effects. Noise and Health, 1999;1: 11-25.
- [36] Babisch, Wolfgang. "Stress hormones in the research on cardiovascular effects of noise." Noise and health 5.18 (2003): 1..
- [37] Smith AP, Broadbent DE. Non-auditory effects of noise at work: a review of the literature. Work and Stress, 1991;5: 49-62..
- [38] Leikin JB, Davis A, Klodd DA, Thunder T, et al. Part I. Noise exposure. Disease-a-Month, 2000;46: 240-255.
- [39] Platon, S. N., & Tudor, A. (2014). Noise Control on Locomotive Driver Workingstation. Romanian Journal of Acoustics and Vibration, 11(1), 71..
- [40] Özlem, Ö., Demiryolu Gürültüsü ve Etkili Önlemlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011. Syf: 33-50.
- [41] P., Süleyman, K. Birol, K. Dursun., Raylı Ulaşım Sistemlerinden Kaynaklanan Çevresel Gürültünün İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Syf: 3-4.
- [42] TS EN ISO 9612 Akustik -- Çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün belirlenmesi-Mühendislik yöntemi, 2009.
- [43] İSGÜM Akreditasyon Kapsamı TÜRKAK,
<http://www.turkak.org.tr/pdf/AB0493T.pdf?r=4f2b4159558a4f7f9a18d4ab2ee4353e>
Erişim Tarihi: 22.02.2016.
- [44] IEC 61672-1 Electroacoustics - Sound level meters - Part 1: Specifications, 2013.
- [45] IEC 61252:1993+AMD1 Electroacoustics - Specifications for personal sound exposure meters, 2000.
- [46] IEC 60942 Electroacoustics - Sound calibrators, 2003.
- [47] Seshagiri B. Exposure to Noise on Board Locomotives. AIHA Journal. 2003 Sep 1;64(5):699-707.

- [48] Choi, S., Lee, C.W., Kim, J.C. and Cho, J.H., 2004. Interior Noise of a Korean High-Speed Train in Tunnels. Proceedings of Acoustics, Australian Acoustical Society, pp.415-419.
- [49] Taşgetiren, S. " Gürültü Kirliliğinin Önlenmesi Açısından Aktif Kontrol" Ekoloji Çevre Dergisi, 1995.
- [50] Johnson TM, Hanson CE, Ross JC, Zaouk AK, America QN. Development of passive and active noise control for next generation locomotive cabs. InINTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings. Institute of Noise Control Engineering 2009 Aug 23.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : DOĞRU, Ömer
Doğum tarihi ve yeri : 01.03.1981, Erbaa
Telefon : XXXXXXXXXX
E-Posta : omer.dogru@csgb.gov.tr



Eğitim

Derece	Okul	Mezuniyet tarihi
Lisans	Hacettepe Üniversitesi / Fizik Müh.	2008
Lise	Erbaa Coşkun Önder Lisesi	1997

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012- (Halen)	Çalışma ve Sos. Güv. Bak.	İş Sağlığı ve Güvenliği Uzm. Yrd.
2012	Anadolu Üniversitesi AÖF	Geçici İşçi

Yabancı Dil

İngilizce

Mesleki İlgi Alanları

İş hijyeni fiziksel etmenler, iş hijyeni ölçümleri, laboratuvar yetkilendirme.

Hobiler

Müzik dinlemek, kitap okumak, seyahat etmek, fotoğraf çekmek.

EKLER

EK-1: İş Tabanlı, Görev Tabanlı ve Tam Gün Ölçüm Stratejileri İçin Ölçüm Belirsizliği Hesabı

EK-2: Lokomotiflerin Teknik Özellikleri

EK-3: Aktif Gürültü Kontrolü

EK-1

ÖLÇÜM BELİRSİZLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

1. Görev Tabanlı Ölçümler İçin Fonksiyonel İlişki

Görev tabanlı ölçüm stratejisi kullanarak A-ağırlıklı gürültü maruziyet seviyesinin ($L_{EX,8h}$) belirlenmesi için genel ifade:

