

**T.C.  
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**ULAŞIMDAN KAYNAKLI GÜRÜLTÜ RAHATSIZLIĞI:  
İZMİR ÖRNEĞİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**HÜDA MERVE YENER**

**İSTANBUL, 2017**



**T.C.  
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

**ULAŞIMDAN KAYNAKLI GÜRÜLTÜ  
RAHATSIZLIĞI: İZMİR ÖRNEĞİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**HÜDA MERVE YENER**

**Tez Danışmanı: YRD. DOÇ. DR. AYBİKE ÖNGEL**

**İSTANBUL, 2017**

**T.C.**  
**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ YÜKSEK LİSANS**  
**PROGRAMI**

Tezin Adı: Ulaşımın Kaynaklı Gürültü Rahatsızlığı: İzmir Örneği  
Öğrencinin Adı Soyadı: Hüda Merve Yener  
Tez Savunma Tarihi: 04.04.2017

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

İmza  
Prof. Dr. Nafiz ARICA  
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

İmza  
Yrd. Doç. Dr. İrem Şanal ÖZYURT  
Program Koordinatörü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzalar

Tez Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. Aybike ÖNGEL

-----

Üye  
Yrd. Doç. Dr. Nilgün CAMKESEN

-----

Üye  
Prof. Dr. Tuncer TOPRAK

-----



*Canım kızım Bilge Lina'ya*

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Kapasitesi Projesi kapsamında İzmir iline ait karayolu ve demiryolu ulaşımını sağlayan taşıtlardan kaynaklanan gürültünün ortaya çıkartılarak, mevcut gürültü rahatsızlığının ortaya konması hedeflenmiştir. Gürültüye maruz kalan kişilere sonrasında gürültü rahatsızlık anketi uygulanarak, konutları etkileyen gürültünün sakinlerde ne tür bir rahatsızlık meydana getirdiği araştırılmıştır. Çalışmada Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY) ve WG-AEN tarafından hazırlanan Environmental Noise Directive (END) dökümanında belirlenen stratejik gürültü haritalama prensiplerine uygunluk esas alınmıştır.

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Kapasitesi Projesi çalışması esnasında sahip olduğu teknik bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Álvaro GRILO'ya, tez çalışmamda desteğini esirgemeyen tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Aybike ÖNGEL'e tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Hayatımın her zorluğunda bana sınırsız desteklerini sağlayan annem Hülya ÖZTÜRK, babam Davut ÖZTÜRK, kardeşim Zeynep Gülce ÖZTÜRK, anneannem Fatma FIÇICI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çıktığım her yolda bana destek ve arkadaş olan eşim Barış YENER'e içtenlikle teşekkür ederim.

İstanbul, 2017

Hüda Merve YENER  
Çevre Mühendisi

## ÖZET

### ULAŞIMDAN KAYNAKLI GÜRÜLTÜ RAHATSIZLIĞI: İZMİR ÖRNEĞİ

Hüda Merve Yener

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Yüksek Lisans Programı  
Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Aybike ÖNGEL

Nisan 2017, 72 sayfa

Büyükşehirlerde artan ulaşım hacmi ulaşım kaynaklı gürültü seviyelerinin de önemli derecede artmasına neden olmaktadır. Şehir merkezlerinde yaşayan insanlar ulaşım kaynaklı gürültüye maruz kalmaktadırlar. Gürültü, kişilerin hayat kalitesini ve sağlığını olumsuz yönde etkileyen çevresel bir kirlilik olarak kabul edilmektedir. İnsan sağlığını tehdit eden bu sorun gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri gürültünün önlenmesine yöneltmektedir. Ulaşım gürültüsü şehir hayatının vazgeçilmez bir unsuru olarak görünse de, karayolu ve demiryolları etrafına uygulanan gürültü perdeleri ile kaynak ile alıcı arasında fiziksel bir engel oluşturularak, alıcıya ulaşan gürültü seviyelerinin azaltılması mümkündür.

Tez çalışması kapsamında İzmir ilinde karayolu ve demiryolu kaynaklarından oluşan ulaşım gürültüsünün meydana getirdiği rahatsızlık başlangıç seviyeleri araştırılmıştır. Araştırma süresince ulaşım kaynaklarına yakın bölgede oturan kişilere anket uygulanarak gürültü rahatsızlığı ile kişilerin sosyal durumları arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Ankete katılan bölge sakinlerine ait konutların  $L_{gündüz}$ ,  $L_{akşam}$ ,  $L_{gece}$  ve  $L_{gag}$  değerleri İzmir Stratejik Gürültü Haritası sonuçlarından elde edilerek, farklı zaman dilimleri için gürültü rahatsızlığı başlangıç seviyesi belirlenmiştir. Ayrıca şikayet alınan bölgeler için gürültü perdesi tasarlanarak uygulanacak bu perdenin mevcut rahatsızlık etkisinin tespit edilmiştir. Tüm araştırmalar sonucunda İzmir ilinde karayolu kaynaklı gürültü rahatsızlığının kişiler üzerinde baş ağrısı, stres, konsantrasyon eksikliği, rahatsızlık, kulakta çınlama, uykusuzluk ve sinirlilik gibi etkiler gösterdiği belirlenerek, karayolu rahatsızlık başlangıç seviyelerinin  $L_{gündüz}$  70 dBA,  $L_{akşam}$  70 dBA,  $L_{gece}$  65 dBA,  $L_{gag}$  70 dBA olduğu, demiryolu kaynaklı gürültü rahatsızlığı başlangıç seviyesinin ise  $L_{gündüz}$  55 dBA,  $L_{akşam}$  55 dBA,  $L_{gece}$  50 dBA,  $L_{gag}$  55 dBA olduğu ortaya çıkartılmıştır. Pilot bölgede modellenen gürültü perdeleri sayesinde, rahatsızlık sınırları altında kalan kişi sayıları tespit edilerek ve bölge sakinlerinin talep ettiği gürültü perdelerinin uygulanabilirliği desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gürültü Rahatsızlığı, Karayolu Gürültüsü, Demiryolu Gürültüsü, Gürültü Haritası

## ABSTRACT

### TRANSPORTATION NOISE ANNOYANCE IN THE CITY OF IZMIR

Hüda Merve Yener

Urban Systems and Transportation Management  
Thesis Supervisor: Assistant Prof. Aybike ÖNGEL

April 2017, 72 pages

Increased traffic volume in metropolitan cities results in increased traffic noise. People living in densely populated urban areas are exposed to one or more of transportation noise sources depending on the location of the area in which they live. Noise is considered as an environmental problem that negatively affects the quality of life and health. Therefore, prevention of noise pollution is needed to be addressed to improve the dwellers' life in both developed and developing countries. This study aimed to examine annoyance by noise levels and time-of-day for both railways and highways Izmir province Turkey. A survey was conducted with people who complained regarding the noise levels and requesting the municipality to build noise walls. Data on socio-economic status of the respondents and their health problems due to being exposed to noise were collected using surveys.  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$  and  $L_{den}$  values of those participating in the survey were obtained from the Izmir Strategic Noise Map. The initial level of noise disturbance was determined for different time periods. In addition, two pilot areas were selected based on the area of complaints and the effects of building a noise wall were evaluated. This would help determine the effectiveness of building a noise wall in reducing the complaints due to highway and railway noise. The study concluded that road noise could be associated with various health problems such as headaches, stress, lack of concentration, annoyance, tinnitus, irritability and nervousness. Annoyance and other health problems started to occur at 70 dBA  $L_{day}$ , 70 dBA  $L_{evening}$ , 65 dBA  $L_{night}$ , 70 dBA  $L_{den}$  for road noise and 55 dBA  $L_{day}$ , 55 dBA  $L_{evening}$ , 50 dBA  $L_{night}$ , 55 dBA  $L_{den}$  for the railway noise. It was also shown that noise walls may help reduce the noise levels to those below annoyance threshold.

**Keywords:** Noise Annoyance, Highway Noise, Railway Noise, Noise Mapping



## İÇİNDEKİLER

TABLOLAR .....	ix
ŞEKİLLER .....	xi
KISALTMALAR .....	xii
SEMBOLLER .....	xiii
1.GİRİŞ .....	1
2.LİTERATÜR TARAMASI .....	15
3.VERİ VE YÖNTEM .....	27
3.1 ÇALIŞMA ALANI .....	27
3.2 GÜRÜLTÜ HARİTASI KAVRAMI VE İZMİR GÜRÜLTÜ HARİTALAMA ÇALIŞMASI.....	30
3.2.1 İzmir Stratejik Gürültü Haritasının Hazırlanması .....	33
3.3 GÜRÜLTÜ RAHATSIZLIĞI ANKET ÇALIŞMASI .....	41
3.4 PİLOT ŞİKAYET SAHASINDA KARAYOLU/DEMİRYOLU GÜRÜLTÜ MODELİ GELİŞTİRİLMESİ VE GÜRÜLTÜ PERDESİ UYGULANMASI....	52
3.4.2 Karayolu Gürültüsü Pilot Çalışması .....	56
3.4.3 Demiryolu Gürültüsü Pilot Çalışması .....	58
4. BULGULAR .....	61
4.1 GÜRÜLTÜ RAHATSIZLIĞI ANKET SONUÇLARI.....	61
4.2 KARAYOLU/DEMİRYOLU PİLOT BÖLGE MODELLEME SONUÇLARI .....	65
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	68
KAYNAKÇA .....	73
EKLER.....	81
EK 1: İzmir Stratejik Gürültü Haritası Sonuçları.....	82
EK 2: Hollanda tren gürültüsü hesaplama metoduna ilişkin tren kategorileri ..	88
EK 3: İzmir Gürültü Rahatsızlığı Anketi .....	89

<b>EK 4: CadnaA konfigürasyonları.....</b>	<b>90</b>
<b>EK 5 : İzmir ili arazi kullanım haritası.....</b>	<b>92</b>
<b>EK 6: Üç Boyutlu Gürültü Perdesi.....</b>	<b>93</b>
<b>EK 7: Karayolu/demiryolu pilot bölge modelleme sonuçları.....</b>	<b>94</b>



## TABLolar

Tablo 1.1: ÇGDYY yönetmeliğine göre gürültü sınır değerleri .....	7
Tablo 1.2: ÇGDYY yönetmeliği yol tipine göre gürültü sınır değerleri.....	8
Tablo 1.3: Karayolu gürültüsü ÇGDYY limit değerlerine göre maruz kalan bina .....	10
ve insan sayısı .....	10
Tablo 1.4: Demiryolu gürültüsü ÇGDYY limit değerlerine göre aşım maruz kalan bina ve insan sayısı .....	11
Tablo 1.5: İzmir stratejik gürültü haritası nüfus maruziyet sonuç tablosu.....	12
Tablo 2.1: Gürültünün sağlık etkisi üzerine yapılan çalışmalar.....	16
Tablo 2.2: Yapılan çalışmalarda ortaya çıkan gürültünün sağlık üzerindeki etkilerinin başlangıç ses seviyeleri.....	19
Tablo 3.3: Avrupa' da gürültüye maruz kalan insan sayısı .....	20
Tablo 3.1: İzmir aglomerasyonuna ait istatistik bilgiler .....	28
Tablo 3.2: İzmir aglomerasyonu içindeki gürültü haritası oluşturulan ulaşım kaynaklarına ait uzunluklar .....	29
Tablo 3.3: Bina kullanım tipi .....	35
Tablo 3.4: İzmir Metro saat verisi.....	36
Tablo 3.5: Saatlik metro tren sayısı.....	37
Tablo 3.6: Metro trenleri yıllık ortalama.....	37
Tablo 3.7: Yük trenleri azami hız bilgisi .....	38
Tablo 3.8: Ana hat ve bölgesel yolcu trenleri için azami hız bilgisi.....	38
Tablo 3.9: İZBAN trenleri için azami hız bilgisi .....	39
Tablo 3.10: Mevcut durumda karayolu gürültüsünden etkilenen konut sayısı .....	57
Tablo 3.11: Mevcut durumda karayolu gürültüsünden etkilenen kişi sayısı .....	58
Tablo 3.12: Mevcut durumda demiryolu gürültüsünden etkilenen konut sayısı.....	60
Tablo 3.13: Mevcut durumda demiryolu gürültüsünden etkilenen kişi sayısı .....	60
Tablo 4.1: Ankete katılan şikayetçilerin sosyodemografik durumlarına göre karayolu gürültü rahatsızlığı .....	62
Tablo 4.2: Ankete katılan şikayetçilerin sosyodemografik durumlarına göre demiryolu gürültü rahatsızlığı .....	64

Tablo 4.3: Gürültü rahatsızlığı başlangıç seviyeleri .....	65
Tablo 4.4: Karayolu pilot bölgesinde mevcut durum / gürültü paneli sonrası gürültü rahatsızlığı olan konut sayısı .....	66
Tablo 4.5: Demiryolu pilot bölgesinde mevcut durum / gürültü paneli sonrası gürültü rahatsızlığı olan konut sayısı .....	66
Tablo 4.6: Karayolu pilot bölgesinde mevcut durum / gürültü paneli sonrası gürültü rahatsızlık sınırındaki insan sayısı değişimi .....	67
Tablo 4.7: Demiryolu pilot bölgesinde mevcut durum / gürültü paneli sonrası gürültü rahatsızlık sınırındaki insan sayısı değişimi .....	67



## ŞEKİLLER

Şekil 1.1: A ve C filtrelerine ait ağırlıklama- frekans eğrisi .....	3
Şekil 1.2: AB üye ülkelerinde $L_{gag} > 55$ dBa gürültü aşımına .....	6
maruz kalan insan sayısı.....	6
Şekil 1.3: $L_{gag}$ zaman diliminde ulaşım kaynaklarından gürültüye maruz .....	7
kalan insan sayısı.....	7
Şekil 1.4: İzmir'de nüfus yoğunluğu $>1000$ kişi/km <sup>2</sup> olan ilçeler .....	10
Şekil 2.1: Avrupa'da karayolu gürültüsünden etkilenen nüfus yüzdesi - ( $L_{gag}$ ) .....	20
Şekil 2.2: Avrupa'da demiryolu gürültüsünden etkilenen insan yüzdesi - ( $L_{gag}$ ) .....	21
Şekil 3.1: İzmir aglomerasyon sınırı .....	28
Şekil 3.2: Karayolu ağı (6 milyon araç/yıl trafik yükü) .....	29
Şekil 3.3: Demiryolu ağı (60.000 tren/yıl) .....	30
Şekil 3.4: Örnek karayolu gürültü haritalaması sonucu .....	31
Şekil 3.5: Gürültü haritalama süreci.....	32
Şekil 3.6: İzban hattında uygulanan demiryolu gürültü bariyeri kesiti.....	40
Şekil 3.7: İzmir ilinde uygulanan örnek gürültü karayolu gürültü perdesi .....	41
Şekil 3.8: Anket soru ve cevapları (1-3) .....	43
Şekil 3.9: Anket soru ve cevapları (4-5) .....	44
Şekil 3.10: Anket soru ve cevapları (6-7) .....	45
Şekil 3.11: Anket soru ve cevapları (8-9) .....	46
Şekil 3.12: Anket soru ve cevapları (9).....	47
Şekil 3.13: Anket soru ve cevapları (10).....	48
Şekil 3.14 Anket soru ve cevapları (11).....	49
Şekil 3.15: Anket soru ve cevapları (12).....	50
Şekil 3.16: Sesin kaynaktan yayılım modeli .....	52
Şekil 3.17: Gürültü bariyerinin çalışma prensibi .....	53
Şekil 3.18 Sesin frekansına göre gürültü perdesinde kırılımı .....	53
Şekil 3.19 Gürültü perdesi uygulamaları .....	55
Şekil 3.20: Gürültü perdesinin uzunluk etkisi.....	56
Şekil 3.21: Anadolu Caddesi binaların durumu .....	56
Şekil 3.22: Şemikler tren istasyonu çevresi mevcut durum .....	59

## KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORINE	: Coordination of Information on the Environment
ÇGDYY	: Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
dB	: Desibel
END	: The Environmental Noise Directive
EU	: European Union
ISO 9613	: Attenuation of sound during propagation outdoors
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
NMPB	: Nouvelle Methode de Prevision du Bruit des Routes
RMRS	: Reken Meervoorschrift Railverkeer Slawaai 96
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WG-AEN	: European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise

## SEMBOLLER

Eşdeğer gürültü seviyesi	:	$L_{Aeq}$
07:00-19:00 saatleri arasındaki $L_{Aeq}$ düzeyi	:	$L_{gündüz}$
19:00-23:00 saatleri arasındaki $L_{Aeq}$ düzeyi	:	$L_{akşam}$
23:00-07:00 saatleri arasındaki $L_{Aeq}$ düzeyi	:	$L_{gece}$
24 saatlik $L_{Aeq}$ düzeyi	:	$L_{gag}$



## 1.GİRİŞ

Gürültü, en temel anlamıyla kişilerin yaşamını olumsuz yönde etkileyen istenmeyen ses olarak ifade edilir. Ulaşımdan kaynaklı gürültü ise; karayolu, demiryolu ve havayolu araç trafiğinin neden olduğu; kişilerin hayatını, huzurunu, sağlığını etkileyen ve alıcılarda rahatsızlık yaratan çevresel bir kirlilik ögesidir. Gürültü kirliliği insan sağlığı için yüksek risk taşımaktadır; çünkü gürültü rahatsızlığı neticesinde kişilerde stres, huzursuzluk, baş ağrısı, konsantrasyon eksikliği, kardiyovasküler rahatsızlıklar, uykusuzluk gibi psikolojik ve fizyolojik etkiler ortaya çıkmaktadır (WHO, 1999). Özellikle gürültünün olduğu zaman aralığı kişilerin rahatsızlık şeklini etkilemektedir. Gece zaman diliminde yüksek seviyelerde gürültü aşımına maruz kalmak, gündüze kıyasla önemli ölçüde farklı olmaktadır. Bu nedenle Dünya Sağlık Örgütü (WHO), gece zaman diliminde 40 dBA üzerinde gürültüye maruz kalan insanların sağlığında olumsuz etkilerin başladığını bildirmektedir (WHO, 2009). WHO' nun 2011 yılında yayınladığı raporlara göre, çevresel gürültü sebebiyle batı Avrupa' da her yıl en az 1 milyon kişinin yaşam kalitesi etkilenmektedir. Gürültüye maruz kalma, hava kirliliğinden sonra en tehlikeli ikinci çevresel hastalık sebebi olarak görülmektedir (WHO, 2011).

Ulaşımdan kaynaklı gürültü kirliliği, şehirleşmiş alanların giderek artması ve ulaşım kaynaklarının trafik hacimlerinin büyümesi ile kent sakinlerinde rahatsızlık hissini ortaya çıkarmaktadır. Özellikle yaşam kalitesi ve esenliğini etkileyen gürültü, bugün Avrupa' da ana çevresel sağlık problemi haline gelmiştir. Avrupa Birliği üye ülkeleri 2002 yılında çevresel gürültünün değerlendirilmesine ilişkin olarak 2002/49/EC sayılı bir AB Yönergesi yayınlamaya (Environmental Noise Directive), geçmiş yıllar boyunca sürekli artarak önemli bir halk sağlığı meselesine dönüşen gürültünün tespiti ve kontrolü için çalışmaya başlamışlardır.

Gürültünün akustik olarak tanımlanması, ölçülmesi, hesaplanması ve gürültü kontrol teknolojilerinin geliştirilmesi doğrudan ses fiziğine dayalı olduğundan temelde akustik bilimi içinde incelenmektedir. Ses dalgalarının oluşumu, iletimi, ölçüm ve kontrol teknolojileri ve uygulamaları kapsayan akustik, ses bilim ve tekniği olarak



tanımlanmaktadır (Kurra, 2009). Ses dalgalarının birim zamandaki titreşim sayıları, parçacık hareketinin frekansı ile eşdeğerdir ve sesin tonal özelliğini belirtir. İşitilebilen seslerin frekansları 20 Hz ve 20 kHz arasında değişmektedir. Frekansların geniş bir aralığı kapsaması nedeniyle logaritmik ölçek kullanılır. Uluslar arası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından standardize edilmiş frekans bantları alt ve üst bant sınırlarının oranına bağlı olarak oktav ve 1/3 oktav bant olarak adlandırılmaktadır. Oktav bantlar en geniş aralıktır (63, 125, 250, 500, 1000, 2000 vd.) ve 50-10.000 Hz arasında toplam 8 adet oktav bant bulunur. 1/3 oktav bantlar ise 50-10.000 Hz arasında 24 adettir. Ses gücü (W), bir ses kaynağından birim zamanda yayılan toplam ses enerjisi olarak tanımlanır, birimi Watt'dır. Ses şiddeti (I) belirli bir alanda, belirli bir yönde ve birim zamanda birim alandan geçen ses enerjisidir ve birimi Watt/m<sup>2</sup>'dir.

Ses titreşimlerinin hava basıncında yol açtığı değişimlere akustik basınç ve havadaki basınç farklarına ise akustik basınç denilmektedir. Ses basıncı genellikle SI metrik birimi olan Paskal ile ölçülmektedir. Paskal (Pa), metre kare başına bir Newton' a eşittir. Bir insan kulağının duyabileceği en küçük ses basıncı 20 mikro Paskal (0.0000020 Pa)'dır. Bir çok ses kaynağından oluşan ses basıncı değişkenlik göstermektedir, örneğin bir yaprağın hışırtısı 0.000632 Pa iken, 100 m mesafedeki jet motorunun ses basıncı 100 Pa' dır. Bu sayılar ile kolay işlem yapılabilmesi için desibel birimi (dB) kullanılmaktadır. Desibel kavramı ise; ölçülen seslerin güç, şiddet ve basınçları bir referans düzeye göre karşılaştırılarak sonuçlar logaritmik olarak belirlenir ve düzey adını alır. Düzey birimi desibeldir. Desibel biriminde insan kulağının işitme yeteneği (duyulan en düşük ses) göz önüne alınmaktadır (FHWA, 2000). Gerçekte ses Watt, Watt/m<sup>2</sup> ve Pa biriminde verildiğinde çok küçük değerdedir bu nedenle logaritmik ölçekle ses büyüklükleri daha basitçe gösterilebilmektedir. Temel birim Bell ve Bell'in 1/10'una Desibel denilmiştir (Kurra, 2009). Ses basınç seviyesini (SPL) desibel olarak belirlemek için aşağıdaki denklem (1.1) kullanılmaktadır.

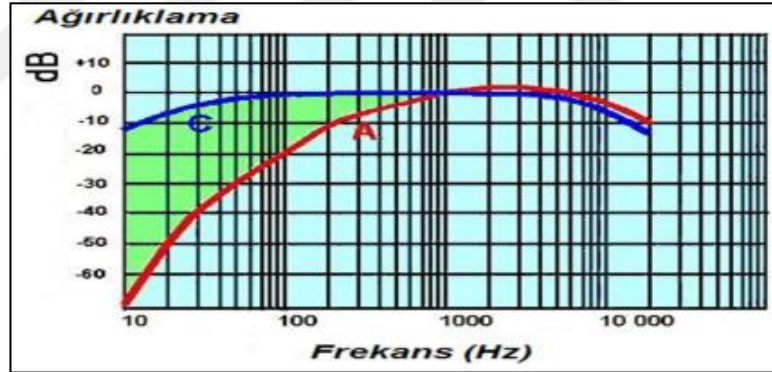
$$SPL=20 \log_{10} \left( \frac{P}{P_{ref}} \right) dB \quad (1.1)$$

$P_{ref}$  : İnsan kulağının duyabileceği en küçük ses basıncı ( $2.0 \cdot 10^{-5}$ )

$P$  : Seçilen kaynağın ses basıncı

Gürültü ölçüm ve değerlendirmelerinde kullanılan birimlerin bir bölümü işitme ve algılamaya dayanan temel birimlerdir (Kurra, 2009). Ses ölçer sistemi tarafından bir sesin ölçümü esnasında değerlendirilen ses, havadaki basınç değişimlerine duyarlı hassas diyaframlara sahip mikrofonlar tarafından elektrik akımlarına ve yükselteç (amplifikatör) vasıtası ile uygun akım sinyallerine dönüştürüldüğü bilinmektedir. Elde edilen sinyallerin analizi için çeşitli ağırlıklama filtreleri kullanılmaktadır. Kullanılan ekipmanlar tarafından ölçülen sesin insan kulağı tarafından nasıl algılandığını gösteren bu filtreler çoğunlukla A,B,C ve D ağırlıklama olarak adlandırılırlar. Bu ağırlıklamalar içinde çevresel gürültü ölçüm ve değerlendirmelerinde çoğunlukla kullanılan A ve C' ye ait frekans-ağırlıklama grafiği aşağıda Şekil 1.1' de yer almaktadır.

**Şekil 1.1: A ve C filtrelerine ait ağırlıklama- frekans eğrisi**



*Kaynak: Çevresel Gürültü Ölçme ve Değerlendirme Kılavuzu, 2011*

Çevresel gürültü ölçüm ve değerlendirmelerinde A ölçümlü ses basınç seviyesi sıklıkla kullanılmaktadır, bunun sebebi A ölçümlü ses basınç seviyesinde, düşük frekansların yoğunluğunun orta ve yüksek frekanslardan düşük olmasıdır. A ölçümlü ses basınç seviyesinin birimi dB(A) olarak ifade edilir. İnsan kulağının işitme sistemi, en çok 1000-4000 Hz arasındaki orta frekans aralığına daha duyarlıdır. Sonuç olarak dB ölçülen değeri, dBA ise kulağımızın algıladığı sesi verir (ÇGÖDK, 2011).

Eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi ( $L_{eq,T}$ ) belirli bir T zamandaki ortalama ses basınç seviyesini tanımlamak için kullanılmaktadır. Ortalama zaman T' nin tanımlanırken

saniye, dakika ya da saat seçilebilir. Genellikle  $L_{eq}$ , A ölçümlü filtreler kullanılarak ölçülür. Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Bölümü  $L_{eq}$  göstergesinin genel olarak çevresel gürültünün ölçüm ve değerlendirmesinde temel olarak kullanılma gerekçeleri;

- i. Gürültünün insan üzerindeki etkileri ile mükemmel uyuşmakta olması,
- ii. Kesin, basit ve pratik olması,
- iii. Hem planlamada hem uygulamada kullanılabilir olması,
- iv. Halen kullanılan metotlarla çok benzerlik göstermekte olması,
- v. Kullanılan ölçüm cihazlarının standartlara uygun ve piyasada kolay bulunabilmesidir (ÇGÖDK, 2011).

A ağırlıklı eşdeğer ses düzeyi Denklem 1.2' de verilmiştir.

$$L_{AeqT} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \int_T p_A^2(t) / p_0^2 dt \right] \text{ dBA} \quad (1.2)$$

$T$  : Referans zaman aralığı

$p_A^2(t)$  : t sürekli zaman boyunca A ağırlıklı anlık ses düzeyi, Pa

Gürültü göstergeleri END 2002/49/EC' ye göre bir zararlı etki ile ilgili olarak çevresel gürültünün tanımlanmasında kullanılan fiziksel bir ölçektir (END, 2002). Gürültüyü tanımlayan ses basınç düzeylerinin herhangi bir zaman süresi içinde gösterdiği değişim gürültünün değerlendirilmesinde önemli bir etmendir (Kurra, 2009). Denklem 1.2'de  $L_{gag}$  gürültü hesabı yer almaktadır.

$L_{gündüz}$  : 07:00-19:00 saatleri arasındaki  $L_{Aeq}$  düzeyi

$L_{akşam}$  : 19:00-23:00 saatleri arasındaki  $L_{Aeq}$  düzeyi

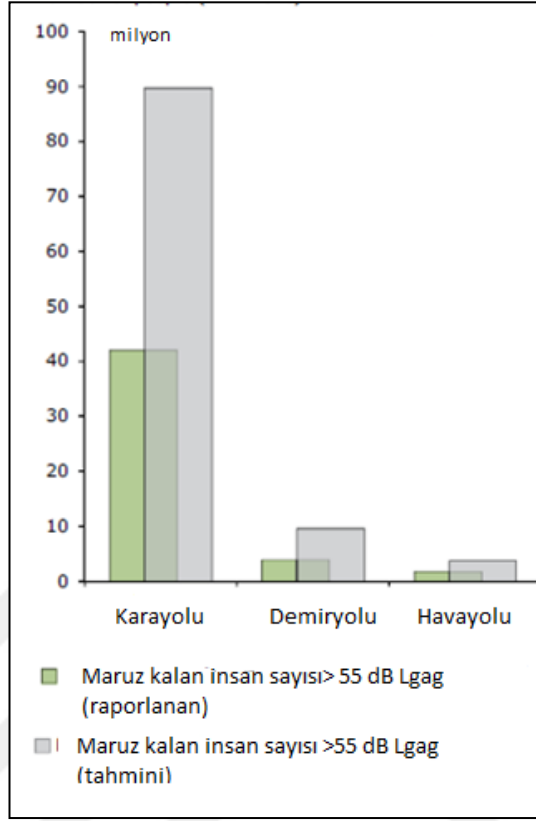
$L_{gece}$  : 23:00-07:00 saatleri arasındaki  $L_{Aeq}$  düzeyi

$$L_{gag} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} \{ 12 * 10^{L_{gündüz}/10} + 4 * 10^{(5+L_{akşam})/10} + 8 * 10^{(10+L_{gece})/10} \} \text{ dBA} \quad (1.2)$$

Bu göstergelerle gürültü ve gürültü kirliliği tanımlamaları daha kolay anlaşılır ve yorumlanabilir olmaktadır (Kurra, 2009).

END, gürültü kontrolü ve yönetimi için gürültü haritalama ve eylem planlarından bahsetmektedir. Öncelikle şehirlerdeki mevcut gürültünün ortaya konması, kontrol tedbirlerinin uygulanması için önem kazanmaktadır. Bu nedenle AB üye ülkelerinde şehirleşmiş alanlarda farklı ulaşım kaynakları haritalandırılarak gürültü seviyeleri ve etkilenen nüfus bilgileri hesaplanmıştır. END kapsamında gürültü haritalama ve eylem planlamada kullanılacak birçok gürültü göstergesi tanımlanmaktadır. Bu göstergeler, fiziksel ölçekte eşdeğer gürültü seviyelerinin tanımlanması için önem taşımaktadır. Ancak bazı göstergeler özellikle gürültü rahatsızlığının ortaya konmasında kullanılır. Bunlardan  $L_{gag}$  gürültü rahatsızlığı değerlendirmek için,  $L_{gece}$  ise uyku bozukluğunu değerlendirmek için tercih edilmektedir. Avrupa' da bu göstergeler kullanılarak gürültü rahatsızlığının ve uyku bozukluğunun başladığı seviyeler  $L_{gag}$  için 55 dBA ve  $L_{gece}$  için 50 dBA olarak değerlendirilmektedir. (EEA, 2014) Çizelge 1.1' de Avrupa Çevre Ajansı üye ülkelerinde 2012 yılında raporlanan  $L_{gag} > 55$  dBA seviyesinin üzerinde kalan insan sayısı görülmektedir. Grafiğe göre, ulaşımdan kaynaklı gürültü rahatsızlığında baskın kaynak karayoludur. 40 milyondan fazla insanın karayolu kaynaklı gürültüden ve 5 milyon kadar insanın demiryolu gürültüsünden etkilendiği raporlanmıştır.

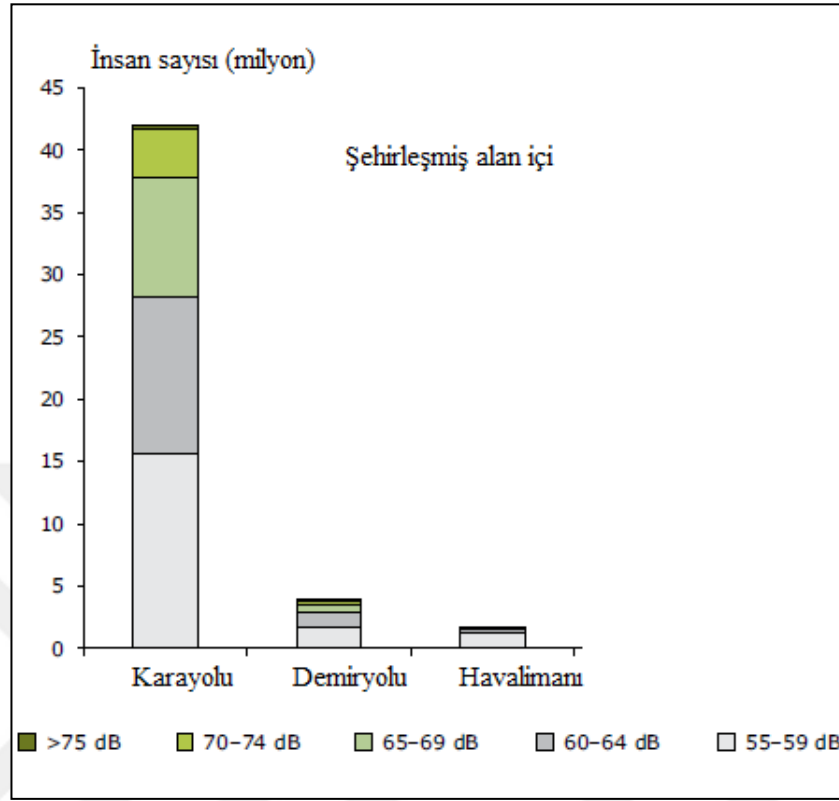
**Şekil 1.2: AB üye ülkelerinde  $L_{gag} > 55$  dBA gürültü aşımına maruz kalan insan sayısı**



Kaynak: Avrupa Çevre Ajansı, 2012

Şekil 1.2' de AB üye devletlerinde  $L_{gag}$  zaman diliminde karayolu, demiryolu ve havalimanı gürültü seviyeleri desibel bantlarıyla ifade edilmektedir. Özellikle karayolu kaynağından etkilenen 40 milyonu aşkın kent nüfusunun, yaklaşık 15 milyonluk kesimi 55-59 dBA arası, yaklaşık 13 milyonluk kesimi 60-64 dBA arası ve yaklaşık 10 milyonluk kesimi 70-74 dBA arasında gürültüye maruz kalmaktadır.

**Şekil 1.3:  $L_{gag}$  zaman diliminde ulaşım kaynaklarından gürültüye maruz kalan insan sayısı**



Kaynak: Avrupa Çevre Ajansı, 2012

Ülkemizde gürültü konusunda Çevre Kanunu kapsamında oluşturulan Çevresel Gürültünün Denetimi ve Yönetimi Yönetmeliği bulunmaktadır. Bu yönetmelik sayesinde çevresel gürültü konusunda ilgili kurumların yaptırımları ve kaynaklarına göre gürültü sınırlamaları belirlenmiştir. Tablo 1.1’ de farklı gürültü kaynaklarının arazi kullanım durumuna göre yönetmelik sınır değerleri ve Tablo 1.2’ de karayolu kaynağının tipine göre yönetmelik sınır değerleri yer almaktadır.

**Tablo 1.1: ÇGDYY yönetmeliğine göre gürültü sınır değerleri**

Gürültü kaynakları	Arazi Kullanımı	$L_{gündüz}$	$L_{akşam}$	$L_{gece}$
		(dBA)	(dBA)	(dBA)
Karayolu	1	65	60	55
	2	68	63	58
	3	70	65	60

	4	72	67	62
Demiryolu	1	65	60	55
	2	65	60	55
	3	65	60	55
	4	65	60	55
Endüstri & Liman	1	60	55	50
	2	65	60	55
	3	68	63	58
	4	70	65	60

Tablo 1.1’ de yer alan arazi kullanımlarında;

1. Kırsal alanları
2. Gürültüye duyarlı alanlar (eğitim, kültür ve sağlık alanları), yazlık yerleşim alanları ve kamp yerlerini
3. Yerleşim alanları
4. İş alanları ve yerleşim alanları
5. Endüstriyel alanları ifade etmektedir. İzmir ili arazi kullanım haritası için Bkz: EK 5.

**Tablo 1.2: ÇGDYY yönetmeliği yol tipine göre gürültü sınır değerleri**

Alanlar	Yenilenmiş/Onarılmış yollar		Mevcut yollar	
	L <sub>gündüz</sub> (dBA)	L <sub>gece</sub> (dBA)	L <sub>gündüz</sub> (dBA)	L <sub>gece</sub> (dBA)
Kırsal alanlar	55	45	60	50
Gürültüye duyarlı alanlar (eğitim, kültür ve sağlık alanları), yazlık yerleşim alanları ve kamp yerleri	60	50	65	55
Yerleşim alanları	63	53	68	58
İş alanları ve yerleşim alanları	65	55	70	60
Endüstriyel alanlar	67	57	72	62

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012 yılında ulusal mevzuatımız kapsamında ülkemizdeki büyükşehirlerin gürültü haritalarının hazırlanması için “Çevresel Gürültü

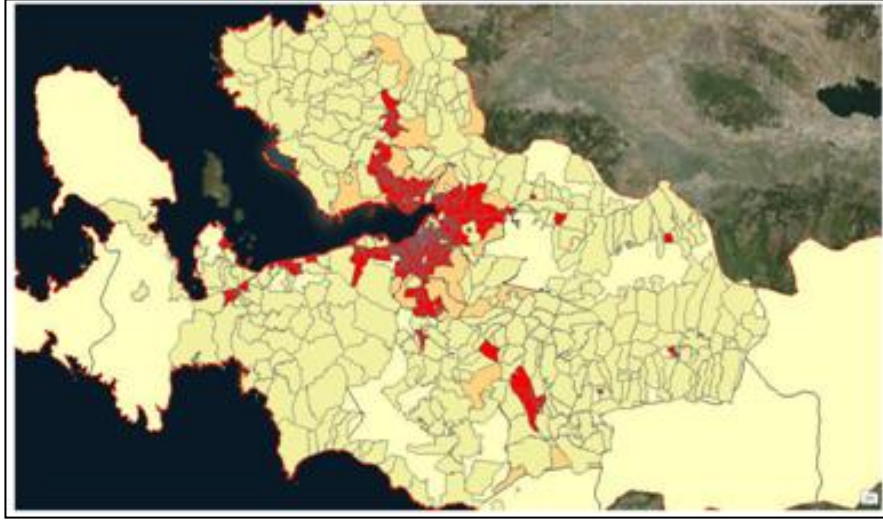
Direktifi için Uygulama Kapasitesi – Implementation Capacity for Environmental Noise Directive” projesini hayata geçirmiştir. Bu proje ile İstanbul, İzmir, Ankara, Bursa ve Kocaeli illerinde ve daha sonra tüm büyükşehirlerde Stratejik Gürültü Haritalarının hazırlanması çalışmaları yapılmıştır. Projenin genel amacı 2002/49/EC sayılı END ve ilgili Türk mevzuatı uyarınca karayolu, demiryolu ve endüstri tesisleri gibi başlıca kaynaklardan yayılan gürültünün azaltılmasında Türkiye’ye destek sağlamak olarak belirlenmiştir. Proje neticesinde Türkiye’de büyükşehirler için ait ağırlıklı olarak karayolları, demiryolları ve hava limanlarına ait, az sayıda limanlar ve eğlence yerleri ait Stratejik Gürültü Haritaları hazırlanmıştır. ÇGDYY’ e göre ortaya konan sınır değerler haritalara işlenerek, gürültü sınırını aşan hassas kullanımlar ve kişi sayıları belirlenmiştir. Hesaplanan harita sonuçlarının değerlendirilebilmesi için ÇGDYY’de belirtilen sınır değerlerinin aşılmaması için kontrolünü yapmak gereklidir. Bu kontrol ile haritalama başlangıcında belirlenen İzmir yerleşim alanının ÇGDYY’de belirlenen dört farklı arazi kullanım tipine CBS ortamında bölünerek  $L_{gündüz}$ ,  $L_{akşam}$ ,  $L_{gece}$  göstergelerindeki aşımın yaşandığı araziler işaretlenmiştir. Aşımın olduğu araziler üzerinde kalan hassas kullanıma sahip konutlar, okullar ve hastaneler de belirlenip, gürültü yönetimi uygulanacak bölgeler ortaya çıkartılmıştır.

İzmir iline ait stratejik gürültü haritası hazırlama çalışması yapılırken ilk olarak haritalanacak olan aglomerasyon alanı (yerleşim alanı) belirlenmiştir. END’ de tanımlanan aglomerasyon alanı ifadesi 100.000’i aşkın nüfusa sahip olan ve nüfus yoğunluğu açısından üye ülkenin şehirleşmiş bölge olarak tanımlayacağı arazi bölümü şeklinde açıklanmaktadır (END, 2002). Bu sebeple İzmir ilinde gürültü modellemesi yapılacak alan belirlenirken ilçe nüfusu 100.000 kişi ve fazlası olan ve kilometrekare başına 1000 kişi nüfus yoğunluğu olan alanlar belirlenmiştir. Aglomerasyon sınırları belirlenirken, İzmir iline ait ilçelerin 2013 nüfus verileri TÜİK’e ait resmi veritabanından elde edilmiş olup, bu ilçelerden nüfusu 100.000 üzerindeki on ilçe (Bayraklı, Bornova, Buca, Çiğli, Gaziemir, Karabağlar, Karşıyaka, Konak, Menemen ve Torbalı) seçilip, güncel adres verileri kullanılarak GIS ortamında seçilen bu ilçelerin yapılaşmış alanları (*şehirleşmiş alan*) işaretlenmiş ve şehirleşmiş alanların yüzölçümü hesaplanmış ve bu bilgilerden bu ilçelere ait şehirleşmiş alanlardaki nüfus yoğunlukları verileri elde edilmiştir (kişi/km<sup>2</sup>). Ayrıca büyükşehir merkezine bağlı olup,



nüfusu 100.000'in altında kalan dört ilçe (Balçova, Narlıdere, Güzelbahçe ve Menderes) de İzmir ili merkez şehirleşmiş alanına dahil olduğundan bu dört ilçe merkez aglomerasyon alanına dahil edilmiştir. Şekil 1.4 bu ilçe alanları göstermektedir.

**Şekil 1.4: İzmir’de nüfus yoğunluğu >1000 kişi/km<sup>2</sup> olan ilçeler**



Tüm bu çalışmalar neticesinde İzmir ilinin karayolu ve demiryolu ulaşımından kaynaklı gürültü haritaları hazırlanmış ve İzmir’de kaç kişinin ulaşımından kaynaklı gürültü sınır değerleri üzerinde olduğu belirlenmiştir. Karayolu taşıtlarından kaynaklı haritalarının sonucunda gürültü limit değerlerine göre aşımaya maruz kalan yapılar ve insan sayısı aşağıdaki Tablo 1.3’de belirtilmiştir.

**Tablo 1.3: Karayolu gürültüsü ÇGDYY limit değerlerine göre maruz kalan bina ve insan sayısı**

<b>Gürültü limit değerlerine göre aşımaya maruz kalma</b>	<b>L<sub>gündüz</sub></b>	<b>L<sub>akşam</sub></b>	<b>L<sub>gece</sub></b>
Konut	974	2593	1692
Okul	13	37	28
Hastane	0	3	1
Mesken (Konut içerisindeki meskenler için)	5791	17733	10924
Mesken içinde yaşayan sayısı	13920	42430	26555

Demiryolu taşıtlarından kaynaklı gürültü haritalarının sonucunda gürültü limit değerlerine göre aşım maruz kalan yapılar ve insan sayısı aşağıdaki Tablo 1.4' de belirtilmiştir. Tablo 1.4' ün sonuçlarına bakıldığında İzmir'de demiryolu gürültüsüne maruz kalan hassas kullanımlar ve insanlar oldukça az sayıdadır. Ancak buna rağmen demiryolu kaynaklı gürültü şikayetleri oluşmaktadır.

**Tablo 1.4: Demiryolu gürültüsü ÇGDDY limit değerlerine göre aşım maruz kalan bina ve insan sayısı**

Gürültü limit değerlerine göre aşım maruz kalma	$L_{gündüz}$	$L_{akşam}$	$L_{gece}$
Konut	0	30	5
Okul	0	2	0
Hastane	0	0	0
Mesken (Konut içerisindeki her bir mesken için)	0	49	8
Mesken içinde yaşayan sayısı	0	113	19

Tablo 1.5'e bakıldığında her bir farklı kaynağa göre hesaplanan nüfus etki sonuçları desibel bantlarına ayrılmış şekilde görülmektedir. İzmir stratejik gürültü haritası sonuçlarına bakıldığında 5 desibellik bant aralıklarında farklı ulaşım kaynaklarına göre kaç kişinin ulaşım gürültüsüne maruz kaldığı belirlenmiştir. Sonuçlara göre, demiryolu ulaşımından kaynaklı gürültüye maruz kalan  $L_{akşam}$  zaman diliminde 113 kişi ve  $L_{gece}$  zaman diliminde 19 kişi bulunmaktadır. Karayolu ulaşımından kaynaklı gürültü ise  $L_{gündüz}$  zaman diliminde 13,920,  $L_{akşam}$  zaman diliminde 42,430 ve  $L_{gece}$  zaman diliminde 26,555 kent sakinini etkilemektedir.