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \frac{\overline{T_m}}{T_0} 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m}^*} \right] dB \quad (1)$$

T_m m görevinin aritmetik ortalaması,

T_0 referans süre, $T_0 = 8$ saat,

m görev numarası,

M görevlerin toplam sayısı,

$L_{p,A,eqT,m}^*$ m görevi için gerçek A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesinin hesapla bulunan değeri.

$$L_{p,A,eqT,m}^* = L_{p,A,eqT,m} + Q_2 + Q_3 \quad (2)$$

Q_2 A-ağırlıklı sürekli ses basınç seviyesinin belirlenmesinde kullanılan cihaz sistemi için düzeltme,

Q_3 A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesinin belirlenmesinde kullanılan mikrofon konumu için düzeltme.

Q_2 ve Q_3 değerlerinin her ikisi de yaklaşık 0 olarak değerlendirilirse, $L_{p,A,eqT,m}^* \approx L_{p,A,eqT,m}$ dir.

1.1. Birleştirilmiş Standart Belirsizliğin u ve Genişletilmiş Belirsizliğin U Hesaplanması

Hesaba katılan büyüklüklerin ilişkili olmadıkları düşünüldüğünde, A-ağırlıklı gürültü maruziyet seviyesi ($L_{EX,8h}$) için birleştirilmiş standart belirsizlik, $u(L_{EX,8h})$ belirsizlik katkılarının sayısal değerlerinden ($c_j u_j$) aşağıdaki gibi hesaplanmalıdır:

$$u^2(L_{EX,8h}) = \left(\sum_{m=1}^M \left[c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_{3,m}^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2 \right] \right) \quad (3)$$

$u_{1a,m}$	görev m 'nin gürültü seviyesi örneklemeinden kaynaklanan standart belirsizlik,
$u_{1b,m}$	görev m 'nin süresinin hesabından kaynaklanan standart belirsizlik,
$u_{2,m}$	m görevi için kullanılan cihaz sisteminden kaynaklanan standart belirsizlik,
u_3	mikrofon konumundan kaynaklanan standart belirsizlik,
$c_{1a,m}, c_{1b,m}$	görev m için karşılık gelen duyarlık katsayıları,
m	görev numarası,
M	görevlerin toplam sayısı.

Geniştirilmiş belirsizlik $U = 1,65 \times u$ 'dur.

Tablo 1 – Görev tabanlı ölçümün gürültü maruziyet seviyelerinin belirlenmesi için belirsizlik bütçesi

Büyüklik	Hesapla bulunan değer	Standart belirsizlik u_i	Olasılık dağılımı	Duyarlık katsayısı	Belirsizlik katkısı $c_i u_i$ dB
$L_{p,A,eqT,m}$	m görevi için ölçülen $L_{p,A,eqT,m}$ 'nin enerji ortalaması	her bir görev için $u_{1a,m}$	Normal	her bir görev için $c_{1a,m}$	$c_{1a,m} u_{1a,m}$ her bir görev için 1 değer
T_m	m görevi için hesaplanan süre T_m	her bir görev için $u_{1b,m}$	Normal	her bir görev için $c_{1b,m}$	$c_{1b,m} u_{1b,m}$ her bir görev için 1 değer
Q_2	0	Tablo 4 $u_{2,m}$	Normal	$c_{2,m} = c_{1a,m}$	$c_{1a,m} u_{2,m}$
Q_3^a	0	u_3	Normal	$c_{3,m} = c_{1a,m}$	$c_{1a,m} u_3$
^a Q_3 değerinin -1,0 dB'den 0,5 dB'e kadar bir aralıkta olması beklenir. Sadeleştirme için Q_3 'ün hesapla bulunmuş aritmetik ortalama değeri sıfıra eşit alınır. Mikrofon konumları ile ilgili standart belirsizliğin (u_3) bu ilave belirsizliği kapsadığı varsayılır.					