**Tablo 1.5: İzmir stratejik gürültü haritası nüfus maruziyet sonuç tablosu**

<b>L<sub>gündüz</sub> gürültü seviyesi (dBA)</b>	<b>&lt;55</b>	<b>55-59</b>	<b>60-64</b>	<b>65-69</b>	<b>70-74</b>	<b>&gt;75</b>
Konutlarda Yaşayan İnsan Sayısı						
Demiryolu Trafik Gürültüsü	2957700	4500	200	0	0	0
Ana Demiryolu Trafik Gürültüsü	2957700	4400	200	0	0	0
Karayolu Trafik Gürültüsü	2519600	196100	128200	89600	26600	2300
Ana Karayolu Trafik Gürültüsü	2572700	170900	109300	81400	25800	2300
<b>L<sub>akşam</sub> gürültü seviyesi (dBA)</b>	<b>&lt;55</b>	<b>55-59</b>	<b>60-64</b>	<b>65-69</b>	<b>70-74</b>	<b>&gt;75</b>
Demiryolu Trafik Gürültüsü	2959000	3300	100	0	0	0
Ana Demiryolu Trafik Gürültüsü	2959000	3200	100	0	0	0
Karayolu Trafik Gürültüsü	2543300	193700	123300	81200	19900	1000
Ana Karayolu Trafik Gürültüsü	259300	168500	106000	74500	19400	1000
<b>L<sub>gece</sub> gürültü seviyesi (dBA)</b>	<b>&lt;50</b>	<b>50-54</b>	<b>55-59</b>	<b>60-64</b>	<b>65-69</b>	<b>&gt;70</b>
Demiryolu Trafik Gürültüsü	2960600	1800	0	0	0	0
Ana Demiryolu Trafik Gürültüsü	2960600	1800	0	0	0	0
Karayolu Trafik Gürültüsü	2633900	168300	108300	45500	6100	200
Ana Karayolu Trafik Gürültüsü	2670200	145700	9700	43100	6100	200
<b>L<sub>gag</sub> gürültü seviyesi (dBA)</b>	<b>&lt;55</b>	<b>55-59</b>	<b>60-64</b>	<b>65-69</b>	<b>70-74</b>	<b>&gt;75</b>
Demiryolu Trafik Gürültüsü	2955300	6200	1000	0	0	0
Ana Demiryolu Trafik Gürültüsü	2955200	6200	1000	0	0	0
Karayolu Trafik Gürültüsü	2416000	236500	155700	104000	44200	5900
Ana Karayolu Trafik Gürültüsü	2479100	209100	133500	92900	42000	5900
NOT: Gürültüye maruz kalan nüfusun sunumunda, sakin sayısı toplamaları üzerinde uygulanan yuvarlama (en yakın yüz rakamına) nedeniyle, her bir gürültü göstergesi için değer aralıklarındaki toplam her zaman aynı sonucu vermeyebilir.						

Ulaşım kaynaklarından kaynaklı gürültünün önlenmesi için gürültü perdeleri sıklıkla kullanılan yapılardır. Gürültü perdesi sorunlu bölgeye yerleştirildiğinde gürültü kaynağı ile alıcı arasında akustik bir “gölge” oluşturan fiziksel bir önlemdir. Bir perdenin kaynak ile alıcı arasına konumlandırılması kaynaktan alıcıya yönelen ses ışınlarının gücünü oldukça azaltır. Tasarlanan gürültü perdesinin gürültüyü azaltıcı etkisi birçok farklı faktöre bağlıdır. Bunlar;

- i. perdenin efektif yüksekliği,
- ii. gürültü kaynağı ve perde arasındaki mesafe,
- iii. perde ve alıcı arasındaki mesafe,
- iv. uzunluk,

- v. kalınlık,
- vi. kullanılan malzemeler (yutucu, yansıtıcı ya da kombine malzeme seçimi) gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir.

Gürültü perdeleri yüksek maliyetli yapılar olması sebebiyle her sorunlu bölgede uygulanması ekonomik açıdan mümkün görülmemektedir. Gürültü perde yapımına karar vermek için bu tip bir önlemin ne kadar fayda sağlayacağı göz önüne alınmalıdır (FHWA, 2000).

Gürültü projesi dahilinde elde edilen veriler, yalnızca yürürlükteki yönetmeliğe ait sınır değerlerin aşıldığı durumları ifade etmektedir. Ulusal mevzuatta gürültü rahatsızlığına dair bir sınır değer bulunmamakla birlikte, Anayasanın 56. Maddesinde “*Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkında sahiptir...*” hükmü yer almaktadır. Ancak mevcut gürültü yönetmeliğinde  $L_{gag}$  zaman diliminde bu ifadeyi destekleyecek rahatsızlık sınır değerleri yer almamaktadır. Bu sebeple ulaşımdan kaynaklı gürültü rahatsızlığının toplumumuzda ne tür bir etki gösterdiğinin ortaya konulması ve gürültü rahatsızlığı başlangıç düzeylerinin belirlenmesi oldukça önem kazanmaktadır.

Hazırlanan bu tez çalışması kapsamında, İzmir ilinde karayolu ve demiryolu ulaşımından kaynaklanan gürültünün kişiler üzerindeki rahatsızlık etkisi anket çalışması yardımıyla araştırılmıştır. Bu araştırma ile gürültü kaynaklarına yakın konumda oturan ve ulaşım gürültüsü konusunda ilgili kurumlara 2013-2015 yılları arasında çok sayıda şikayette bulunan kişiler, anket katılımcıları olarak belirlenmişlerdir. Seçilen katılımcıların gürültü konusunda rahatsızlık seviyeleri yüksektir ve mevcut durumun ortaya konması açısından tez çalışmasına katkı koymaya yoğun istek göstermişlerdir. İzmir ulaşımının omurgasını oluşturan, 6 milyon araç/yıl trafiğe sahip karayolları ve 60 bin tren/yıl trafiğe sahip demiryollarına ait gürültü haritaları sayesinde, gürültü rahatsızlığının başladığı eşik bir değerin olup olmadığı araştırılmıştır. Ayrıca anket çalışması ile katılımcıların sosyodemografik yapıları ve gürültünün yarattığı sağlık etkileri arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Çalışmanın devamında anket sonuçlarına istinaden yerel yönetimden yapılması sıklıkla istenen gürültü perdesi iki kaynakta modellenerek gürültü rahatsızlığına etkisi incelenmiştir.

Elde edilen haritalara bakıldığında bugün ulaşımdan kaynaklı gürültü İzmir’ de yüzlerce insanı etkilemektedir. Ancak kaynaklara yakın bölgelerde oturan sakinlerin sağlık açısından ne tür rahatsızlık yaşadığı hakkında bir çalışma bulunmamaktadır. Bu tez çalışması sayesinde, gürültü rahatsızlığının başlangıç seviyesi, kişiler üzerindeki etkisi ve gürültü önleme çalışmalarının mevcut rahatsızlığa etkisini ortaya çıkartmayı hedeflemiştir.



## 2.LİTERATÜR TARAMASI

20 yy.'ın ikinci yarısında ortaya çıkan bir kavram olan ve toplumun büyük bir kesimini etkileyen gürültüye “çevresel gürültü” ve bu gürültüyü üreten kaynaklar da “çevresel gürültü kaynakları” denilmektedir (Kurra, 2009). Gürültü normalde istenmeyen ses olarak tanımlanmaktadır; ancak sağlık açısından ise bu tanım daha farklı olabilmektedir. İnsan vücudunda fiziksel hasarlara neden olabilen yüksek ses olarak ifade edilen gürültü, sadece yönetmelikler, gürültü seviyesi, karayolu/demiryolu gürültüsü, eylem planı vb. tanımlamalarla sınırlı kalmamalıdır. Rahatsızlık, memnuniyetsizlik, hoşnutsuzluk ve stres gibi tüm olumsuz duyguları da ifade etmektedir. Gürültünün yan etkileri bireyin amaçlanan faaliyeti bozulduğunda ortaya çıkmaktadır. Uyku faaliyeti esnasında demiryolu kaynaklı gürültünün kişiyi uykusuz bırakması bu duruma örnek olarak verilebilir (EEA TR, 2010).

Gürültü rahatsızlığının incelenmesi önemlidir; çünkü gürültü konut içindeki yaşam memnuniyetini ve çevre kalitesini etkilediği gibi (Kroesen vd., 2009), kişilerin refah ve sağlığı da etkiler (Camusso vd., 2010; Ohrstrom, 2004). Gürültü, özellikle rahatsızlık ve uyku bozukluğu gibi sosyal ve davranışsal etkileri beraberinde getirmektedir. Tıbbi açıdan gürültünün insan sağlığına etkileri işitmede azalma, konuşma anlaşılabilirliği, fizyolojik işlev bozuklukları, zihinsel hastalıklar, performans düşüşü ve kardiyovasküler hastalıklar şeklinde ortaya konmuştur (WHO, 1999, 2011; Pearsons, 1998; Pearsons vd., 1995; Passchier-Vermeer, 1993; Ohrstrom, 1993). Uzun süre ulaşım gürültüsüne maruz kalma kardiyovasküler hastalıklar ile ilişkilidir (Babisch, 2014). Gürültü rahatsızlığı öfke, memnuniyetsizlik, çaresizlik, depresyon, anksiyete, dikkat dağınıklığı ya da yorgunluk ve uyku bozukluğu ile (WHO, 1999) ayrıca fiziksel fonksiyonlar dahil olmak üzere hayat kalitesinin azaltılmasıyla da ilişkilendirilmiştir (Dratva vd., 2010).

2009 yılında WHO Avrupa için Gece Gürültü Kılavuzu yayınlamıştır. Bu kılavuzda  $L_{gece}$  zaman dilimi için 40 dBA gürültü seviyesinin aşılmaması gerektiği vurgulansa da, kısa vadede ulaşılması zor bir hedef olduğundan geçici hedef 55 dBA olarak önerilmiştir. Yayımlanan kılavuz, gürültüye bağlı uyku bozukluklarına (beden hareketliliği, uyanma, kişisel uyku rahatsızlığı gibi) dayanılarak hazırlanmıştır (WHO,

2009). WHO raporunun yanı sıra çevresel gürültünün kardiyovasküler hastalıklara, hipertansiyona, koroner arter rahatsızlıklarına etkisi, kalp hastalığı ve inme gibi konularda bir dizi ek araştırma da yapılmıştır. Yakın zamanda yapılan bir derlemede çevresel gürültüye maruz kalmanın halk sağlığı üzerindeki etkileri özetlenmiştir (Basner vd., 2014). Bu çalışmaya göre; ulaşım gürültüsüne ve endüstriden kaynaklı gürültüye maruz kalma rahatsızlığı ve uyku bozukluğuna neden olabilir, ayrıca hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalıklara yakalanma riskini artırabilir. Araştırmacılar tarafından gürültünün sağlık üzerindeki etkilerinin ortaya konması amacı ile “maruz kalma- tepki” ilişkileri ve risk tahminleri ortaya konmuştur (RIVM Raporu, 2014). Gündüz zaman aralıklarındaki çevresel gürültünün bu rahatsızlıkların oluşmasındaki etkisi bilinmese de gece zaman diliminde 50-55 dBA seviye aralıklarında gerçekleşme riskinin var olduğu ortaya konmuştur (EEA, 2014). Tablo 2.1’de yer alan çeşitli araştırmalar sonucunda ortaya çıkan analizler sayesinde Avrupa ülkelerindeki karayolu, demiryolu, havalimanı ve endüstri kaynaklı gürültünün kent sakinleri üzerindeki sağlık etkisi belirlenmektedir.

**Tablo 2.1: Gürültünün sağlık etkisi üzerine yapılan çalışmalar**

<b>Gürültünün sağlık üzerindeki etkisi</b>	<b>Etkilenen nüfus</b>	<b>Referans çalışma</b>
<b>Rahatsızlık</b>	Yetişkinler	Karayolu trafiği ve Demiryolları: Miedema ve Oudshoorn, 2001
<b>Uyku bozukluğu</b>	Yetişkinler	Karayolu trafiği, demiryolu ve endüstri: Miedema ve Vos, 2007
<b>Hipertansiyon</b>	Toplam Nüfus	Karayolu trafiği, demiryolu ve endüstri: Van Kempen and Babisch, 2012
<b>Koroner kalp hastalıkları</b>	Toplam Nüfus	Tüm gürültü kaynaklarında: Vinneau vd., 2013
<b>İnme</b>	Toplam Nüfus	Tüm gürültü kaynaklarında: Huss vd., 2010; Sørensen vd., 2011; Hansell vd., 2013; Correia vd., 2013, Floud vd., 2013; de Kluizenaar vd., 2013)

Gürültüye maruz kalan insanların sıklıkla ifade ettiği rahatsızlık, kişinin günlük faaliyetini etkileyen, hoşnutsuzluk ve öfke gibi çeşitli olumsuz duyguları kapsayan bir terimdir. Gürültüden kaynaklı rahatsızlığın bireyler üzerindeki negatif etkilerini

matematiksel olarak ifade etmek için yapılan çalışmalar neticesinde; gürültüye maruz kalma ve verilen tepki arasında (maruz kalma-tepki) bir genelleme ortaya konmuştur. Bu sayede farklı gürültü kaynaklarına ilişkin spesifik rahatsızlık başlangıç değerleri elde edilmiştir. 2001 yılında Miedema ve Oudshoorn' un yaptığı çalışma sayesinde farklı gürültü kaynaklarından ortaya çıkan sesin yarattığı rahatsızlık ile ilgili bir rapor yayınlanmıştır. 2002 yılında Avrupa Komisyonu Doz/Etki Çalışma Grubu  $L_{gag}$  zaman dilimi için bu genelleştirilmiş ilişkileri kabul ederek, ulaşımdan kaynaklı gürültü rahatsızlığı tahmini için Miedema ve Oudshoorn'un maruz kalma-tepki ilişkisini (Miedema ve Oudshoorn, 2001) tavsiye etmektedir. Bu ilişkiye göre  $L_{gag}$  zaman diliminde oldukça rahatsız edici (%HA), rahatsız edici (%A) ve az rahatsız edici (%LA) yüzdeleri yer almaktadır.  $L_{gag}$  zaman diliminde gürültünün oldukça rahatsız edici (%HA) etkisi 42 dBA' dan sonra başlamaktadır. Karayolu ve demiryolu gürültü kaynaklarından oluşan %A' nın hesaplanması için kullanılan denklemler 2.1' de yer almaktadır.

**Karayolu;**

$$\%A = 1.795 * 10^{-4} (L_{gag} - 37)^3 + 2.110 * 10^{-2} (L_{gag} - 37)^2 + 0.5353 (L_{gag} - 37)$$

**Demiryolu;**

**(2.1)**

$$\%A = 4.538 * 10^{-4} (L_{gag} - 37)^3 + 9.482 * 10^{-3} (L_{gag} - 37)^2 + 0.2129 (L_{gag} - 37)$$

Karayolu ve demiryolu gürültü kaynaklarından oluşan %HA' nın hesaplanması için kullanılan denklemler 2.2' de yer almaktadır.

**Karayolu;**

$$\%HA = 9.868 * 10^{-4} (L_{gag} - 42)^3 - 1.436 * 10^{-2} (L_{gag} - 42)^2 + 0.5118 (L_{gag} - 42)$$

**Demiryolu;**

**(2.2)**

$$\%HA = 7.239 * 10^{-4} (L_{gag} - 42)^3 - 7.851 * 10^{-3} (L_{gag} - 42)^2 + 0.1695 (L_{gag} - 42)$$

Uyku bozukluğu ile gürültü arasındaki ilişkiye bakıldığında, kişilerin uyku esnasındaki hareketliliği ve uyanışları kısa vadede birbiri arasındaki olumsuz etkiyi gösteren kanıtlar



olsa da bu iki kavramın arasındaki matematiksel ilişkiyi ifade etmede eksik kalmaktadır. Uzun vadede ortaya çıkan etkiler konusunda Avrupa Komisyonu Sağlık ve Sosyo ekonomik Yönler Çalışma Grubu 2004 yılında bir  $L_{gece}$  zaman diliminde havayolu kaynağından kaynaklı uyku bozukluğu için maruz kalma-tepki ilişkisi üzerine bir rapor yayınlamıştır. Bu raporda yüksek uyku bozukluğu ile  $L_{gece}$  gürültü seviyesindeki ilişki ve 50 dBA başlangıç seviyesi belirlenmiştir. Karayolu ve demiryolu kaynakları içinse Miedema ve Vos, 2007 yılında maruz kalma-tepki ilişki hesaplamalarını yayınlayarak,  $L_{gece}$  zaman diliminde gürültüden kaynaklı uyku bozukluğunu, yüksek uyku bozukluğu (%HSD), uyku bozukluğu (%SD) ve az uyku bozukluğu (%LSD) seviyeleri ile tanımlanmıştır (Miedema vd., 2007).

2012 yılında Van Kempen ve Babisch trafik gürültüsü ile hipertansiyon arasında niceliksel maruz kalma-tepki ilişkisi türetmek için bir meta-analiz gerçekleştirdiler. 1970-2010 yılları arasında yapılan 24 çalışma sonuçlarına göre, 16 saatlik günlük eşdeğer trafik gürültü seviyesindeki 10 dB artışın hipertansiyon riskinde 1.07' lik yükselmeye sebep olduğu ortaya çıkartılmıştır. Ortaya çıkan analizindeki maruz kalma aralığı  $L_{gag}$  zaman diliminde 50 ile 70 dBA olduğundan hipertansiyon riskinin 50 dB' den başlayacağı kabul edilmiştir (Van Kempen ve Babisch, 2012).

Koroner kalp hastalıkları ve inme konusunda yayınlanan çalışmalara bakıldığında Vienneau ve arkadaşları 2013 yılında yaptıkları çalışmalarda karayolu ve havayolu gürültüsünün her 10 dB' lik artışının koroner kalp hastalığı riskini 1.08 arttırdığını ifade etmişlerdir (Vienneau vd. 2013). 2010 yılı ve sonrasında gürültüye maruz kalma ve inme arasındaki ilişkiyi araştıran bir dizi çalışma yayınlanmıştır. Yayınlanan 6 çalışma neticesinde inme ve gürültü arasında geçici bir meta-analiz ortaya konarak,  $L_{gag}$  zaman diliminde her 10 dBA' lık artışta inme vuku bulma sayısı ve ölüm kombinasyonu riskinin 1.04 arttığı hesaplanmıştır (Huss vd, 2010; Sørensen vd., 2011; Hansell vd., 2013; Correia vd., 2013, Floud vd., 2013; de Kluizenaar vd., 2013). Tüm gürültü kaynakları için  $L_{gag}$  gürültü zaman diliminde risk başlangıç seviyesi 50 dB olarak belirlenmiştir. Tablo 2.2' de yapılan araştırmalar sonucunda gürültünün sağlık üzerindeki etkisinin başlangıç seviyeleri görülmektedir.

**Tablo 2.2: Yapılan çalışmalarda ortaya çıkan gürültünün sağlık üzerindeki etkilerinin başlangıç ses seviyeleri**

Sağlık etkisi	Zaman dilimi	Başlangıç seviyesi (dBA)	Kaynak	Referans çalışma
<b>Rahatsızlık</b>	$L_{gag}$	42	Karayolu, Demiryolu	Miedema ve Oudshoorn, 2001
<b>Uyku bozukluğu</b>	$L_{gece}$	50	Karayolu, Demiryolu	Miedema ve Vos, 2007
<b>Hipertansiyon</b>	$L_{gag}$	50	Karayolu, Demiryolu	Van Kempen ve Babisch, 2012
<b>Koroner kalp hastalıkları</b>	$L_{gag}$	50	Tüm kaynaklar	Vinneau vd., 2013
<b>İnme</b>	$L_{gag}$	50	Tüm kaynaklar	Huss vd., 2010; Sørensen vd., 2011; Hansell vd., 2013; Correia vd., 2013, Floud vd., 2013)

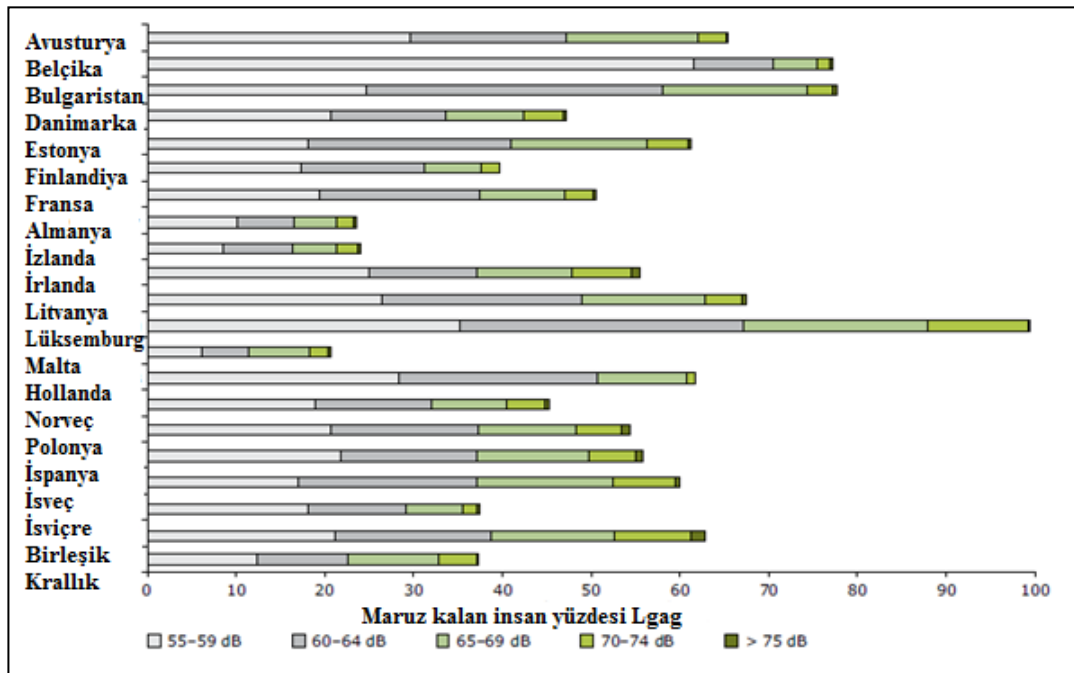
Çevresel gürültü rahatsızlığı ekonomik yoğunluğun ve trafik yoğunluğunun artmasıyla Avrupalı sakinler için endişe verici olmaktadır. Bu sebeple 2002/49/EC sayılı Çevresel Gürültü Direktifi'ne göre 100,000 kişi ve üzeri nüfusa sahip Avrupa şehirlerinde ulaşımdan ve endüstriden kaynaklı stratejik gürültü haritaları hazırlanması gerekmektedir. Bu gereklilik doğrultusunda ortaya çıkan haritalar mevcuttaki gürültü rahatsızlığını  $L_{gündüz}$ ,  $L_{akşam}$ ,  $L_{gece}$  ve  $L_{gag}$  cinsinden ifade etmektedir. Avrupa ülkelerinde hazırlanan gürültü haritalarının sonuç raporlamalarda 2011 yılında kentsel alanlarda ve karayolu, demiryolu, hava limanı ya da endüstri gibi gürültü kaynaklarına yakın şekilde yaşayan 19.8 milyon yetişkinin  $L_{gag}$  zaman diliminde 55 dBA gürültüden “rahatsız olduğu”, 9.1 milyon kişinin ise “oldukça rahatsız olduğu” belirlenmiştir. Karayolu trafiği, Avrupa’ da en yaygın gürültü kaynağıdır (EEA, 2014). Tablo 2.2’ de Avrupa’ da  $L_{gag}$  55 dB ve  $L_{gece}$  50 dB üzerinde gürültüye maruz kalan insan sayıları görülmektedir.

**Tablo 3.3: Avrupa' da gürültüye maruz kalan insan sayısı**

Gürültü Kaynağı	Yaşayan Sayısı (milyon)	
	$\geq 55$ dB $L_{gag}$	$\geq 50$ dB $L_{gece}$
Karayolu gürültüsü (aglomerasyon içi)	42	29,6
Karayolu gürültüsü (aglomerasyon dışı)	28,1	17,7
Demiryolu gürültüsü (aglomerasyon içi)	3,9	2,9
Demiryolu gürültüsü (aglomerasyon dışı)	3,5	2

Tablo 2.3' de yer alan Avrupa Birliği üye devletlerinin Avrupa Çevre Ajansı' na gönderdiği verilere bakıldığında 42 milyon kişinin kentsel alanlarda  $L_{gag}$  zaman diliminde 55 dBA üzeri gürültüye maruz kaldığı ortaya çıkmaktadır. Ülkeler düzeyinde bu ver incelendiğinde, Avusturya, Estonya, İrlanda, Litvanya, Hollanda, Polonya, Romanya, İspanya ve İsviçre' de 100.000 ve üzeri nüfuslu kentsel alanlar belirlenerek,  $L_{gag}$  zaman diliminde 55 dBA üzerindeki karayolu gürültüsünün etki gösterdiği nüfus yüzdeleri belirlenmiştir. Şekil 2.1' de AB üye devletlerdeki 294 kentsel alanda karayolu gürültüsünün etkilediği nüfus yüzdeleri yer almaktadır.

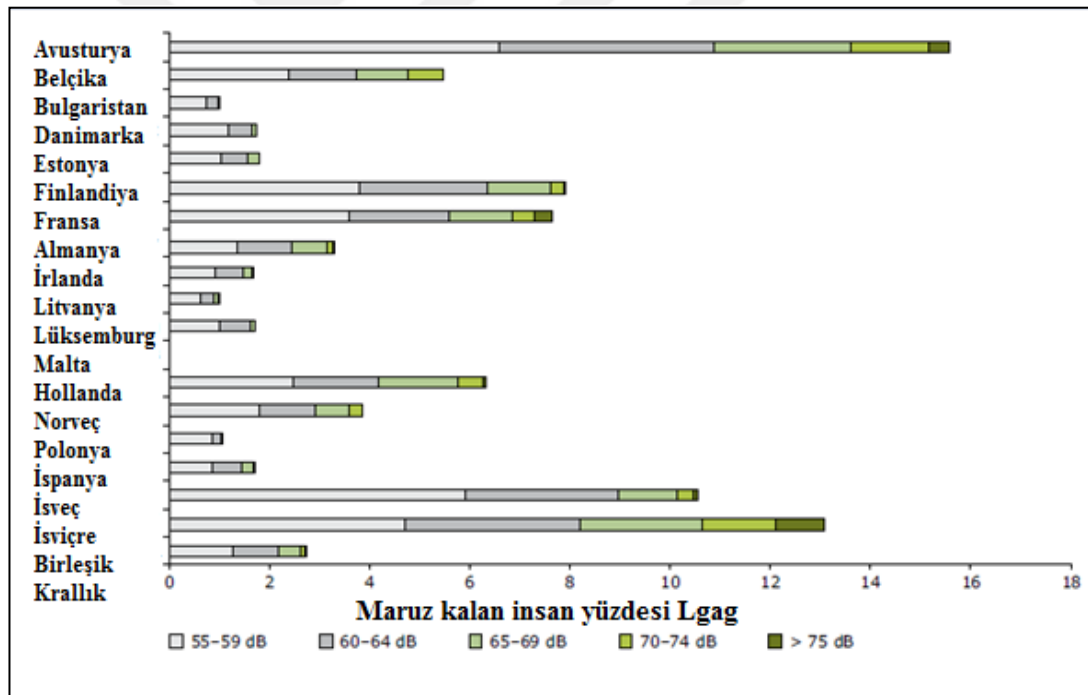
**Şekil 2.1: Avrupa' da karayolu gürültüsünden etkilenen nüfus yüzdesi - ( $L_{gag}$ )**



Kaynak: Avrupa Çevre Ajansı

Demiryolu kaynaklı gürültü rahatsızlığı Avrupa’ da ikinci baskın çevresel gürültü kaynağıdır. 2012 yılı raporlarına göre  $L_{gag}$  zaman diliminde yaklaşık 7 milyon kişinin 55 dBA ve üzeri seviyelerde demiryolu gürültüsüne maruz kaldığı ortaya çıkmıştır. Mevcutta rapor edilen verileri tamamlayıcı nitelikte olan tahminlere bakıldığında ise, bu sayı ikiye katlanarak 14 milyon kent sakininin demiryolu gürültüsünden etkilenmekte olduğu öngörülmektedir. 14 milyon kişinin 4 milyondan fazlası şehirleşmiş alan içinde ve ana demiryolu ulaşımından kaynaklı gürültüden etkilenmektedir. Karayoluna oranla demiryolu kaynaklı gürültüden etkilenen insan sayısının az olmasının sebebi, demiryolu ağının uzunluğu ve genelde kentsel alanların dışında olmasından kaynaklanmaktadır (EEA, 2014).

**Şekil 2.2: Avrupa'da demiryolu gürültüsünden etkilenen insan yüzdesi - ( $L_{gag}$ )**



Kaynak: Avrupa Çevre Ajansı

Şekil 2.2’ de AB üye ülkelerinde yer alan 270 yerleşim alanında  $L_{gag}$  zaman diliminde demiryolundan kaynaklı gürültüye maruz kalan nüfus yüzdeleri yer almaktadır.  $L_{gag}$  zaman diliminde rahatsızlık başlangıç seviyesinin 55 dBA belirlendiği göz önüne

alındığında özellikle Avusturya, İsviçre ve İsveç' de gürültü rahatsızlığı yaşayan nüfus yerleşim alan nüfusunun yüzde 10'undan fazla olmaktadır (EEA, 2014).

Yetişkin 4500 katılımcıya uygulanan anket çalışması ile demiryolu, karayolu ve havayolu kaynaklı gürültü rahatsızlığı araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde Montreal nüfusunun yüzde 20.1' i karayolu gürültüsünden, yüzde 13' ü havayolu gürültüsünden ve yüzde 6.1' i de demiryolu kaynaklı gürültüden rahatsız olmaktadır (%A). Bunun yanında karayolu kaynaklı gürültünün %HA değerinin yüzde 8.8, havayolu gürültüsünün yüzde 5.7 olduğu ve nüfusun yüzde 18.1' inin gürültüye duyarlı olduğu ortaya çıkmıştır. Gürültü kaynakları ile yakınlık arasında güçlü bir ilişki bulunduğu ortaya konan çalışma sayesinde karayolu kaynaklı %HA' nın 50m' de yüzde 22, 51-100m arasında ise yüzde 10 olduğu belirlenmiştir. Demiryolu kaynaklı gürültüde de kaynak ile alıcı arasındaki mesafe arttıkça trenlerin sebep olduğu gürültüye bağlı olarak %HA ve %A azalmaktadır (Ragettli vd., 2015).

2004 yılında, İsveç'in Gothenburg kentinde karayolu gürültüsü ve demiryolu gürültüsüne maruz kalmış yerleşim yerlerinde yaşayan 1953 kişiye büyük bir sosyo-akustik anket yapılmıştır. Bu araştırmanın amacı, gürültüye maruz kalmaların kısa süreli ve uzun süreli sağlık etkilerinin yaygınlığını değerlendirmek, bir yöntem geliştirmektir. Çalışma neticesinde 55 dBA' lık demiryolu gürültüsünden, nüfusun yüzde 10' unun aşırı derecede rahatsız olduğu, yüzde 13' ünün çok rahatsız olduğu, yüzde 20' sinin orta derecede rahatsız olduğu, yüze 34' ünün biraz rahatsız olduğu ve yüzde 23' ünün hiç rahatsız olmadığı ortaya konmuştur. 55 dBA 'lık karayolu gürültüsü için, nüfusun yüzde 6' sının çok sinirlendiği, yüzde 11' inin çok rahatsız olduğu, yüzde 19' unun orta derecede rahatsız olduğu, yüzde 45' inin biraz sinirlendiğini ve yüzde 19' unun hiç de rahatsız olmadığı belirlenmiştir (Öhrström vd., 2007).

Pekin' de trafik gürültü seviyesinin ve gürültü rahatsızlığının belirlenmesi, gürültünün konutların yaşam kalitesine etkisini değerlendirme amacıyla Çin' deki 4. Çevre Yolu yakınlarındaki 12 katlı bir üniversite yurdunda kesitsel bir araştırma yapılmıştır. Binanın kuzey tarafındaki odalar karayolu gürültüsünden doğrudan etkilendiklerinden araştırmacılar bina cephesindeki ve içindeki gürültüyü ölçmüşlerdir. 5 maddelik bir

sözlü ölçek ve 0-10 dereceli sayısal ölçek kullanarak, yurttta yaşayan 1.293 öğrencinin trafik gürültüsü rahatsızlığıyla ilgili anket uygulanmıştır. Sonuçlar, gürültülü odalarda ortalama gece gündüz gürültü seviyesinin 79.2 dB (A), sessiz odalarda ise 64.0 dB (A) olduğunu ortaya koymuştur. Katılımcıların gürültülü odalarda yaşayan katılımcıların yaklaşık yüzde 39' unun sözlü ölçekteki yanıtlara göre trafik gürültüsünden oldukça rahatsız olduğu ve gürültülü odalarda yaşayan katılımcıların yüzde 50' sinin sayısal ölçeğe göre oldukça rahatsız olduğu ortaya çıkartılmıştır (Li vd., 2007).

Brazilya Curitiba'da 860 kişiye uygulanan Gürültü Rahatsızlığı Anketi sonuçlarına bakıldığında katılımcıların yüzde 73'ü karayolu kaynaklı gürültü şikayetinde bulunmuşlardır. Ayrıca gürültünün etkileri konusunda katılımcıların yüzde 58'i sinirlilik, yüzde 42'si konsantre olmada güçlük çekme, yüzde 20'si uykusuzluk ve yüzde 20'si ise baş ağrısı çektiklerini ifade etmişlerdir (Paulo H.T. Zannin vd., 2002).

Çin'in Dalian şehrine yapılan bir çalışmada gürültüden “çok rahatsız” kişi yüzdesi ile  $L_{gag}$  sonuçları arasındaki ilişki elde edilmiştir. Karayolu kaynaklı gürültü, demiryolu kaynaklı gürültü ve birleştirilmiş gürültünün ayrı ayrı  $L_{gag}$ 'e katkısı araştırılmıştır. Tek baskın gürültü kaynağı ve birleştirilmiş gürültüye ait %HA değerleri arasındaki farklılıklar karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre  $L_{gag} > 63.5$  dB olduğunda, %HA fark edilir şekilde yüksektir (Guoqing Di vd., 2011).

Ülkemizde 2002/49 EC (END, 2002) sayılı direktif paralelinde ülkemizde de, 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun ilgili hükümleri gereğince 04/06/2010 tarih ve 27601 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY) yürürlüğe konmuştur. (ÇGDYY, 2010). Bu Yönetmeliğin amacı; çevresel gürültüye maruz kalınması sonucu kişilerin huzur ve sükûnunun, beden ve ruh sağlığının bozulmaması için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamak ve kademeli olarak uygulamaya konulmak üzere; değerlendirme yöntemleri kullanılarak çevresel gürültüye maruz kalma seviyelerinin, hazırlanacak gürültü haritaları, akustik rapor ve çevresel gürültü seviyesi değerlendirme raporu ile belirlenmesi, çevresel gürültü ve etkileri hakkında kamuoyunun bilgilendirilmesi, gürültü haritaları, akustik rapor ve çevresel gürültü seviyesi değerlendirme raporu sonuçları esas alınarak; özellikle

çevresel gürültüye maruz kalma seviyelerinin insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere sebep olabileceği ve çevresel gürültü kalitesini korumanın gerekli olduğu yerlerde, gürültüyü önleme ve azaltmaya yönelik eylem planlarının hazırlanması ve bu planların uygulanması ile ilgili usul ve esasları belirlemektir. Yerleşim alanları içerisinde yer alan işletme, tesis, atölye, imalathane, eğlence yeri ve benzeri alanların gürültü haritalarında TS ISO 9613-2 standardının, karayolu trafiği gürültüsü için Fransız ulusal hesaplama yöntemi olan “NMPB–Routes–96”nin ve demiryolu gürültüsü için Hollanda ulusal hesaplama yöntemi “Reken–Meervoorscrift Railverkeer slawaai-96” hesaplama yönteminin kullanılması öngörülmektedir (ÇGDYY, 2010)

AB ülkelerinde çevresel gürültüye yönelik olarak gürültü kirliliğini azaltmak için stratejik gürültü haritalarının hazırlanması ve gürültü eylem planlarının ayrıntılı şekilde değerlendirilmesi amacıyla ortak bir yöntem çerçevesi (CNOSSOS-EU) geliştirilmiştir. CNOSSOS-EU’ya göre ana gürültü kaynaklarını (karayolu, demiryolu, uçak ve endüstri) değerlendirmek için oluşturulmuş ortak bir yaklaşımdır (Kephalopoulos vd. 2014). Gürültünün haritalanması çevresel gürültünün ortaya konulması adına en iyi yöntemlerden biridir (Hamameci v.d., 2013). Gürültü haritaları, sınırlı alanlarda akustik ölçümlere dayalı elde edilen sonuçlarla hazırlanabilir. Bunun yanında da sesin ortamda yayılması sırasında yansıtıcı yüzeyler, engeller, saçıcı köşeler, yutucu zemin gibi çeşitli fiziksel elemanların ve atmosferik koşulların etkileri dikkate alınarak hesaplama yöntemi ile de hazırlanabilir (Kurra, 2009). Modern gürültü haritalama metotları çoğunlukla bilgisayar ortamında gürültünün modellenmesi ile oluşturulmaktadır (Ozkurt v.d., 2015). Şehirlerde gürültünün modellenmesi gürültüden etkilenenler hakkında tahminlerde bulunabilmeyi sağlar (Sarı v.d., 2014). Günümüzde gürültü haritaları, çoğunlukla üç boyutlu dijital yükselteleri, trafik akışı ve kompozisyonu ile meteorolojik koşullar gibi bilinen veya tahmin edilen parametrelerin hesaplanmasıyla ortaya çıkartılırlar (Sarı v.d., 2013).

Gürültü haritaları konusunda çok sayıda çalışmanın yapıldığı ülkeler arasında, Almanya, Fransa, Hollanda, İngiltere ve İsveç yer almaktadır. Örneğin Almanya’da, yalnızca karayolu trafik gürültüsünün değerlendirilmeye alındığı ölçmeye dayalı gürültü haritalarının hazırlanmasına 1960’lı yıllarda başlandığı bilinmektedir. 1970’li yıllarda

ise, gürültü düzeyini tahmin model ve yöntemleri geliştirilmeye başlanmış, özellikle 1990 yılından sonra, bilgisayar programları yardımı ile haritaların çok daha hızlı, hassas ve ayrıntılı oluşturulması olanaklı duruma gelmiştir. 1980 yılına kadar Almanya’da yer alan 40 şehir ve kasabanın gürültü haritası oluşturulurken bu sayı, 1992’ye kadar 350’ye yükselmiştir (Irmer, 2000).

Karayolu trafik gürültüsü kaynaklarının değerlendirilmesi için kullanılacak yöntem, Çevresel Gürültü Direktifi 2002/49/EC (END) ve Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY) 2010 kapsamında tanımlanmıştır. Tanımlanan bu yönteme göre:

- i. Karayolları: Önerilen Geçici Yöntem
- ii. Fransız ulusal hesaplama yönteminin adapte edilmiş versiyonu aşağıdaki kaynaklarda açıklandığı gibi uygulanacaktır:
  - a. ‘NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)’, refere edilmiş ‘Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 mai 1995, Article 6’;
  - b. ‘XPS 31-133’ Fransız standardı
  - c. Avrupa Birliği Resmi Gazetesi (OJEU) 6 Ağustos 2003, Komisyon Tavsiye Kararları 2003/613/EC
  - d. Hesaplamalarda kullanılan kaynak gürültü seviyeleri “Avrupa Komisyonu Çalışma Grubu Gürültü Maruziyeti Değerlendirmesi (WG-AEN) İyi Uygulamalar Kılavuzu - Çözüm Önerileri” ile uyumlu bir yöntem ile elde edilmelidir denmektedir (İSGHR, 2015).

Demir yolu gürültüsü kaynaklarının değerlendirilmesi için kullanılacak yöntem, Çevresel Gürültü Direktifi 2002/49/EC (END) ve Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY) 2010 kapsamında tanımlanmıştır. Tanımlanan bu yönteme göre:

Demiryolları: Önerilen Geçici Yöntem

- i. Hollanda ulusal hesaplama yönteminin adapte edilmiş versiyonu aşağıdaki kaynaklarda açıklandığı gibi uygulanacaktır:



- a. 'Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 Kasım 1996'
- b. 'Avrupa Birliği Resmi Gazetesi (OJEU) 6 Ağustos 2003, Komisyon Tavsiye Kararları 2003/613/EC
- c. Hesaplamalarda kullanılan kaynak gürültü seviyeleri "Avrupa Komisyonu alışma Grubu Gürültü Maruziyeti Değerlendirmesi (WG-AEN) İyi Uygulamalar Kılavuzu - özüm Önerileri" ile uyumlu bir yöntem ile elde edilmelidir denmektedir (İSGHR,2015).



### 3.VERİ VE YÖNTEM

Bu bölümde, İzmir çalışma alanına ait bilgiler, tez çalışmasının veri kaynağı niteliğinde olan İzmir gürültü haritalama çalışması aşamaları ve çalışma kapsamında ihtiyaç duyulan veri setleri açıklanmıştır. Ulaşım kaynaklı gürültü rahatsızlığının alıcılar üzerindeki sağlık etkisini belirlemek amacıyla uygulanan anket çalışmasının yöntemi ve anket sonuçlarında katılımcıların yoğunlukla talepte bulunduğu gürültü perde modelinin pilot iki bölgede uygulanmasına dair yapılan çalışmalar ortaya konmaktadır.

#### 3.1 ÇALIŞMA ALANI

İzmir, 2016 TÜİK verilerine göre 4.223.545 nüfus ile Türkiye'nin en kalabalık üçüncü şehridir (TÜİK, 2016). Gürültü açısından İzmir'e bakıldığında, şehrin siyasi sınırlarından ziyade, yalnızca şehirleşmiş alanının (aglomerasyon) bulunduğu bölge ve bu alan içinde yaşayan insan sayısı dikkate alınmalıdır. Çünkü gürültü çalışılırken, ulaşım kaynakları ve kaynaklar etrafında yaşayan alıcıları kapsayan bir modelleme alanı ihtiyacı karşılamaktadır. Aglomerasyon alanı ifadesinin 100.000'i aşkın nüfusa sahip olan ve nüfus yoğunluğu açısından ülkenin şehirleşmiş bölge olarak tanımlayacağı arazi bölümü anlamına geldiği (END, 2002) daha önceki bölümlerde ifade edilmiştir. Şekil 3.1' de İzmir aglomerasyon alanı sınırı yer almaktadır.

**Şekil 3.1: İzmir aglomerasyon sınırı**



İzmir aglomerasyonuna ait yüz ölçümü, içinde yaşayan insan sayısı, konut, hassas bina sayısı gibi bilgiler Tablo 3.1’ de paylaşılmıştır. 257 km<sup>2</sup>’ lik aglomerasyon alanı içinde 3,112,204 kişi, 509,727 bina yer almaktadır. Bu binalardan 374,395’ i gürültüye hassas bina özelliği gösterirken, aglomerasyon içindeki toplam mesken sayısı 1,199,088’ dir. Ayrıca toplam 3,192 adet gürültüye hassas kamu binası yer almaktadır.

**Tablo 3.1: İzmir aglomerasyonuna ait istatistik bilgiler**

Aglomerasyon alanı	257 km <sup>2</sup>
Toplam nüfus	3,112,204
Toplam bina sayısı	509,727
Toplam gürültüye hassas bina sayısı	374,395
Toplam mesken sayısı	1,199,088
Toplam eğitim binası sayısı	2,854
Toplam hastane sayısı	338

257 km<sup>2</sup>’ lik aglomerasyon içerisinde ulaşım gürültüsüne sebep olan karayolu ve demiryolu kaynakları bulunmaktadır. Tablo 3.2’ gürültü haritası oluşturulan karayolu ve demiryolu ağının uzunluk bilgileri yer almaktadır. 1,229 km karayolu ve 176 km

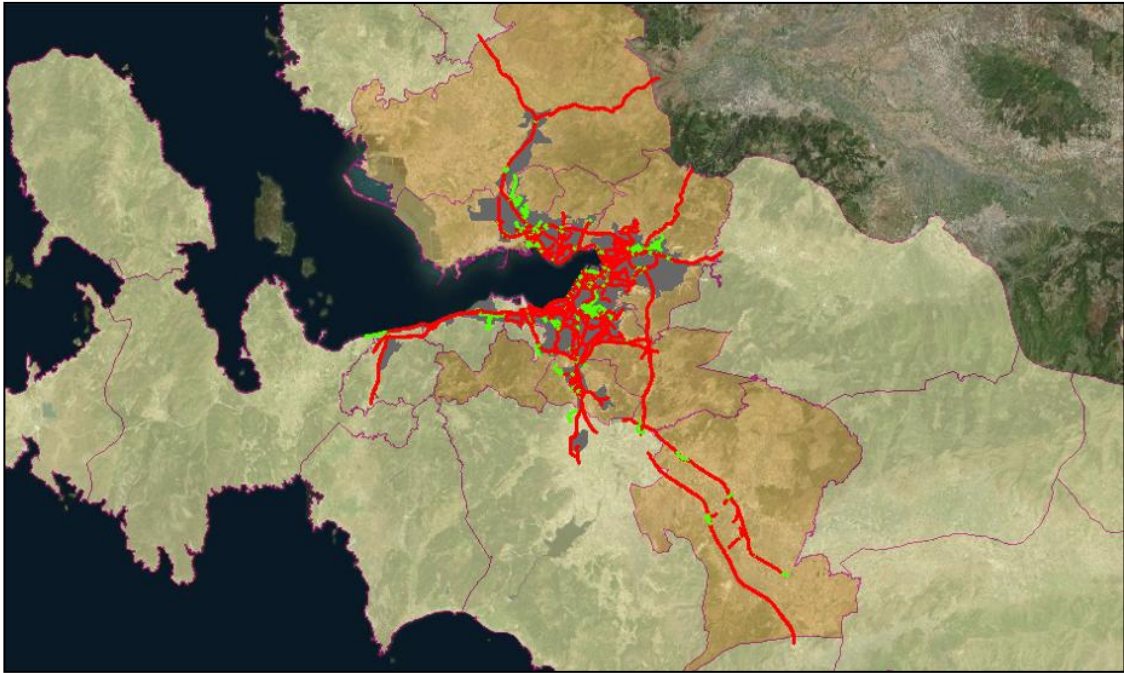
demiryolu ağına ait gürültü haritaları hesaplanmıştır. Hesaplanan İzmir Stratejik Gürültü Haritaları Bkz: EK1 de yer almaktadır.