1.2. Ölçüm Belirsizliğine ve Belirsizlik Bütçesine Katkılar

Görev tabanlı ölçüm için duyarlık katsayıları aşağıdaki gibidir:

$$c_{1a,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial L_{p,A,eqT,m}^*} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1 \times (L_{p,A,eqT,m}^* - L_{EX,8h})} \quad (4)$$

$$c_{1b,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial T_m} = 4,34 \times \frac{c_{1a,m}}{T_m} \quad (5)$$

m görevi için gürültü seviyesindeki örneklemeden kaynaklanan standart belirsizlik ($u_{1a,m}$) aşağıdaki gibidir:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{p,A,eqT,mi} - \bar{L}_{p,A,eqT,m})^2 \right]} \quad (6)$$

$\bar{L}_{p,A,eqT,m}$ m görevi için I sayıda ölçülen A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyelerinin aritmetik ortalaması,

i görev örneği numarası,

I görev örneklerinin toplam sayısı.

görevi m 'nin süresinden kaynaklanan standart belirsizlik ($u_{1b,m}$) bağımsız ölçümlerden ölçülen sürelerden aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]} \quad (7)$$

J görev süresi gözlemlerinin toplam sayısı.

2. İş Tabanlı Ölçüm İçin Genişletilmiş Belirsizliğin Tayini

2.1. İş Tabanlı Ölçüm İçin Fonksiyonel İlişki

İş tabanlı ölçüm kullanılarak, günlük A-ağırlıklı gürültü maruziyet seviyesinin ($L_{EX,8h}$) belirlenmesi için genel ifade aşağıdaki gibidir:

$$L_{EX,8h} = 10 \log \frac{T_e}{T_0} \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}^*} \right] dB \quad (8)$$

T_e iş gününün etkin süresi,

T_0	referans süre, $T_0=8$ saat
n	iş örneği numarası,
N	iş örneklerinin toplam sayısı,

$$L_{p,A,eqT,n}^* = L_{p,A,eqT,n} + Q_2 + Q_3 \quad (9)$$

Q_2	A-ağırlıklı sürekli ses basınç seviyesinin belirlenmesinde kullanılan cihaz sistemi için düzeltme,
Q_3	A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesinin belirlenmesinde kullanılan mikrofon konumu için düzeltme.

Q_2 ve Q_3 değerlerinin her ikisi de yaklaşık 0 olarak değerlendirilirse, $L_{p,A,eqT,n}^* \approx L_{p,A,eqT,n}$ dir.

2.2. Birleştirilmiş Standart Belirsizliğin u ve Genişletilmiş Belirsizliğin U Hesaplanması

A-ağırlıklı gürültü maruziyet seviyesi ($L_{EX,8h}$) için birleştirilmiş standart belirsizlik, $u(L_{EX,8h})$; tüm belirsizlik katkılarının sayısal değerlerinden, $(c_i u_i)$, aşağıdaki gibi hesaplanmalıdır:

$$u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \quad (10)$$

Genişletilmiş belirsizlik $U = 1,65 \times u$ dur.

2.3. Belirsizlik Bütçesi ve Ölçüm Belirsizliğine Katkılar

İş tabanlı ölçüm için:

- İş gürültü seviyesi örneğinin belirsizlik katkısı ($c_1 u_1$), Tablo 3'te iş gürültü seviye örnekleri sayısının (N) ve ölçülen değerlerin ($L_{p,A,eqT,n}$) standart belirsizliğinin (u_1) fonksiyonu olarak verilmiştir.
- Cihaz sisteminden ve ölçüm konumunun hatalı seçiminden kaynaklanan belirsizlik için duyarlık katsayıları sırasıyla c_2 ve $c_3 = 1$ 'dir.