**Tablo 3.2: İzmir aglomerasyonu içindeki gürültü haritası oluşturulan ulaşım kaynaklarına ait uzunluklar**

Aglomerasyon içindeki gürültü kaynaklarının özellikleri	İstatistik
Karayolu kaynağının toplam uzunluğu	1,229 km
Ana karayolunun toplam uzunluğu	984 km
Toplam demiryolu hattı uzunluğu	176 km

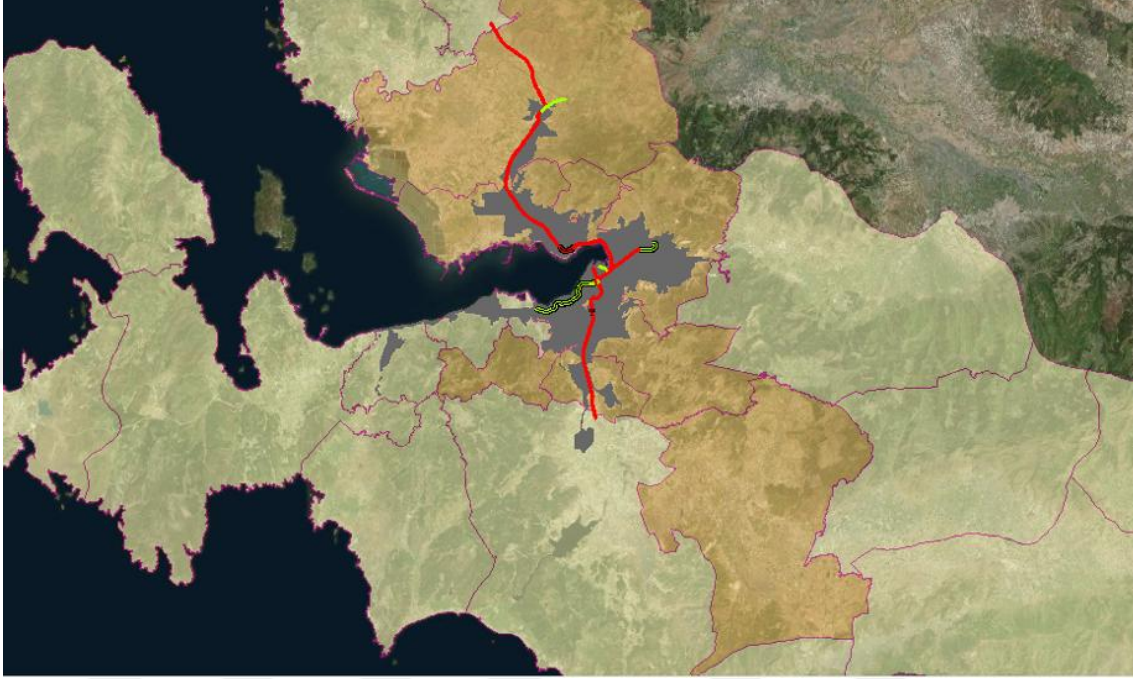
Tablo 3.2’ de bahsedilen ana karayolu kavramı yıllık 6.000.000 araç geçiş kapasitesine sahip yolları kapsamaktadır. Ana demiryolu kavramı ise yıllık 60.000 tren geçişine sahip hatları ifade etmektedir. Şekil 3.2’ de İzmir karayolları ağı CBS ortamında işaretlenmiştir.

**Şekil 3.2: Karayolu ağı (6 milyon araç/yıl trafik yükü)**



Aşağıda Şekil 3.3’ de ise İzmir ili demiryolları ağı CBS ortamında işaretlenmiştir. İzmir’de demiryolu ağı şehrin kuzey-güney ve doğu-batı aksında yer almaktadır.

**Şekil 3.3: Demiryolu ağı (60.000 tren/yıl)**



### **3.2 GÜRÜLTÜ HARİTASI KAVRAMI VE İZMİR GÜRÜLTÜ HARİTALAMA ÇALIŞMASI**

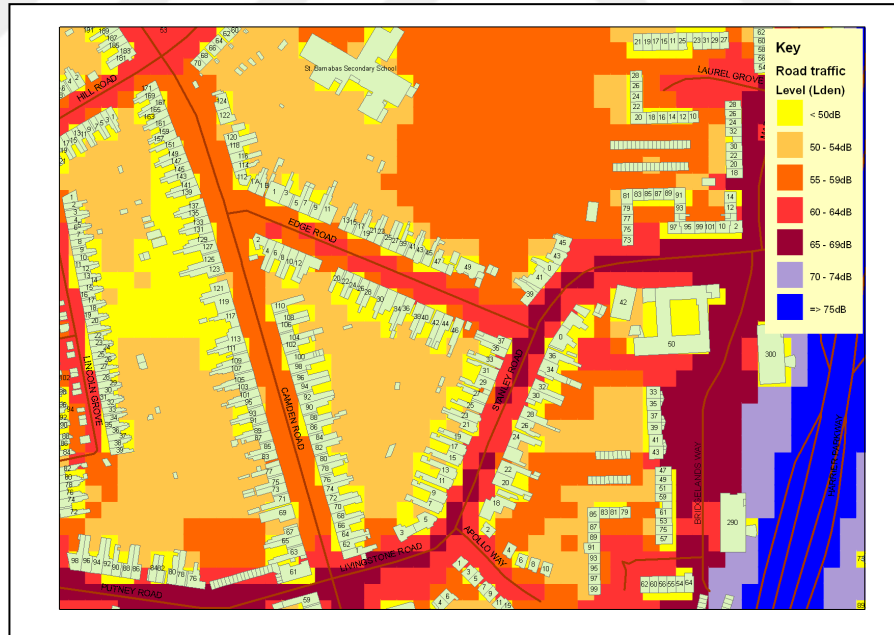
ÇGDYY’e göre gürültü haritalama; yürürlükte bulunan her türlü sınır değerini aşılıp aşılmadığını göstermek amacıyla, belirli bir alanda etkilenen kişi ve maruz kalan konut sayısı da dâhil olmak üzere, mevcut veya gelecekte ortaya çıkabilecek bir gürültü durumu hakkındaki verilerin; gürültü göstergesi kullanılarak söz konusu alanın fiziksel haritası üzerinde standartlara uygun olarak belirtilmesi şeklinde açıklanmıştır (ÇGDYY, 2010).

Gürültü haritalamasının temel amacı, bir bölgede yaşayan nüfusun gürültüden dolayı ne kadar rahatsız olduğunu belirlemek ve bu nüfusun maruz kaldığı çevresel gürültünün değerlendirilmesidir. Bunun için, çeşitli gürültü kaynaklarından (araba trafiği, raylı trafik, havaalanları, sanayi) doğan gürültü yükünü gösteren gürültü haritaları hazırlanır. Gürültü haritalanmasının hedefi, çevre gürültüsünden dolayı önemli ölçüde etkilenmiş

sahaları ayırt etmek ve buralarda uygun önlemler almaktır. Kent yönetiminde bölgenin gürültü konusundaki sorunlarını ortaya koyarken gürültüden etkilenen nüfus, okul, yurt, hastane sayıları belirlemek ve bu hassas alanlarla ilgili tedbirleri hayata geçirilmesini kolaylaştırırken önlemleri etkili kılar.

Gürültü haritalama mevcutta bulunan ulaşım kaynaklarından ortaya çıkan gürültü ve yeni yatırımların neden olacağı gürültü hesabı olanağı sağlar. Ulaşımdan kaynaklı gürültü haritaları sayesinde farklı kaynakların ortaya koyduğu etki hesaplanabildiği gibi, tüm kaynakların aynı anda ortaya koyduğu gürültü de hesaplanabilmektedir. Stratejik gürültü haritaları, karayolları, demiryolları, hava alanları ve endüstri faaliyetleri gibi çevresel gürültü kaynaklarını ele alarak belirli bir alandaki gürültüye maruz kalma seviyesini değerlendirmek üzere tasarlanır. Gürültü haritaları belirli bir alan içinde çevresel gürültü seviyelerinin değişimini gösterir. Şekil 3.4’ de örnek bir karayolu ızgara gürültü haritası gösterimi sunulmaktadır.

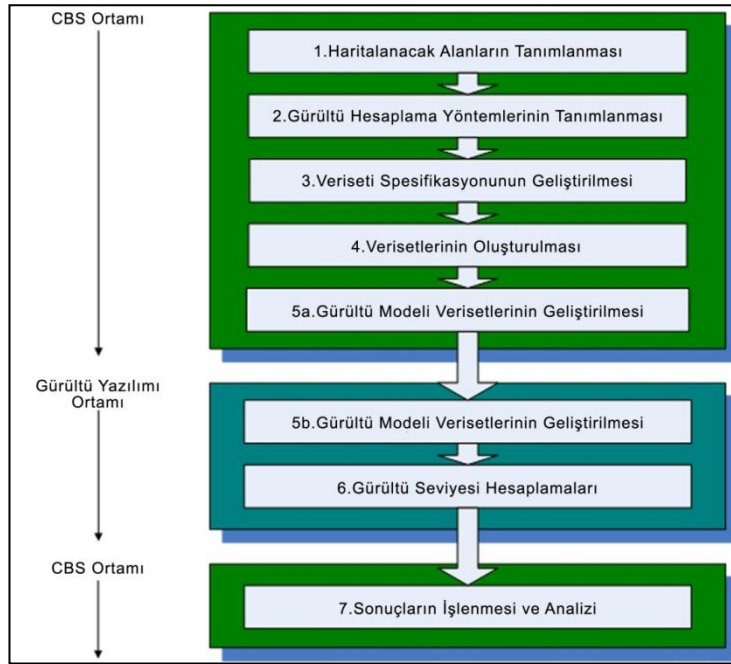
**Şekil 3.4: Örnek karayolu gürültü haritalaması sonucu**



Gürültü haritaları genellikle, belirli kaynaklardan yayılan sesin belirli noktalarda yarattığı gürültü seviyesini hesaplayan bilgisayar modelleme teknikleri ile hazırlanır. Modelleme yazılımı trafik akışı, kara yolu ve demir yolu türü, araç türü ve endüstriyel

faaliyetlerin özelliklerini kaynak verisi olarak kullanır. Bu kaynak verileri, değerlendirilecek alanın üç boyutlu (3D) bilgisayar modeline aktarılır. Bu üç boyutlu model, bariyerler, binalar, topoğrafya, hava koşulları ve muhtelif yüzeylerin yansıtma katsayısı ve yutuculuğu gibi sesin yayılımını doğrudan etkileyen özellikleri içermektedir. Hesaplamalar, bina cephelerinde konumlandırılan alıcı noktalarındaki veya 10 metrelik grid üzerinde yerden 4 metre yükseklikte tanımlanmış alıcı noktalarındaki gürültü seviyesini ortaya çıkarmaktadır.

**Şekil 3.5: Gürültü haritalama süreci**



Sürecin her bir aşaması önceki aşamalar tarafından tanımlanır. Örneğin ilgili gereksinim ve şartlar, veri setlerinin oluşturulmasından önce gelen veri seti spesifikasyonu aşamasında belirlenir. Daha sonra bu veri setleri, model veri setlerini geliştirmek üzere işlenir ve düzenlenir. Bu model veri setleri gürültü seviyelerinin değerlendirilmesi öncesi kontrol ve test edilir. Veri işleme CBS ortamında gerçekleştirilir ve sonrasında gürültü seviyelerinin değerlendirilmesi için CadnaA gürültü haritalama yazılımına aktarılır. Gürültü hesaplamalarının sonuçları daha sonra tekrar CBS ortamına aktarılır ve burada işlenerek, analiz ve haritalama gerçekleştirilir. Şekil 3.5’ de belirtilen beşinci

adım olan gürültü modeli veri setlerinin Geliştirilmesi, CBS ortamında başlar ve gürültü modelleme yazılımı ortamında son bulur.

### **3.2.1 İzmir Stratejik Gürültü Haritasının Hazırlanması**

İzmir Stratejik Gürültü Haritasının hesaplanabilmesi için ilk önce girdi verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanılan girdi verileri alansal veriler ve kaynak veriler olarak ikiye ayrılmış ve konularına göre aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

#### **ALAN VERİLERİ:**

- i. Gürültü Kaynaklarının (Karayolu, Demiryolu, Havalimanı, ve Endüstri Tesisleri) bulunduğu bölgeye ilişkin topografik veriler, sayısal arazi modeli (Tercihen ArcGIS veya ArcView için TIFF formatında hava fotoğrafları),
- ii. Arazi Kullanım Durumu,
- iii. Binaların konumları, yükseklikleri, kat sayıları, bina kullanım amaçları, yaşayan sakin sayısı,
- iv. Binaların yansıtma değeri,
- v. Hakim Rüzgar yönü ve hızı (yıllık).

#### **KAYNAK VERİLERİ:**

##### **Karayolu Taşıtları için kaynak verileri;**

- i. Hattın adı, uzunluğu,
- ii. Hattın türü (otoban, devlet yolu vs),
- iii. Yol refüj genişliği,
- iv. Şerit sayısı,
- v. Yol eğim durumu,
- vi. Yolun araziye göre kotu,
- vii. Yol yüzeyi kaplama malzemesinin cinsi,
- viii. Köprü, viyadük, tünel vs. hakkında bilgiler(koordinatları ile bilgiler ),
- ix. Kavşaklar ve sinyalizasyon sistemlerinin konumu.
- x. Yol Kullanım Durumu /Yükü;



- xi. Tahmini hafif taşıt (motosiklet, otomobil, ve 4 tekerlekli minibüs) sayısı( Gündüz/Akşam/Gece olarak),
- xii. Tahmini ağır taşıt (Kamyonet, Kamyon, Otobüs. Tır vs) sayısı( Gündüz/Akşam/Gece olarak),
- xiii. Hız Limiti,
- xiv. Ulaşımın akış türü, tipi (Sürekli akıcı, fasıllı sürekli akıcı, fasıllı hızlanmalı akıcı, fasıllı yavaşlamalı akıcı).

**Demiryolu için kaynak veriler;**

- i. Tren Sayısı, Tren tipi (yolcu, yük, lokomotif) ve frenleme( disk frenler, blok frenler),
- ii. Trenlerin uzunlukları,
- iii. Tren hatlarının sayısı,
- iv. Tren hatlarının tipi (bakım),
- v. Hız,
- vi. Köprüler,
- vii. Viraj açıları,
- viii. Tüneller,
- ix. İstasyonlar,
- x. Makaslar.

Modellenecek aglomerasyon alanına ait tüm veri setleri hazırlanarak CadnaA gürültü yazılımına uygun olacak formatlara uyumlu hale getirilmiştir. Haritalamada kullanılan 509,727 bina kullanım çeşitlerine göre sınıflandırılmıştır. Tablo 3.3' de haritalanan binaların kullanım tipi bilgisi yer almaktadır.

**Tablo 3.3: Bina kullanım tipi**

Açıklama	C_BEZ
Konut	Building_25D_residential
Yatakhaneler	Building_25D_dormitories
Okullar ve diğer eğitim kurumları	Building_25D_school
Yataklı tedavi hizmeti sunan hastaneler	Building_25D_hospital
İdari ve ticari yapılar	Building_25D_admin_commercial
Spor tesisleri	Building_25D_sports
Garajlar	Building_25D_garages
Eğlence yerleri	Building_25D_entertainment
Endüstri tesisleri	Building_25D_industrial
Dini tesisler	Building_25D_religious
Küçük yapılar (10m <sup>2</sup> 'den küçük tüm yapılar)	Building_25D_small

Bina sakin sayısı ve bina hane halkı sayıları gürültü modellemesinde maruz kalan insan değerlendirmesi yapılması aşamasında çok önemli olduğundan, bina sakin sayısı (her bir bina için ikamet eden kişi sayısı) binalardaki hane sayısı (bina poligon verisi ile temin edilmiştir) ve TÜİK 2013 Adrese Gündüzalı Nüfus Kayıt Sisteminde bulunan mahalle nüfusları verisi kullanılarak hesaplanmıştır. TÜİK verisinden mahalle bazında hazırlanmış hane halkı (hane başına düşen kişi sayısı) verisi, bina verisindeki hane sayısı ile çarpılmıştır.

### ***Demiryolu;***

İzmir'de sorumlu idarelere göre sınıflandırılan üç tip demiryolu bulunmaktadır:

- i. **Metro:** Belediyenin sorumluluğundadır ve Evka 3 ile Fahrettin Altay arasında konumlanmıştır. "Hafif Raylı Sistem Yolcu Treni" olarak adlandırılmaktadır.
- ii. **İzban:** TCDD ile Belediyenin ortak girişimidir. Aliğa ve Cumaovası arasında banliyö treni olarak çalışmaktadır ve devlet demiryolları trenleri ile aynı demiryolu hattını kullanmaktadır.
- iii. **Devlet Demiryolları:** 3 tip devlet demiryolu bulunmaktadır; Yük trenleri, Bölgesel yolcu trenleri ve Ana hat yolcu trenleri.

### Tren Tiplerinin Tanımlanması

Metro trenleri ile ilgili sağlanan bilgiler gözden geçirilmiş ve Hollanda RMR yöntemi taşıt kategorileri ile eşleştirilmiştir. Sonuç olarak, metro trenleri RMR kategorisi “C07” olarak tanımlanmış ve “C\_C10\_TYP” CadnaA değeri atanmıştır. Demiryolu taşıtları ve eşleştirmelere ilişkin detaylar Bkz: EK 2: Şekil 2A.1’ de verilmiştir.

### Tren Sayısı

Tren sayısı, sefer saatleri aşağıdaki tablosu verisi kullanılarak gündüz, akşam ve gece zaman dilimleri için hesaplanmıştır. Tablo 3.4’ da İzmir metrosunun saatlik sıklık verisi yer almaktadır.

**Tablo 3.4: İzmir Metro saat verisi**

<b>Hafta İçi</b>	
06:00 - 06:30	10 dk.
06:30 - 20:30	4.5 dk.
20:30 - 00:20	10 dk.
<b>Cumartesi</b>	
06:00 - 07:00	10 dk.
07:00 - 09:00	5 dk.
09:00 - 12:00	6 dk.
12:00 - 20:00	4.5 dk.
20:00 - 00:20	10 dk.
<b>Pazar</b>	
06:00 - 12:00	10 dk.
12:00 - 20:00	6 dk.
20:00 - 00:20	10 dk.

Günlük tren sayıları Tablo 3.5’ de görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

**Tablo 3.5: Saatlik metro tren sayısı**

Zaman Dilimleri	Hafta İçi	Cumartesi	Pazar
Gündüz 07:00 - 19:00	160	147	100
Akşam 19:00 - 23:00	35	31	28
Gece 23:00 - 07:00	17	14	14

Daha sonra aşağıdaki formül 3.1 kullanılarak yıllık ortalama hesaplanmıştır:

$$((\text{Hafta İçi} \times 5) + (\text{Cumartesi} \times 1) + (\text{Pazar} \times 1)) / 7 \quad (3.1)$$

Tablo 3.6’ da elde edilen metro trenlerinin yıllık ortalama veri sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 3.6: Metro trenleri yıllık ortalama**

Zaman Dilimleri	Metro Trenleri Sayısı (yıllık ortalama)
Gündüz 07:00 - 19:00	149.619048
Akşam 19:00 - 23:00	33.4761905
Gece 23:00 - 07:00	16.6190476

Bu sonuçlar her bir metro hattına atanmış ayrıca metro hattı için azami hız bilgisi 40 km/saat olarak işlenmiştir. Temin edilen hız bilgisi 80 km/saat olarak tanımlanmıştır. Hat tipi, “çakıl üzerinde beton travers” olarak girilmiş ve frenleyen trenler için istasyonlardan önce 60m’lik bir frenleme mesafesi uygulanmıştır.

İzmir’de, TCDD sorumluluğunda kullanılan 4 tip tren bulunmaktadır:

- i. Ana Hat Yolcu Trenleri
- ii. Bölgesel Trenler
- iii. Yük Trenleri
- iv. İzban Trenleri (Banliyö Trenleri)

Bu trenlere ait TCDD tarafından sağlanan tren tipi bilgileri Hollanda RMR yöntemi taşıt kategorileri ile eşleştirilmiştir. Demiryolu taşıtları ve eşleştirmelere ilişkin detaylar Bkz: EK 2’ de verilmiştir. Tren sayısı, TCDD tarafından sağlanan gündüz, akşam ve gece zaman dilimlerine göre sefer saatleri tablosu kullanılarak hesaplanmıştır. Bu tablolar kullanılarak gündüz, akşam ve gece zaman dilimlerindeki tren sayıları hesaplanmıştır (Gündüz= 07.00-19.00, Akşam= 19.00 - 23.00, Gece= 23.00 - 07.00).

***Yük Trenleri için ;***

Yük trenleri için azami hız bilgisi Tablo 3.7’ de yer almaktadır.

**Tablo 3.7: Yük trenleri azami hız bilgisi**

İstasyonlar	AZAMİ HIZ (km/saat)
Aliğa-Menemen	60
Menemen-Çiğli	60
Çiğli-Alsancak	60
Alsancak-Cumaovası	65

***Ana Hat ve Bölgesel Yolcu Trenleri için ;***

İzmir’de TCDD’e ait ana hat ve bölgesel yük trenleri için azami hız bilgisi Tablo 3.8’ deyer almaktadır.

**Tablo 3.8: Ana hat ve bölgesel yolcu trenleri için azami hız bilgisi**

İstasyonlar	AZAMİ HIZ (km/saat)
Menemen-Çiğli	95
Çiğli-Alsancak	80
Basmane-Cumaovası	85
Alsancak-Cumaovası	85

***İzban (Banliyö Trenleri) için ;***

İzban trenleri için azami hız bilgisi Tablo 3.9’da yer almaktadır.