Tablo 2 – İş tabanlı ölçümün gürültü maruziyet seviyelerinin belirlenmesi için belirsizlik bütçesi

Büyüklik	Hesapla bulunan değer	Standart belirsizlik u_i	Olasılık dağılımı	Duyarlık katsayısı	Belirsizlik katkısı $c_i u_i$ dB
$L_{p,A,eqT}$	ölçülen $L_{p,A,eqT,n}$ 'nin enerji ortalaması	u_1	Normal	c_1	Tablo 3 $c_1 u_1$
Q_2	0	Tablo 4 u_2	Normal	$c_2 = 1$	u_2
Q_3^a	0	u_3	Normal	$c_3 = 1$	u_3
^a Q_3 değerinin -1,0 dB'den 0,5 dB'e kadar bir aralıkta olması beklenir. Sadeleştirme için Q_3 'ün hesapla bulunmuş aritmetik ortalama değeri sıfıra eşit alınır. Mikrofon konumları ile ilgili standart belirsizliğin (u_3) bu ilave belirsizliği kapsadığı varsayılır.					

İş gürültü seviyesi örneğinin belirsizlik katkısı ($c_1 u_1$), iş gürültü seviyesi örneğinin ölçülen değerlerinin enerji ortalamalarından ($L_{p,A,eqT,n}$) ve Tablo 3'ten hesaplanabilir.

$$u_1^2 = \frac{1}{(N-1)} \left[\sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - \bar{L}_{p,A,eqT})^2 \right] \quad (11)$$

$L_{p,A,eqT,n}$ iş gürültü seviyesi örneği n için A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi,

$\bar{L}_{p,A,eqT}$ A-ağırlıklı sürekli eşdeğer ses basınç seviyesinin N adet örneğinin aritmetik ortalaması,

N iş örneğinin toplam sayısı.

Tablo 3 - Standart belirsizliğin (u_1), N adet bir dizi ölçülen $L_{p,A,eqT,n}$ değerlerine uygulanabilen desibel cinsinden, iş ve tam gün gürültü seviyesi örnekleme belirsizlik katkısı, $c_1 u_1$

N	Ölçülen $L_{p,A,eqT,n}$ değerlerinin belirsizlik katkısı, $c_1 u_1$											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

3. Tam Gün Ölçüm İçin Belirsizlik Hesabı

Tam gün ölçümün belirsizlik hesabı için işlem iş tabanlı ölçüm için olan ile aynıdır. Buna göre, tam gün ölçüm için belirsizlik Tablo 2’de bulunan belirsizlik bütçesinden ve Tablo 3’de yer alan $c_1 u_1$ ile Madde 3.1. ve Madde 3.2.’de bulunan u_2 ve u_3 ile denklem (10) kullanılarak hesaplanır.

3.1. Kullanılan Cihaz Sistemi İçin Standart Belirsizlik, u_2

Cihaz sistemi için standart belirsizlik, u_2 (veya görev m için $u_{2,m}$) Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4 - Cihaz sisteminin standart belirsizliği, u_2

Cihaz sisteminin Tipi	Standart belirsizlik u_2 (veya $u_{2,m}$) dB
IEC 61672-1:2002’de belirtildiği gibi sınıf 1 ses seviye ölçer	0,7
IEC 61252’de belirtildiği gibi kişisel ses maruziyeti ölçer	1,5
IEC 61672-1:2002’de belirtildiği gibi sınıf 2 ses seviye ölçer	1,5

4. Ölçüm Konumundan Kaynaklanan Standart Belirsizlik, u_3

Ölçüm konumundan kaynaklanan standart belirsizlik (u_3) 1,0 dB’dir.

EK-2

LOKOMOTİFLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

DE 24000 TİPİ ANAHAT LOKOMOTİFİ		İmalatçısı	MTE-Tülomsaş	Tekerlek Çapı	1100 mm
		İmal Tarihi	1970-1984	Minumum Kurp Yarıçapı	200 m
		Gücü	1900 Bg	Yakıt deposu kapasitesi	4900 lt
		Ağırlığı	112,8 t	Tampondan tampona Uzl.	19040 mm
		Dingil Basıncı	18.8 t	Genişliği	2700 mm
		Azami hızı	120 km/h	Yüksekliği	4172 mm
		Ray açıklığı	1435 mm	Boji Mer. Arası mesafe	10840 mm
		Dingil tertibatı	Co Co	Tahrik sistemi	Dizel motor+ Alternatör+ Redresör+ Cer motorları
		Lokomotif mevcudu	239		
DİZEL MOTOR	İmalatçısı	MTE-Tülomsaş	HAVA KOMPRESÖRÜ	Tipi	Westinghose 243VC78
	Tipi	16PA4V185		Debi	1500 d/d 3,36 m³/dk
	Gücü	2100 Hp 1543 Kw		Ana hava deposu	2x500 lt
	Silindir tertibi ve sayısı	V Tipi 16		Maksimum basınç	9,5 atm
	Çalışma Tarzı	4 Zamanlı		Çalışma Aralığı	7,8 - 9,2 atm
	Devri	1500 d/dak		Soğutma şekli	Hava
	Rölanti Devri	650 d/dak		Silindir Adedi	4
	Sıkıştırma Oranı	13.5:1		Yardımcı hava deposu	160 lt
ANA GENERATÖR	İmalatçısı	Jeumont-Tülomsaş	FREN TERTİBATI	Fren tipi	Westinghause - Oerlikon
	Tipi	AST-108305-12T		Kullanılan sabo tipi ve miktarı	2501 24 adet
	Gücü	1560 KW		Dinamik fren etki gücü	12600 kg
	Akımı	2400 A		Patinaj sınırı	24.18 km/h
	Çıkış gerilimi	1250 V			
	Nominal gerilim (DC)	900 V			
	Ağırlığı	3120 kg			
CER MOTORU	İmalatçısı	Jeumont Schneider-Tül.	YAKIT TÜKETİMİ	Spesifik (gr/hp.h)	171
	Tipi	TC 107		Rölanti (lt/h)	18
	Sayısı	6		Tam Yük (lt/h)	470
	Gücü	271 kw		Rölanti (lt/h) Ölçülen değerler	26-30
	Akımı	800 A	DİĞER ÖZELLİKLERİ	Maksimum cer kuvveti	36000 kg
	Gerilim	370 Volt		Devamlı cer kuvveti	22818 kg
	Devri	697 d/dak		Cer motor taşıyıcı yatak yağı kap	8 kg
	Kutup adedi	4			
DİNAMİK ÖZELLİKLERİ	Ağırlığı	2285 kg			
	Hızlanma	0,45 m/s ²			
	Frenleme	0,67 m/s2			
	Cer kuwetı kesme gecikmesi	2 s			
	Frenleme gecikme süresi	1,5 s			