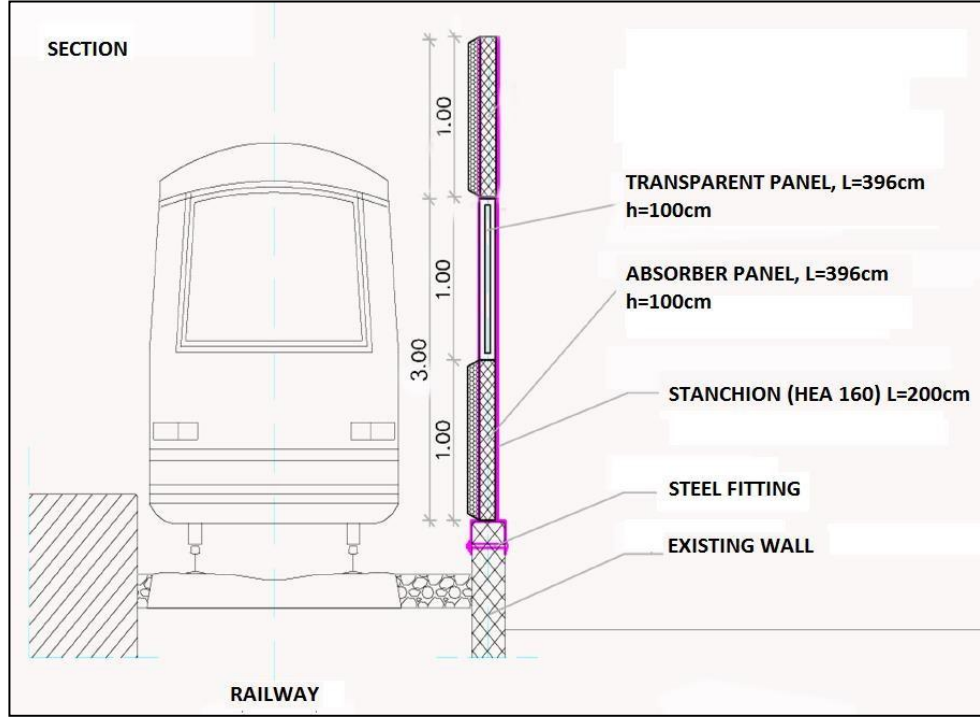
**Tablo 3.9: İzban trenleri için azami hız bilgisi**

İstasyonlar	AZAMI HIZ (km/saat)
Aliağa-Menemen	120
Menemen-Ulukent	110
Ulukent-Alsancak	80
Alsancak-Cumaovası	80

İstasyonlardan önceki demiryolu kesitlerinde tren frenleme yüzdesi (% breaking) nedeniyle 40 km/saat değeri tanımlanmıştır. Hat tipi, TCDD'den alınan veriye dayanarak "çakıl üzerinde beton travers" olarak tanımlanmıştır.

Bu bilgilerin haricinde demiryolu hattı üzerinde yer alan Demirköprü-Nergiz İzban istasyonları arasında kalan bölgede TCDD'nin pilot çalışma olarak uyguladığı gürültü perdeleri de modellemeye dahil edilmiştir. Söz konusu panele ait resim Şekil 3.6' da yer almaktadır.

**Şekil 3.6: İzban hattında uygulanan demiryolu gürültü bariyeri kesiti**



### ***Karayolu;***

İzmir ilinde karayolu kaynaklı gürültü modeli oluşturulurken aglomerasyon sınırı içinde yer alan İBB'ye ve KGM'ye ait yıllık araç yükü 3.000.000 (karayolları) ve 6.000.000 (ana kara yolları) üzeri karayolları seçilmiştir ve tüm yollara ait merkez hat geometrisi sağlanmıştır. KGM' nin kendi yolları için elde ettiği trafik sayım verilerine ek olarak, İBB' ye ait yolların trafik sayımı için Gazi Üniversitesi ile ortak çalışma yapılarak ağır ve hafif taşıt sayımları gerçekleştirilmiştir. Tünel ve köprü öznelikleri belediyenin büyük ölçekli (1:5000) haritasından elde edilmiştir.

İzmir ilinde KGM 2. Bölge Müdürlüğü'nün karayolundan kaynaklı gürültüye karşı projelendirdiği perde tip imalatlar da modellemeye dahil edilmiştir. İzmir'de 2 karayolu bariyeri bulunmaktadır. Bunlardan biri Bornova diğeri Balçova'dadır. Karayolu bariyerleri verisi Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) İzmir bölge şefliği tarafından sağlanmıştır. Şekil 3.7' de KGM' ye ait karayolu gürültü perde örnekleri yer almaktadır.

**Şekil 3.7: İzmir ilinde uygulanan örnek gürültü karayolu gürültü perdesi**



CBS ortamında toplanan bütün veriler, tüm yolların adıyla eşleştirilerek modellemeye kaynak olarak aktarılmıştır. Modellemede Tablo 1.1’ de bulunan ÇGDYY yönetmeliği gürültü sınır değerleri ve Tablo 1.2’ de yer alan alanlara yönelik sınır değerleri kullanılmıştır. İzmir Stratejik Gürültü Haritaları Bkz: EK1’ de yer almaktadır.

### **3.3 GÜRÜLTÜ RAHATSIZLIĞI ANKET ÇALIŞMASI**

Anket, belli bir amaca yönelik olan; hedef kitlenin ihtiyacı, memnuniyeti ya da mevcut durumun tespiti için hazırlanan bir ölçme biçimidir. Anket çalışmalarında hedef kitlenin muhtelif konulardaki düşünceleri değerlendirilebilir, ihtiyaçları belirlenebilir ve halihazırda yapılan uygulamaların verimliliği ortaya konabilmektedir.

Hazırlanan bu tez kapsamında uygulanan anket çalışması ile İzmir ilinde ulaşımdan kaynaklı gürültüden rahatsız olan ve yerel yönetimden çözüm bekleyen vatandaşların yaş, cinsiyet, çalışma durumu, eğitim durumu, gelir durumu, hangi saat aralıklarında gürültüden etkilendikleri, gürültünün sağlıklarını ne şekilde etkilediği, farklı kaynaklardan etkilenip etkilenmedikleri ve ulaşımdan kaynaklı gürültünün önlenmesine



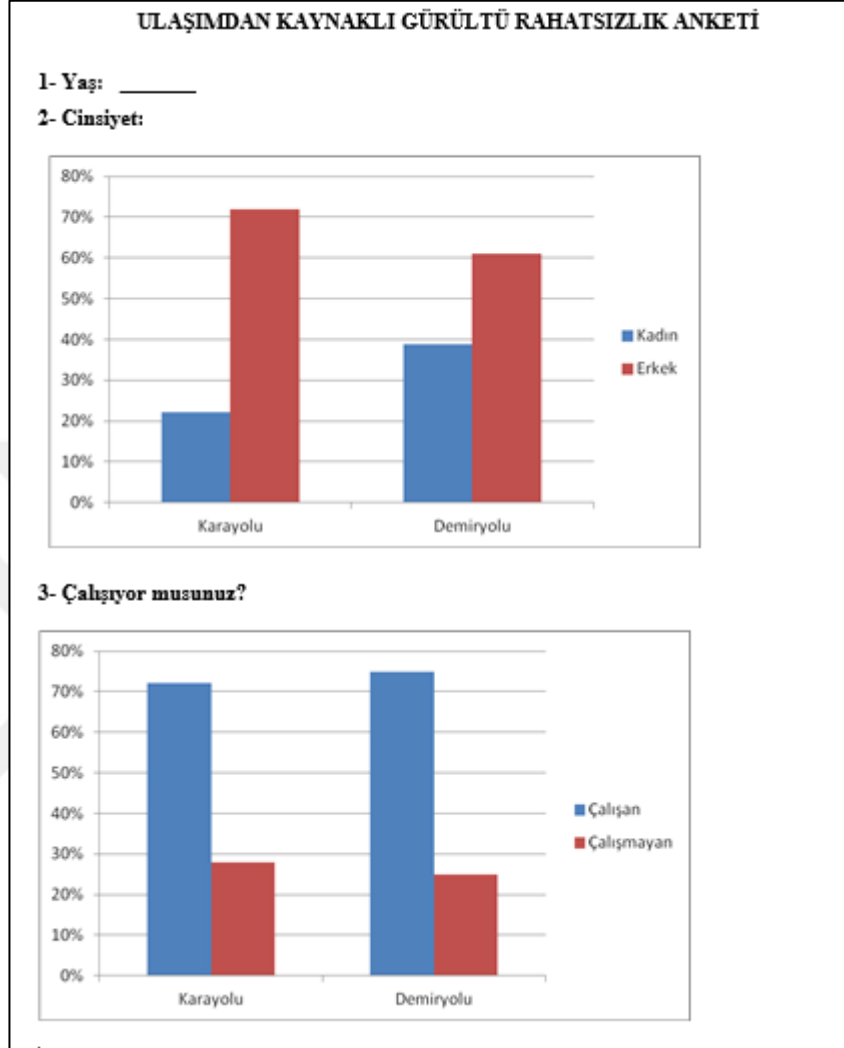
yönelik yerel yönetimden ne gibi tedbir çalışmaları beklediklerini içeren sorulara cevaplar aranmıştır.

Çalışmaya katılan kişiler, İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne 2013-2016 yılları arasında yazılı olarak gelen şikayet sahipleri olarak seçilmiş ve 104 katılımcının 68' i karayolu kaynaklı gürültü, 38' i de demiryolu kaynaklı gürültü şikayetinde bulunmuştur. Katılımcıların şikayetçilerden oluşması iki şekilde fayda sağlamaktadır. İlki bu kişiler gürültünün farkındadır ve ulaşım gürültüsüne karşı yüksek hassasiyet göstermektedir. İkincisi ise anket çalışmasına katkı sağlamakta isteklidir. Anket çalışması için katılımcılarla telefonla iletişime geçilmiş veya yüz yüze sorular cevaplandırılmıştır. 5'li Likert ölçeği kullanılarak hazırlanan "Ulaşım Kaynaklı Gürültü Rahatsızlığı" anketi örneği Bkz: EK 3'de yer almaktadır.

Karayolu ve demiryolu kaynaklı gürültü değerlendirilirken, şikayetçilerin bulunduğu yapının gürültü kaynağına olan konumu oldukça önem kazanmaktadır. Ankete katılan şikayetçilerin bulunduğu yapılar kaynağına yakın mesafede (maksimum 50m) ya da kaynağı doğrudan görecektir şekilde konumlanmaktadır. Anket çalışmasına katılan 104 şikayetçinin yüzde 94,10'u konut amaçlı kullanılan yapılarda ikamet ederken, yüzde 5,9'u da ticari amaçlı yapılarda bulunmaktadır.

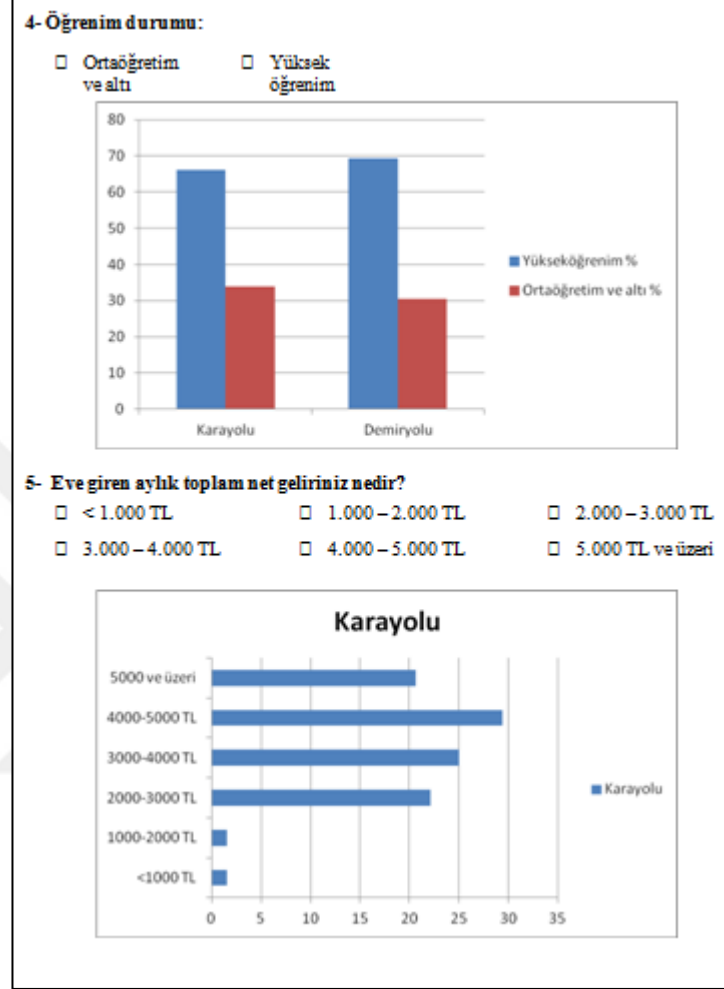
Anket katılımcılarının yüzde 72,1'i erkek şikayetçilerden, yüzde 27,9'u ise kadınlardan oluşmaktadır. Erkek yüzdesi oldukça fazla gözükse de bu değer yerel yönetime şikayet başvurusu esnasında genelde eşlerin isimlerinin tercih edilmesiyle alakalıdır. Karayolu kaynaklı gürültüden şikayetçi olan kadınlar yüzde 22,1 iken, erkekler yüzde 72,1 ve demiryolu kaynaklı gürültüden şikayetçi kadınlar yüzde 38,9, erkekler yüzde 61,1'dir. Karayolu şikayetçilerinin yüzde 72,1'i çalışırken, demiryolu şikayetçilerinin yüzde 75'i çalışır durumundadır. Şekil 3.8' de 1-3 numaralı anket soru ve cevapları yer almaktadır.

Şekil 3.8: Anket soru ve cevapları (1-3)



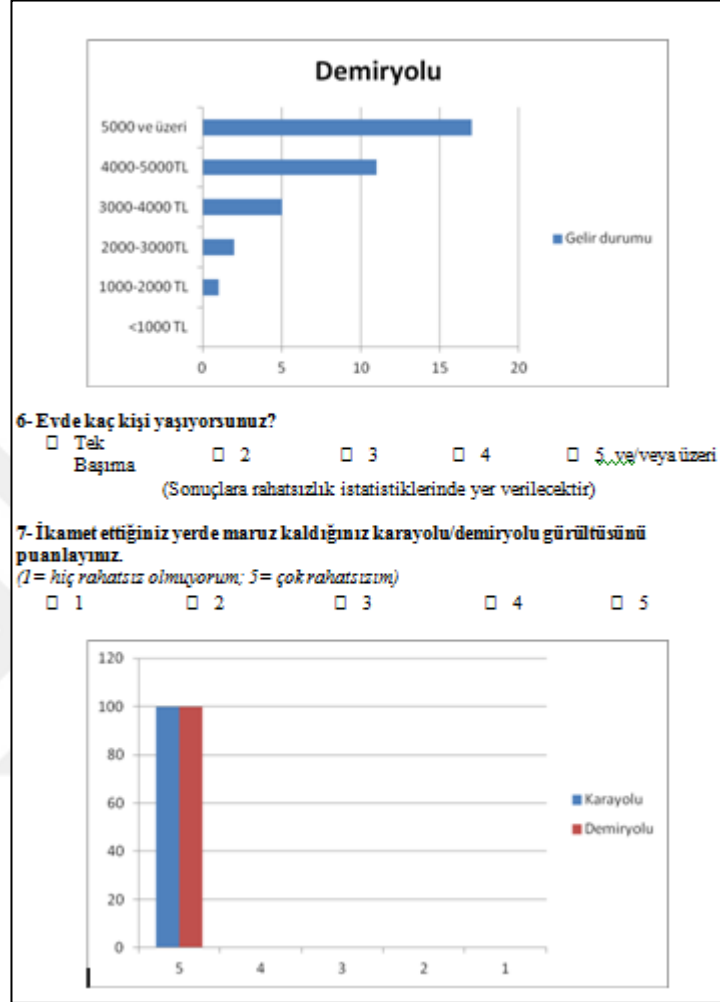
Anket katılımcılarının eğitim seviyeleri değerlendirildiğinde karayolu şikayetçilerinin yüzde 66,2' sinin yüksek öğrenim gördüğü, yüzde 33,8' inin de ortaöğretim ve altı okullardan mezun olduğu ortaya çıkmaktadır. Demiryolu şikayetçileri ise yüzde 69,4'ü yükseköğrenim, yüzde 30,6' sını orta öğrenim görmüş katılımcılardan oluşmaktadır. Karayolu ve demiryolu şikayetçilerinin gelir durumlarına bakıldığında, karayolu şikayetçilerinin ağırlıklı olarak 4000-5000 TL aralığında kazancının olduğu, demiryolu şikayetçilerinin ise 5000 TL ve üzeri seviyede kazanç sahibi olduğu görülmektedir. Şekil 3.9' de bu bilgilere ait grafik dağılımları görülmektedir.

Şekil 3.9: Anket soru ve cevapları (4-5)



Anket çalışmasında katılımcılara yöneltilen ve Şekil 3.10’ da yer alan hane içinde kaç kişi yaşıyorsunuz sorusu, ulaşımdan kaynaklı gürültü rahatsızlığına maruz kalan insan sayısının belirlenmesinde kullanılacaktır. Anket katılımcılarının tümü maruz kaldıkları ulaşım gürültüsüne en yüksek değeri vermişleridir. Bu duruma ait sebepler sonuçlar bölümünde tartışılacaktır.

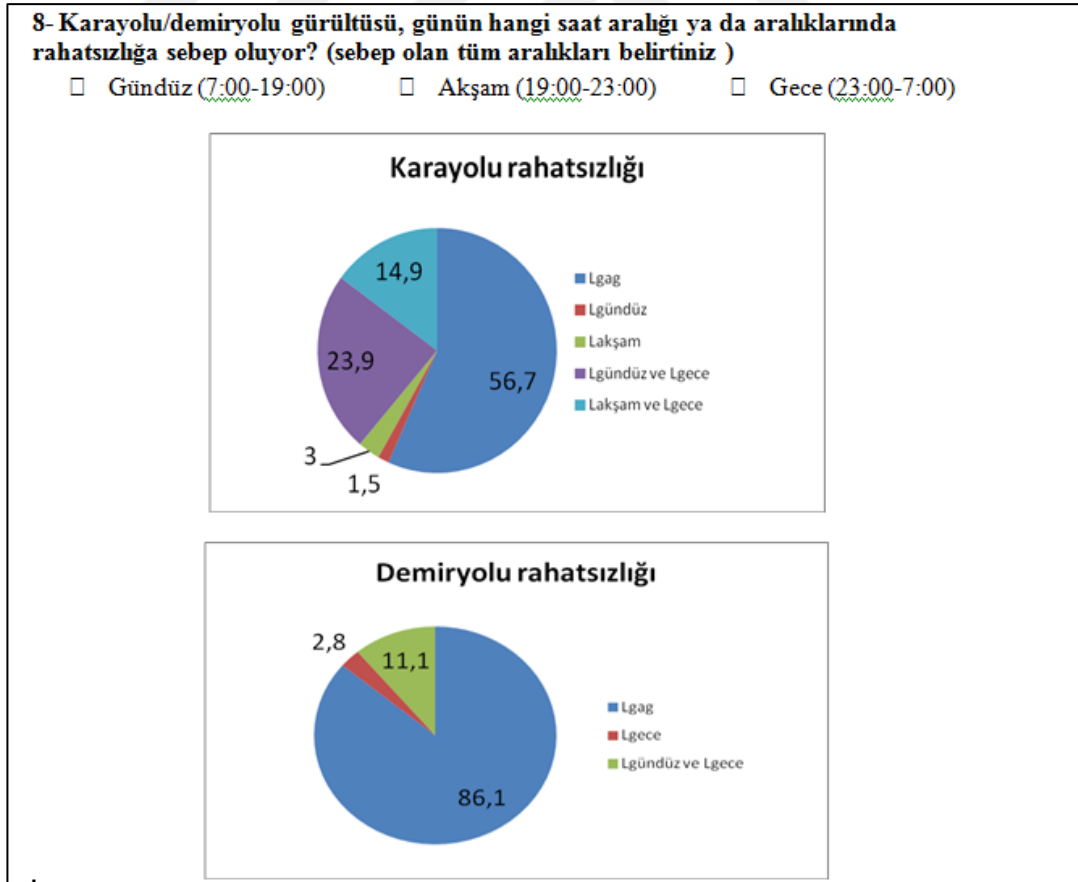
Şekil 3.10: Anket soru ve cevapları (6-7)



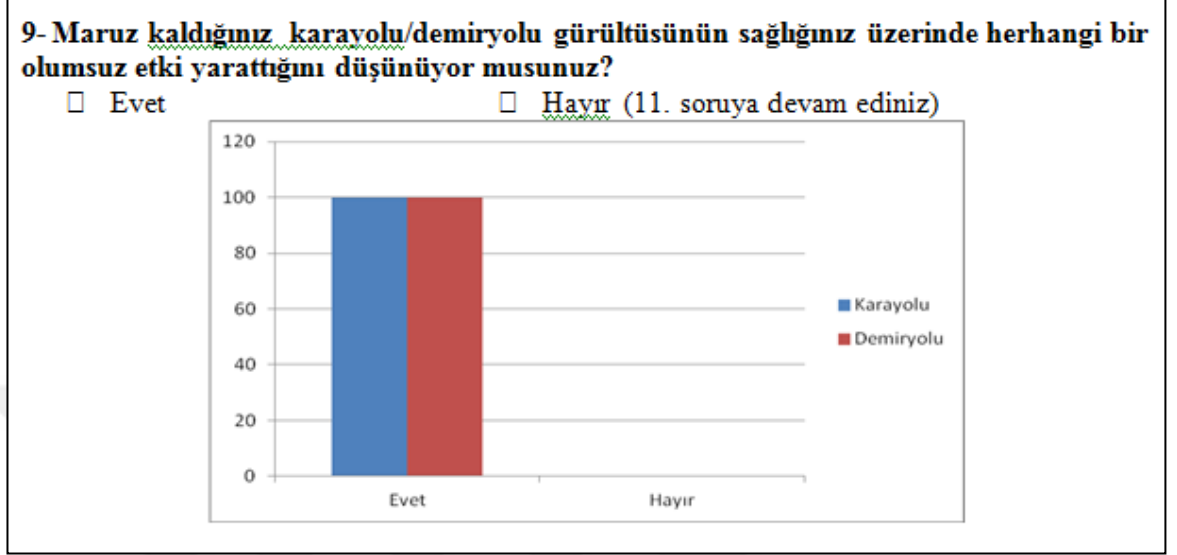
Şekil 3.11’ de şikayetçilerin karayolu ve demiryolu gürültüsünden rahatsız oldukları zaman dilimi sorusuna verdikleri cevapların sonuçlarına bakıldığında; sadece 07:00-19:00 aralığında  $L_{gündüz}$  yüzde 1,5, sadece 19:00-23:00 saat dilimlerinde etkilenen kişi yüzdesi  $L_{akşam}$  yüzde 3, hem sabah hem akşam zaman dilimlerinde rahatsız olan şikayetçiler  $L_{gündüz} - L_{akşam}$  yüzde 23,9, hem akşam hem gece gürültüye maruz kalanlar ise  $L_{akşam} - L_{gece}$  yüzde 14,9 oranındadır. Şikayetçilerden yüzde 56,7’si tüm zaman dilimlerinde etkilendiklerini söylemişlerdir. Tüm zaman dilimi geniş bir ifade olsa da bu tip cevapları veren şikayetçilerin konutları İzmir’ in ana arter karayollarına oldukça yakın mesafede yer almaktadır. Bu sebeple sabah karayolu trafiği ve akşam iş dönüşü oluşan trafik gürültüsünden rahatsız oldukları gibi gece saat diliminde şehir içindeki

otomobil ve motorların İzmir Çevre Yolu, çevre yolu bağlantı yolları ve sahil yollarında yarış yapması sebebiyle de bu dilimde de oldukça şikayetçi olduklarını ifade etmişlerdir. Demiryolu kaynaklı gürültü şikayetçileri yüzde 86,1 gibi yüksek bir oranda tüm saat dilimlerinde gürültüye maruz kaldıklarını belirtmişleridir. Şehri kuzey-güney doğrultuda bölen ve şehirleşmiş alan içinde konutlara oldukça yakın şekilde konumlanmış olan demiryolu hattını kullanan banliyö trenleri (İZBAN), şehirlerarası yolcu trenleri ve dizel lokomotifli yük trenleri bulunmaktadır. Özellikle dizel lokomotifli yük trenlerinin geçiş periyodu İzmir Limanı'ndan tren katarının dolması ve sefere hazır hale gelmesi neticesinde oluşur ve rutin bir saati bulunmaz. Bu nedenle gece saat diliminde hattı kullanan yük treni geçiş esnasında konut sakinlerini rahatsız etmektedir. Aşağıdaki Şekil 3.11'de saat dilimlerine göre karayolu-demiryolu kaynaklı gürültü rahatsızlık yüzdeleri ve Şekil 3.12' de katılımcıların bu kaynaklardan sağlıkları üzerinde bir etkisi olup olmadığı sorusuna verdikleri cevaplar görülmektedir.