DE 22000 TİPİ ANAHAT LOKOMOTİFİ		İmalatçısı	General Motors EMD	Tekerlek Çapı	1016 mm
		İmal Tarihi	1985-1989	Minumum Kurp Yarıçapı	132,8
		Gücü	2000 Bg	Yakıt deposu kapasitesi	5670 lt
		Ağırlığı	117,5 t	Tampondan tampona Uzl.	18942 mm
		Dingil Basıncı	19.5 t	Genişliği	2724 mm
		Azami hızı	120 km/h	Yüksekliği	3985 mm
		Ray açıklığı	1435 mm	Boji Mer. Arası mesafe	11582 mm
		Dingil tertibatı	Co Co	Tahrik sistemi	Dizel motor+ Alternatör+ Redresör+ Cer motorları
		Lokomotif mevcudu	86		
DİZEL MOTOR	İmalatçısı	EMD	HAVA KOMPRESÖRÜ	Tipi	Gardner Danver WLNA9 AS
	Tipi	GM16-645 E		Debi	900d/d 7,2 m ³ /dk
	Gücü	2200 Hp 1617 Kw		Ana hava deposu	2x500 lt
	Silindir tertibi ve sayısı	V 45° -16		Maksimum basınç	9,5 atm
	Çalışma Tarzı	2 Zamanlı		Çalışma Aralığı	7,8 - 9,2 atm
	Devri	904 d/dak		Soğutma şekli	Su
	Rölanti Devri	318 d/dak		Silindir Adedi	3
	Sıkıştırma Oranı	16:1		Yağlama yağı kapasitesi	11,6 lt
ANA GENERATÖR	İmalatçısı	EMD	FREN TERTİBATI	Yardımcı hava deposu	160 lt
	Tipi	AR 10/D18		Fren tipi	Westinghouse 26 L
	Gücü	2016 BG 1482 KW		Kullanılan sabo tipi ve miktarı	3601 12 adet
	Akımı	4200 A		Dinamik fren etki gücü	13690 kg
	Çıkış gerilimi	600 V		Patinaj sınırı	20.27 km/h
	Ağırlığı	7258 kg		Kum depoları kapasitesi	0.17 m ³
CER MOTORU	İmalatçısı	GM-EMD	YAKIT TÜKETİMİ	Spesifik (gr/hp.h)	177-180
	Tipi	D 77 DC		Rölanti (lt/h)	15,57
	Sayısı	6		Tam Yük (lt/h)	470
	Gücü	240 kw		Rölanti (lt/h) Ölçülen değerler	18,65
	Akımı	800 A	DİĞER ÖZELLİKLERİ	Akü Hücre sayısı	56
	Gerilim	300 Volt		Akü Voltaj	67 V
	Devri	637.5 d/dak		Akü Gücü	220 Ah
	Kutup adedi	4		Yağlama yağı kapasitesi	685 kg
DİNAMİK ÖZELLİKLERİ	Ağırlığı	2722 kg		Soğutma suyu kapasitesi	833 lt
	Hızlanma	0,54 m/s ²		Maksimum cer kuvveti	40000 kg
	Frenleme	0,67 m/s ²		Devamlı cer kuvveti	16875 kg
	Cer kuvveti kesme gecikmesi	4 s		Cer motor taşıyıcı yatak yağı kap	4 lt
	Frenleme gecikme süresi	3,8 s			

TCDD HT65000

Üretici	Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF)
Formasyon	6 araç (vagon)
Kapasite	419
Hizmet ettiği rotalar	Ankara-İstanbul Ankara-Konya Konya-İstanbul

ÖZELLİKLER

Tren Uzunluğu	158.5 m
Vagon Uzunluğu	27,350 mm
Genişliği	2,825 mm
Yükseklik	4,100 mm
Zemin Yüksekliği	1,300 mm
En Yüksek Hız	250 km/h
Azami Güç	4,800 kW
Hızlanma	0,48 m/s ²
Güç Kaynağı	Pantograf
Elektrik Sistemi	25 kV, 50 Hz AC

EK-3

AKTİF GÜRÜLTÜ KONTROLÜ

Aktif gürültü kontrolü istenmeyen bir gürültüyü ortadan kaldırmak için suni olarak ikinci bir karşı gürültü oluşturulması ve bunların birbirini dengelemesi prensibine dayanmaktadır.

Yöntemde bir gürültü kaynağından yayılan sesin ayna görüntüsü olarak adlandırılabilen ikinci bir ses ortama verilir. Tek bir frekansa sahip bir dalga için karşı sinyalinin üretilmesi kolay olsa bile karmaşık olan ses dalgasının karşılığının kısa süre içinde üretilmesi ancak çok hızlı sayısal sinyal işleme üniteleriyle mümkün olmaktadır. Bu işlem üç basamakta meydana gelmektedir; algılama, negatifini oluşturma ve bir araya getirme.

Algılama işlemi için mikrofonlar kullanılır ve elde edilen sayısal sinyal mikro işlemciler tarafından işlenerek karşı sinyal oluşturulur. Bu sinyal hoparlörler vasıtasıyla ortama verilerek anti gürültü ve gürültü dalgalarının birbirini sönmlemesi sağlanmış olur. Tam sönmleme; tepelerin tamamıyla kesişmesiyle, yani ses dalgalarını 180 derecelik bir faz farkıyla sağlanır. Dalgalar arasında ayna simetrisi olmasa da belli bir seviyede önleme sağlanabilir. Aktif gürültü kontrol yönteminin uygulanması düşük frekanslı sesler için daha etkindir [49]. Aktif gürültü önlemleri yaklaşık 30 dB gürültü maruziyetini azaltmaktadır [50].