**Şekil 3.11: Anket soru ve cevapları (8-9)**



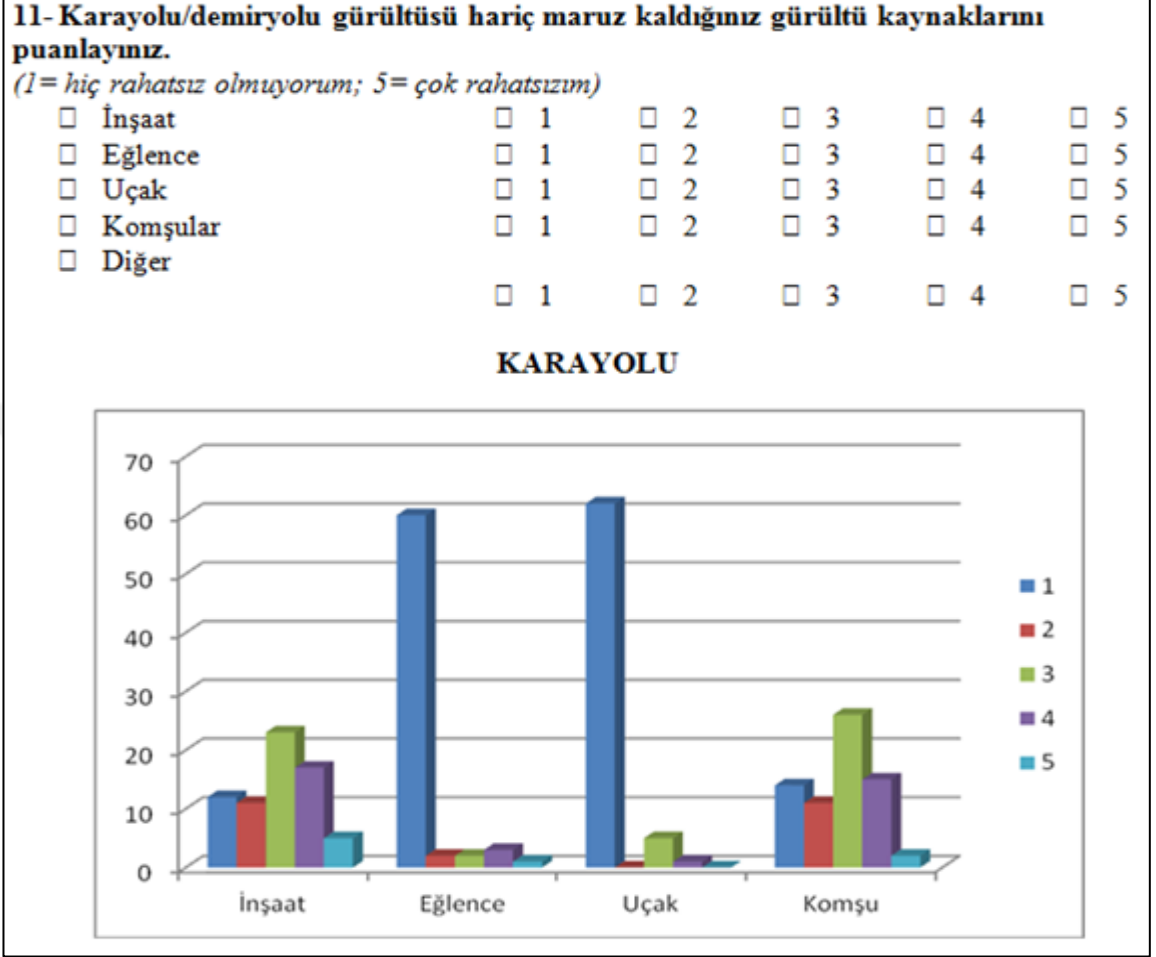
Şekil 3.12: Anket soru ve cevapları (9)



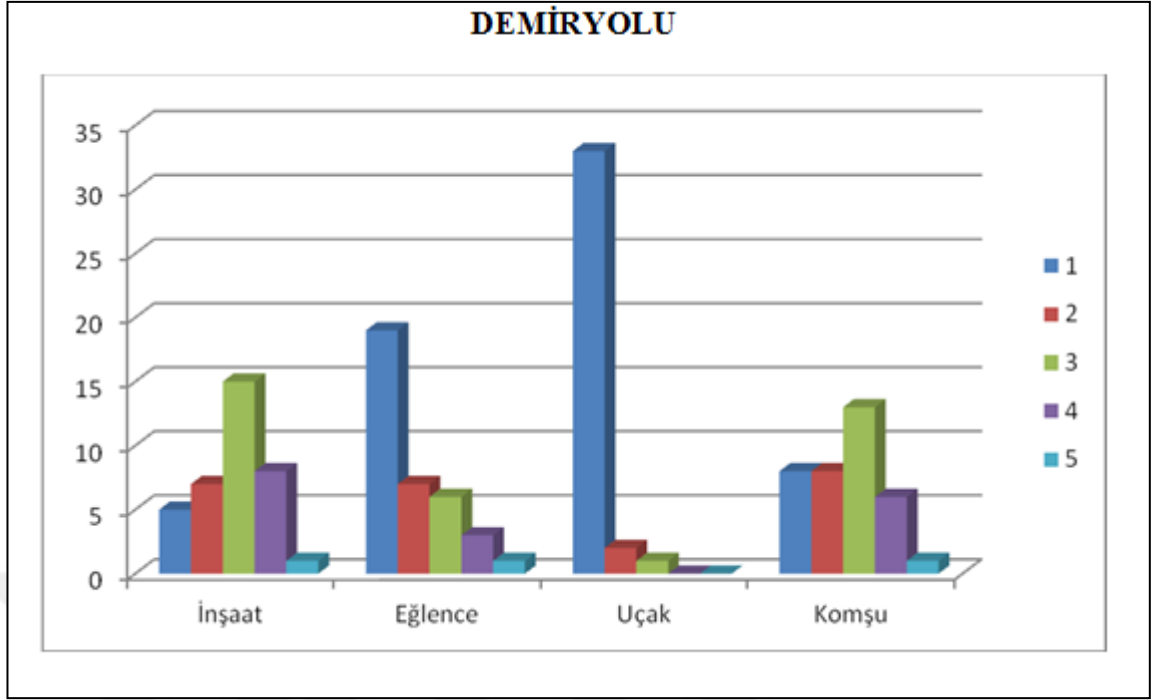
Anket katılımcıları ulaşımdan kaynaklı gürültü neticesinde ne tür bir rahatsızlık duyduklarının belirlenmesi amacıyla yöneltilen Şekil 3.13 'de yer alan Soru 10' a verdikleri cevaplara bakıldığında, karayolu şikayetçilerinin yüzde 81,7 oranında bu gürültüden rahatsız olduğu, yüzde 71,8' inin stres, yüzde 67,6' sının baş ağrısı, yüzde 59,2' sinin uykusuzluk, yüzde 53,5' inin sinirlilik, yüzde 36,6' sının konsantrasyon eksikliği ve yüzde 11,3' ünün kulakta çınlama problemleri yaşadığı ortaya çıkmıştır. Demiryolu şikayetçileri ise; yüzde 88,9 oranında demiryolu gürültüsünden rahatsız olduğu, yüzde 65,8' inin uykusuzluk, yüzde 63,9' unun stres, yüzde 61,1' inin baş ağrısı, yüzde 58,3' ünün sinirlilik, yüzde 27,8' inin konsantrasyon eksikliği ve yüzde 13,9' unun kulakta çınlama problemi yaşadığı belirlenmiştir.



Şekil 3.14 Anket soru ve cevapları (11)





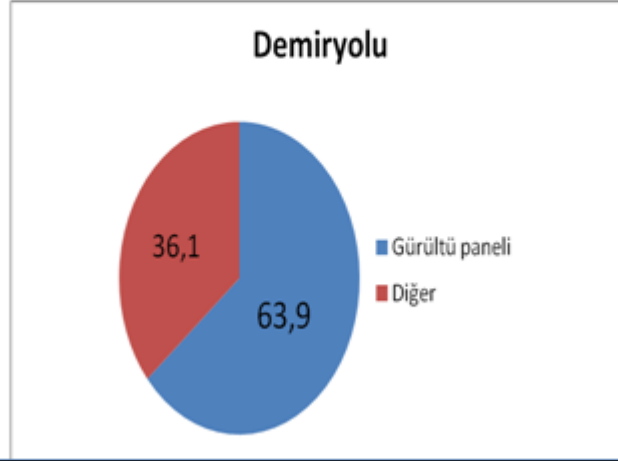
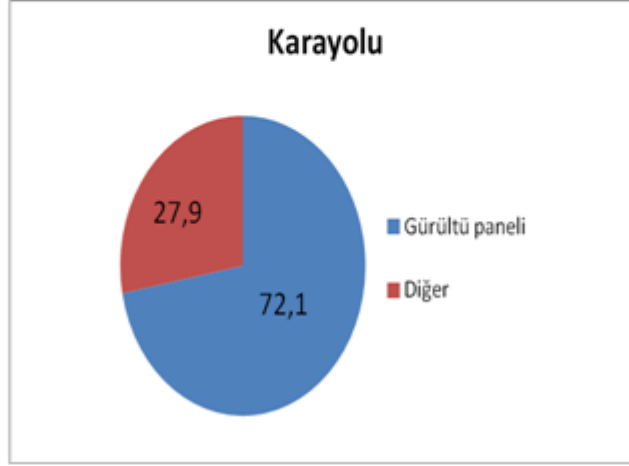


Yerel yönetime ulaşan şikayetlerde genellikle mevcut gürültünün önlenmesi adına gürültü perdesinin yapılması talebi sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Bu durumun sayısallaştırılması adına anket katılımcılarına ne tür tedbirler alınması gerektiği sorusu da yöneltilmiştir. Şekil 3.15’ de yer alan cevaplar incelendiğine karayolu şikayetçilerinin yüzde 72,1’ i demiryolu şikayetçilerinin ise yüzde 63,9’u gürültü perdesi yapılmasını talep etmektedir. Geriye kalan diğer katılımcılar ise alınması gereken önlemler olduğunu ancak çeşidini bilmediklerini ifade etmişlerdir.

**Şekil 3.15: Anket soru ve cevapları (12)**

**12. Karayolu/demiryolu gürültüsünün önlenmesi amacıyla ne gibi tedbirler alınması gerektiğini düşünüyorsunuz?**

(Lütfen Belirtiniz: \_\_\_\_\_)



Tez çalışmasının Bulgular bölümünde anket çalışmasından elde edilen tüm veriler analiz edilerek, katılımcıların sosyodemografik yapısının gürültü rahatsızlığı ile ilişkisi ve gürültü rahatsızlığı başlangıç seviyesi araştırılacaktır. Her bir gürültü kaynağına ait rahatsızlığının başlangıç seviyesinin belirlenmesi için İzmir Stratejik Gürültü Haritasının  $L_{gündüz}$ ,  $L_{akşam}$ ,  $L_{gece}$  ve  $L_{gag}$  zaman dilimlerinde elde edilen bina cephe gürültü seviyeleri, anket katılımcılarının yaşadığı konutlara atanmıştır. Yüzdesele olarak şikayetin yoğun olarak geldiği desibel aralıkları belirlenerek farklı zaman dilimlerine göre eşik değerler ortaya konmuştur. Avrupa' daki gürültü rahatsızlık başlangıç seviyeleri ile İzmir örneği karşılaştırılarak aradaki fark veya benzerlikler Sonuçlar bölümünde tartışılmıştır.

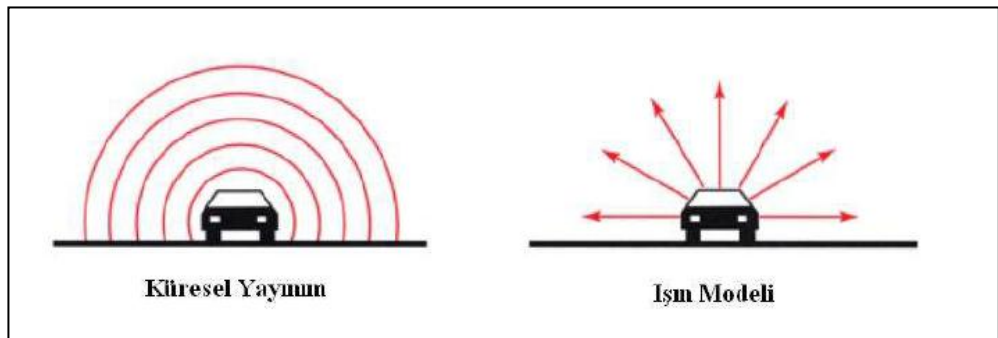
### 3.4 PİLOT ŞİKAYET SAHASINDA KARAYOLU/DEMİRYOLU GÜRÜLTÜ MODELİ GELİŞTİRİLMESİ VE GÜRÜLTÜ PERDESİ UYGULANMASI

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde, ulaşımdan kaynaklı gürültü anketinin 12. Sorusuna verilen gürültü perde talebine istinaden pilot olarak seçilen şikayet sahalarında karayolu ve demiryolu gürültüsünü önlemek amacıyla perde tasarlanacaktır. Ulaşımdan kaynaklı gürültüye karşı perdeleme ile anket katılımcılarının bina cephelerindeki gürültü seviyelerindeki düşüş ilk durumla karşılaştırılacak ve bu durumun gürültü rahatsızlığına olası katkısı göz önüne alınarak bir değerlendirme yapılacaktır.

#### 3.4.1 Gürültü Bariyeri Çalışma Prensibi

Gürültü kaynağında oluşan ses, dalgalar halinde hareket etmektedir. Sesin kaynaktan alıcıya iletimindeki yayılım incelenirken kaynak oluşan ses ışın şeklinde modellenir. Yayılım yolunda ilerleyen ışınlar, alıcılara doğrudan (düzgün bir ışın şeklinde) ya da dolaylı olarak (yansıma veya kırılma yoluyla) ulaşır (FHWA, 2000). Şekil 3.16' da sesin kaynaktan yayılımı görülmektedir.

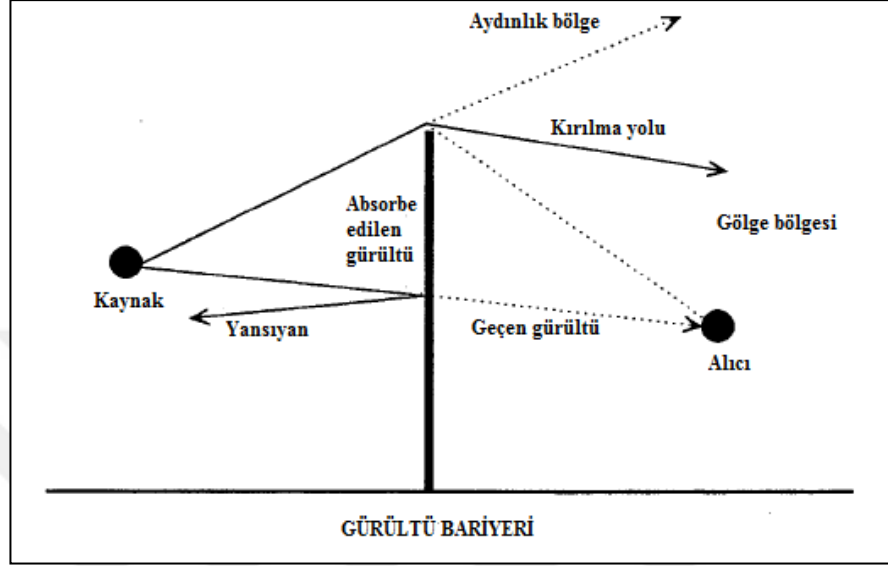
Şekil 3.16: Sesin kaynaktan yayılım modeli



Şekil 3.17' de görüldüğü üzere gürültü kaynağı ile alıcı arasına yerleştirilen bir gürültü perdesi sayesinde, oluşan ses enerjisinin bir kısmı perde üzerinde absorbe olur (emilir),

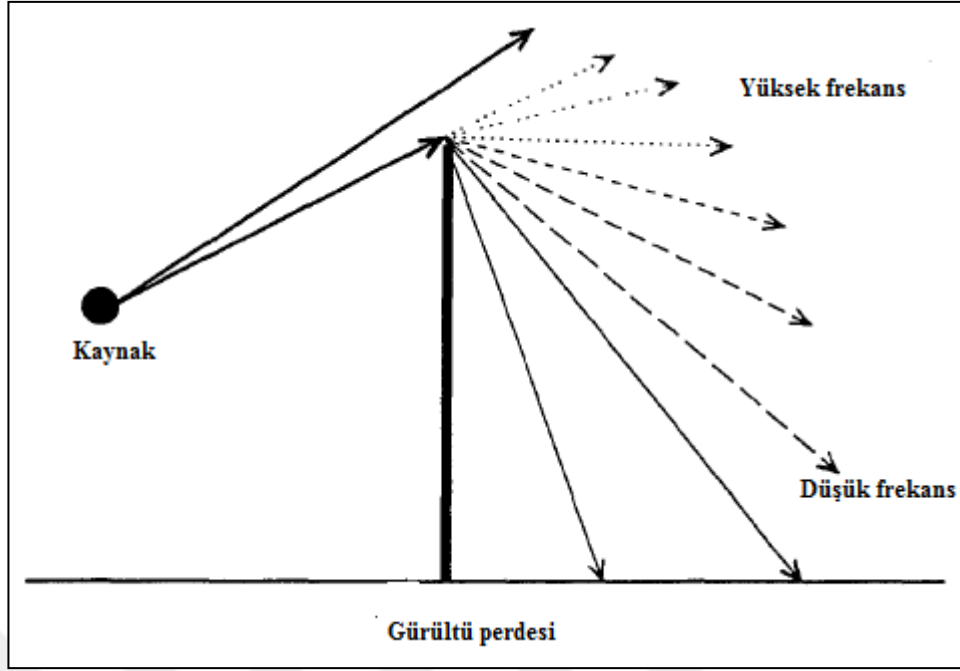
bir kısmı yansır, bir kısmı kırılır, bir kısmı ise perde içinden geçerken kayıplara uğrar (FHWA, 2000).

**Şekil 3.17: Gürültü bariyerinin çalışma prensibi**



Şekil 3.18’ de görüldüğü gibi gürültü perdesinin kaynak ile alıcı arasına konumlandırılması doğrudan ilerleyen ses ışınının gücünü azaltsa da kırılma ve perdeden geçiş ile ses alıcılara ulaşır. Sesin kırılması, gürültü perdesinin üstünde (uçlarında) gerçekleşir. Ses dalgalarının doğası gereği kırılma esnasında tüm ses frekansları düzgün şekilde bükülmez. Yüksek frekanslar daha az kırılırken, düşük frekanslı (dalga boyu büyük) sesler daha fazla kırılarak perdenin arkasındaki gölge bölgesine ulaşır. Bu sebeple gürültü perdeleri genellikle yüksek frekanslı sesleri azaltmada etkilidir (FHWA, 2000).

**Şekil 3.18 Sesin frekansına göre gürültü perdesinde kırılımı**



Gürültü perdesinin sesi absorbe etme miktarı Gürültü Azaltma Katsayısı (NRC) ile ifade edilir. 0 ile 1 arasında yer alan bu katsayı 0 ise perde tüm sesi yansıtır, 1 ise tüm sesi absorbe eder. Perde olarak kullanılacak malzemelerin gürültü azaltma katsayısının hesaplanması için Reverberasyon Odası deneyi yapılmaktadır. NRC farklı frekanslardaki absorpsiyon katsayılarının aritmetik ortalaması alınarak hesaplanır. Aşağıdaki denklem 3.2’ de gürültü azaltma katsayısının hesabı yer almaktadır (FHWA, 2000).

$$NRC = \frac{1}{4} * (\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000}) \quad (3.2)$$

Bir perdenin alıcıya ilettiği ses miktarı Ses İletim Kaybı (Transmission Loss) ile ifade edilmektedir. TL ile ifade edilen bu değer laboratuvar şartlarında ölçümler ile hesaplanır. Ses iletim kaybını veren denklem 3.3’ de bulunmaktadır (FHWA, 2000).

$$TL = 10 \log_{10} \left[ 10^{\left(\frac{SPL_s}{10}\right)} / 10^{SPL_r/10} \right] \text{ dBA} \quad (3.3)$$

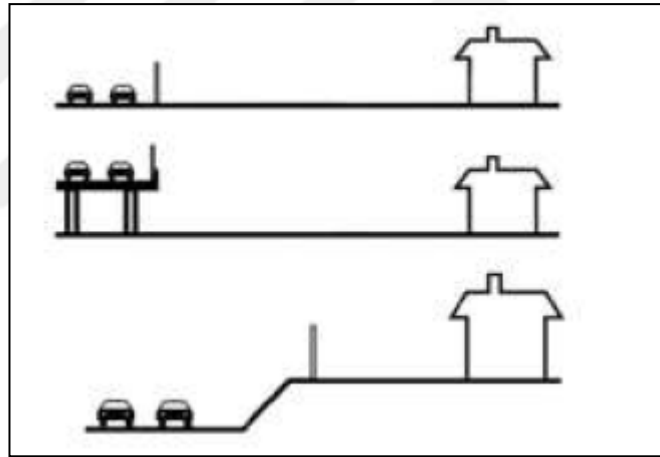
SPL<sub>s</sub>: Kaynaktaki ses basınç seviyesi

$SPL_R$ : Perdenin alıcı tarafındaki ses basınç seviyesi

Perde tasarımlarında kural olarak seçilen malzemenin  $20\text{kg/m}^2$  ve daha fazla ağırlığa sahip olması durumunda en az 20 dBA ses azaltımı sağlayacağı kabul edilmektedir (FHWA, 2000).

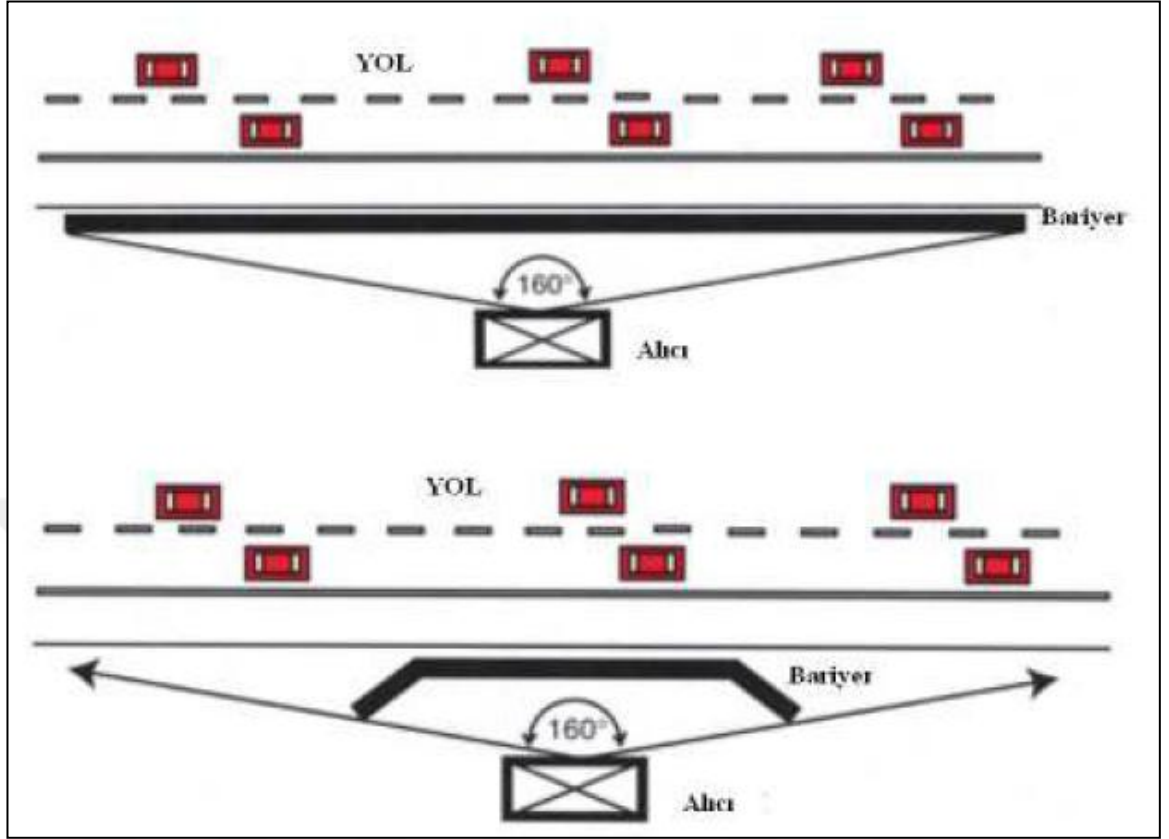
Gürültü perdesi yardımı ile alınacak gürültü azaltım önlemlerinde tasarlanacak olan engelin yerleştirileceği yerin seçimi oldukça önem kazanmaktadır. Prensipde perde mümkün olduğunca ses kaynağına yakın bir şekilde tasarlanmalıdır, özellikle yol yüzey sınırının bittiği noktada perde imalatı yapmak etkiyi artırır. Şekil 3.19' da perde uygulamaları görülmektedir (NSW, 2016) .

**Şekil 3.19 Gürültü perdesi uygulamaları**



Etkili bir gürültü önlemi tasarlanırken yapılacak perdenin yüksekliği de önem kazanmaktadır. Perde ne kadar yüksekse gürültü önleme konusunda etkisi fazladır, ancak gürültü perdeleri maliyetli yatırımlar olduğundan, şehir estetiğini ve inşa edildiği bölgenin mikro iklimini doğrudan etkilediği için yükseklik seçiminde optimum şartlar sağlanmalıdır. Ekonomik ve sosyal kabul edilebilir tasarımlar tercih edilmelidir. Gürültü engelleyen yapıların kaynak etrafında yatayda ve düşeyde boşluk bırakılmadan sürekli şekilde inşa edilmesi, sesin etkin şekilde önlenmesi için gereklidir. Şekil 3.20' de gürültü perdesi uzunluğunun etkilerini gösteren görseller yer almaktadır (NSW, 2016).

**Şekil 3.20: Gürültü perdesinin uzunluk etkisi**



### 3.4.2 Karayolu Gürültüsü Pilot Çalışması

Karayolu pilot çalışma sahası için seçilen İzmir ili Karşıyaka ilçesinde yer alan Anadolu Caddesi, İzmir'in kuzey ile güney aksını birbirine bağlayan bir karayoludur. ÇGDYY'ye göre ana karayolu sınıfına giren Anadolu Caddesi, yıllık 6.000.000 araç trafiği yükünü sağlayan 3 gidiş ve 3 geliş toplam 6 şeritli bir karayolu olma özelliği taşımaktadır. Yolun her iki tarafında da çok katlı binalar yer almaktadır bu durum karayolundan etkilenen insan sayısı arttırıcı niteliktedir.

**Şekil 3.21: Anadolu Caddesi binaların durumu**



Şekil 3.21’ de seçilen pilot bölge Anadolu Caddesi’nin mevcut durumu görülmektedir. Karşıyaka - Konak istikametinde yolun sağ tarafında sıraya çok katlı yapılar diziliyken, sol tarafında ise müstakil ve çok katlı yapılar karışık dağılmıştır. Sol tarafta yapı kotları yola göre minimum 6m yukarıda yer almaktadır. Modellenecek pilot şikayet sahasında öncelikle mevcut duruma ait veriler gürültü haritasında elde edilerek,  $L_{gündüz}$ ,  $L_{akşam}$ ,  $L_{gece}$ ,  $L_{gag}$  zaman aralıklarında etkilenen konut ve insan sayıları hesaplanmıştır. İstatistiki tablolar oluşturularak gürültü rahatsızlığının kaç desibelden sonra ortaya çıktığı araştırılmıştır. Daha sonra alanda gidiş ve dönüş yol boyuna 4m’lik gürültü perdesi tasarlanmış ve tekrar hesaplama yapılmıştır. Hesaplama sonucunda ortaya çıkan durumda karayolu gürültüsüne maruz kalan konut ve insan sayıları belirlenmiştir. Burada amaç perde yardımıyla rahatsızlığın başladığı seviyenin ne ölçüde azaltılması ve bu durumun mevcut gürültü rahatsızlığına etkisinin olup olmayacağını tartışılmasıdır. Tablo 3.10’ da perdeleme öncesi pilot sahada kaç konutun ve Tablo 3.11’ de kaç kişinin gürültüden etkilendiği yer almaktadır.

**Tablo 3.10: Mevcut durumda karayolu gürültüsünden etkilenen konut sayısı**

	Mevcut gürültü rahatsızlığı olan konut sayısı	% Yüzde
$L_{gündüz}$	145	<b>18</b>
$L_{akşam}$	136	<b>17</b>
$L_{gece}$	86	<b>11</b>
$L_{gag}$	159	<b>20</b>
Toplam konut	815	100



**Tablo 3.11: Mevcut durumda karayolu gürültüsünden etkilenen kişi sayısı**

	Mevcut gürültü rahatsızlığı olan insan sayısı	% Yüzde
L <sub>gündüz</sub>	2586	<b>26</b>
L <sub>akşam</sub>	2429	<b>25</b>
L <sub>gece</sub>	1762	<b>18</b>
L <sub>gag</sub>	2846	<b>29</b>
Toplam insan	9795	100

Karayolu pilot alan çalışmasındaki tüm modelleme işlemleri CadnaA yazılımı sayesinde yapılmıştır. CadnaA programında hesaplama yapılmadan önce standart konfigürasyonları Bkz: Ek 4’de görüldüğü gibidir. Üç boyutlu gürültü perde modeli Bkz: Ek 5’ de yer almaktadır.

### **3.4.3 Demiryolu Gürültüsü Pilot Çalışması**

Demiryolu pilot çalışması için yoğun olarak gürültü şikayetinin geldiği İZBAN hattı kaynak olarak seçilmiştir. İZBAN, İzmir’in kuzey ile güney aksını birbirine bağlayan ve ÇGDYY’ye göre ana demiryolu sınıfına giren yıllık 60.000 tren trafiği yükünü sağlayan bir kaynak olma özelliği taşımaktadır. İzmir Karşıyaka ilçesinde yer alan Şemikler İZBAN istasyonu çevresi anket katılımcılarının da çoğunlukla yaşadığı bir bölgedir. İstasyon etrafında çok katlı yapılar bulunur (5-10 kat) ve bu sebeple demiryolu gürültüsünden etkilenen kişi sayısı oldukça fazladır. Şekil 3.22’ de Şemikler tren hattının çevresindeki mevcut durum görülmektedir.

**Şekil 3.22: Şemikler tren istasyonu çevresi mevcut durum**



Modellenecek pilot şikayet sahasında öncelikle mevcut duruma ait  $L_{gündüz}$ ,  $L_{akşam}$ ,  $L_{gece}$ ,  $L_{gag}$  zaman aralıklarında etkilenen konut ve insan sayıları hesaplanıp istatistiki tablolar oluşturulmuş görüldüğü gibi gürültü rahatsızlığının kaç desibelden sonra ortaya çıktığı araştırılmıştır. Daha sonra alanda gidiş ve dönüş yol boyuna 4m'lik gürültü perdesi tasarlanarak tekrar hesaplama yapılmıştır. Hesaplama sonucunda ortaya çıkan durumda demiryolu gürültüsüne maruz kalan konut ve insan sayıları belirlenmiştir. Bu kaynakta da karayolundaki gibi önlem alındığında mevcut gürültü rahatsızlığına etkisi tartışılacaktır. Tablo 3.12' de perdeleme öncesi pilot sahada kaç konutun ve Tablo 3.13' de kaç kişinin gürültüden etkilendiği yer almaktadır.

**Tablo 3.12: Mevcut durumda demiryolu gürültüsünden etkilenen konut sayısı**

	Mevcut gürültü rahatsızlığı olan konut sayısı	% Yüzde
L <sub>gündüz</sub>	85	<b>15</b>
L <sub>akşam</sub>	77	<b>14</b>
L <sub>gece</sub>	44	<b>8</b>
L <sub>gag</sub>	94	<b>17</b>
Toplam konut	567	100

**Tablo 3.13: Mevcut durumda demiryolu gürültüsünden etkilenen kişi sayısı**

	Mevcut gürültü rahatsızlığı olan insan sayısı	% Yüzde
L <sub>gündüz</sub>	866	<b>12</b>
L <sub>akşam</sub>	740	<b>10</b>
L <sub>gece</sub>	449	<b>6</b>
L <sub>gag</sub>	967	<b>14</b>
Toplam insan	7091	100

Demiryolu pilot alan çalışmasındaki tüm modelleme işlemleri CadnaA yazılımı sayesinde yapılmıştır. CadnaA programında hesaplama yapılmadan önce standart konfigürasyonları Bkz: Ek 4’de görüldüğü gibidir.

## 4. BULGULAR

İzmir ilinde karayolu ve demiryolu ulaşımından kaynaklı gürültü rahatsızlığının kategorize edilmesi ve rahatsızlığın başladığı gürültü seviyelerinin tespiti için uygulanan “Ulaşımın Kaynaklı Gürültü Rahatsızlığı” anketine ait sonuçlar bu bölümde anlatılmıştır. Anket çalışması kapsamında katılımcılarının sosyodemografik yapısı ile gürültü rahatsızlığı arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Yapılan analiz doğrultusunda gürültü rahatsızlığı başlangıç seviyesinin günün farkı zaman diliminde kaç dBA’ dan itibaren ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Anket katılımcılarının yoğun talebi doğrultusunda pilot iki bölgede farklı gürültü kaynaklarında modellenen gürültü perdesi çalışmasının gürültü rahatsızlığını nasıl etkilediği, mevcut durum ve perde sonrası etkilenen hane ve kişi sayısındaki değişim incelenerek ortaya konulmuştur.

### 4.1 GÜRÜLTÜ RAHATSIZLIĞI ANKET SONUÇLARI

Karayolu ve demiryolu ulaşımından kaynaklı gürültü rahatsızlığının bölge sakinleri üzerindeki sağlık etkisinin ne olduğunun belirlenmesi ve gürültü rahatsızlığı başlangıç seviyelerinin elde edilebilmesi için uygulanan anket çalışmasında elde edilen sonuçlara göre; karayolu şikayetçilerinin yaş, cinsiyet, çalışma durumu, eğitim seviyesi veriler ve oturdukları konutlara ait  $L_{gündüz}$ ,  $L_{akşam}$ ,  $L_{gece}$  ve  $L_{gag}$  zaman dilimindeki gürültü değerleri ile karşılaştırıldığında, 41-50 yaş grubu arasındaki katılımcıların baş ağrısı, stres, konsantrasyon eksikliği, rahatsızlık, kulakta çınlama, uykusuzluk ve sinirlilik halinden en yüksek oranda etkilendiği, 30-40 yaş grubu arasındaki katılımcıların 41-50 yaş grubuna oranla daha az rahatsızlık yaşadığı ancak baş ağrısı ve konsantrasyon eksikliği başta olmak üzere stres, uykusuzluk, sinirlilik, rahatsızlık ve kulakta çınlama problemlerinin olduğu, 51-60 yaş grubunda olanların stres, sinirlilik ve rahatsızlık duyduğu, 61-70 yaş grubu arasında kalan katılımcıların gürültüden en az şekilde rahatsız olduğu anlaşılmaktadır. Erkek katılımcıların kadın katılımcılara oranla çok daha fazla gürültü rahatsızlığı yaşadığı anket sonuçlarında görülmektedir. Eğitim seviyesine bakıldığında, yükseköğretim mezunu katılımcıların baş ağrısı, stres, konsantrasyon

eksikliği, rahatsızlık, kulakta çınlama, uykusuzluk ve sinirlilik seçeneklerine verdikleri cevaplar eğitim seviyesi ortaöğretim ve altı olan katılımcılara göre oldukça fazladır; ayrıca gürültünün sağlıkları üzerine etki negatif etki gösterdiğini ifade eden katılımcıların çalışmakta olduğu ortaya çıkmıştır.

Karayolu gürültüsünden şikayetçi olan katılımcıların maruz kaldıkları gürültü seviyelerine bakıldığında  $L_{gece}$  zaman aralığında 65 dBA'dan sonra rahatsızlığın başladığı,  $L_{gag}$ ,  $L_{gündüz}$  ve  $L_{akşam}$  zaman aralıklarında ise 70 dBA ve üzeri gürültü düzeyinde rahatsızlığın ortaya çıktığı belirlenmiştir. Tablo 4.1' de ankete katılan şikayetçilerin karayolu kaynaklı gürültü rahatsızlığı sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 4.1: Ankete katılan şikayetçilerin sosyodemografik durumlarına göre karayolu gürültü rahatsızlığı**

%	Baş ağrısı	Stres	Uykusuzluk	Konsantrasyon eksikliği	Sinirlilik	Rahatsızlık	Kulakta Çınlama
<b>YAŞ</b>							
30-40	31,3	27,5	26,2	30,8	23,7	27,6	12,5
41-50	39,6	41,2	50	46,2	39,5	32,8	62,5
51-60	25	25,5	21,4	23,1	28,9	34,5	12,5
61-70	4,2	5,9	2,4	0	7,9	5,2	12,5
Toplam	100	100	100	100	100	100	100
<b>Cinsiyet</b>							
Kadın	25	21,6	19	19,2	15,8	19	12,5
Erkek	75	78,4	81	80,8	84,2	81	87,5
Toplam	100	100	100	100	100	100	100
<b>Eğitim Durumu</b>							
Ortaöğretim	39,6	31,4	35,7	23,1	42,1	36,2	25
Yükseköğretim	60,4	68,6	64,3	76,9	57,9	63,8	75
Toplam	100	100	100	100	100	100	100
<b>Çalışma Durumu</b>							
Çalışmıyor	29,2	33,3	16,7	11,5	28,9	31	37,5
Çalışıyor	70,8	66,7	83,3	88,5	71,1	69	62,5
Toplam	100	100	100	100	100	100	100
<b><math>L_{gag}</math></b>							
70-75	39,6	45,1	47,6	46,2	47,4	39,7	62,5
76-80	60,4	51	45,2	53,8	50	53,4	37,5

81-85	0	3,9	7,1	0	2,6	6,9	0
Toplam	100	100	100	100	100	100	100
<b>L<sub>gündüz</sub></b>							
65-70	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
71-75	39,6	45,1	47,6	46,2	47,4	39,7	50,0
76-80	60,4	54,9	52,4	53,8	52,6	60,3	50,0
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>L<sub>akşam</sub></b>							
65-70	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
71-75	43,8	66,7	45,2	46,2	44,7	41,4	62,5
76-80	56,3	33,3	54,8	53,8	55,3	58,6	37,5
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>L<sub>gece</sub></b>							
65-70	37,5	45,8	45,2	42,3	47,4	37,9	62,5
71-75	60,4	54,2	52,4	57,7	50,0	56,9	37,5
76-80	2,1	0,0	2,4	0,0	2,6	5,2	0,0
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tablo 4.2' de ankete katılan şikayetçilerin demiryolu kaynaklı gürültü rahatsızlığı sonuçları görülmektedir. Anket katılımcılarının yaş, cinsiyet, çalışma durumu, eğitim seviyesi veriler ve oturdukları konutların cephesine ait  $L_{gündüz}$ ,  $L_{akşam}$ ,  $L_{gece}$  ve  $L_{gag}$  zaman dilimindeki gürültü değerleri ile karşılaştırıldığında; katılımcıların gürültünün sağlıkları üzerinde baş ağrısı, stres, konsantrasyon eksikliği, rahatsızlık, kulakta çınlama, uykusuzluk ve sinirlilik gibi etkiler gösterdiği ifade etmişleridir. Bu durumdan en yüksek rahatsızlığı 30-40 yaş grubunun yaşadığı, 41-50 yaş arası katılımcılar ile 51-60 yaş arasındaki katılımcıların 41-50 yaş grubuna kıyasla daha az etkilendiği ve en az 61-70 yaş aralığının gürültüden rahatsızlık duyduğu ortaya çıkmıştır. 30-41 yaş arasında konsantrasyon eksikliği, rahatsızlık ve baş ağrısı şikayetleri öne çıkarken, 41-50 yaş arasında uykusuzluk, baş ağrısı ve stres problemleri oluşmaktadır. 51-60 yaş grubunda ise kulakta çınlama ve sinirlilik durumu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca erkek katılımcıların kadın katılımcılara oranla çok daha fazla gürültü rahatsızlığı yaşadığı da görülmektedir. Katılımcıların eğitim seviyesine bakıldığında, yükseköğretim mezunu katılımcıların baş ağrısı, stres, konsantrasyon eksikliği, rahatsızlık, kulakta çınlama, uykusuzluk ve sinirlilik seçeneklerine verdikleri cevaplar eğitim seviyesi ortaöğretim ve altı olan katılımcılara göre oldukça fazladır; ayrıca şikayetçilerin yoğunlukla çalışan kişiler olduğu tespit edilmiştir. Demiryolu gürültüsünden şikayetçi olan katılımcıların maruz

kaldıkları gürültü seviyelerine bakıldığında  $L_{gag}$ ,  $L_{gündüz}$  ve  $L_{akşam}$  zaman aralığında gürültü rahatsızlığı başlangıç seviyesinin 55 dBA' den başladığı,  $L_{gece}$  zaman aralığında ise 50 dBA ve üzeri gürültü düzeyinde rahatsızlığın ortaya çıktığı belirlenmiştir.

**Tablo 4.2: Ankete katılan şikayetçilerin sosyodemografik durumlarına göre demiryolu gürültü rahatsızlığı**

%	Baş ağrısı	Stres	Uykusuzluk	Konsantrasyon eksikliği	Sinirlilik	Rahatsızlık	Kulakta Çınlama
<b>YAŞ</b>							
30-40	43,5	40,0	29,6	50,0	34,8	44,1	28,6
41-50	34,8	32,0	37,0	20,0	26,1	32,4	28,6
51-60	21,7	24,0	29,6	30,0	39,1	20,6	42,9
61-70	0,0	4,0	3,7	0,0	0,0	2,9	0,0
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Cinsiyet</b>							
Kadın	39,1	32,0	33,3	40,0	30,4	32,4	14,3
Erkek	60,9	68,0	66,7	60,0	69,6	67,6	85,7
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Eğitim Durumu</b>							
Ortaöğretim	30,4	64,0	63,0	60,0	65,2	70,6	71,4
Yükseköğretim	69,6	36,0	37,0	40,0	34,8	29,4	28,6
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Çalışma Durumu</b>							
Çalışmıyor	26,1	28,0	29,6	20,0	34,8	32,4	57,1
Çalışıyor	73,9	72,0	70,4	80,0	65,2	67,6	42,9
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b><math>L_{gag}</math></b>							
55-60	4,3	4,0	3,7	0,0	4,3	5,9	14,3
61-65	95,7	96,0	96,3	100,0	95,7	94,1	85,7
66-70	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b><math>L_{gündüz}</math></b>							
55-60	30,4	24,0	29,6	20,0	26,1	26,5	42,9
61-65	69,6	76,0	70,4	80,0	73,9	73,5	57,1
66-70	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b><math>L_{akşam}</math></b>							
55-60	69,6	84,0	77,8	70,0	78,3	76,5	71,4

61-65	30,4	16,0	22,2	30,0	21,7	23,5	28,6
66-70	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>L<sub>gece</sub></b>							
50-55	95,7	95,8	96,3	90,0	95,7	94,1	85,7
56-60	4,3	4,2	3,7	10,0	4,3	5,9	14,3
61-65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Yapılan analizler doğrultusunda İzmir’ de ulaşımdan kaynaklı gürültü rahatsızlığı başlangıç seviyeleri aşağıdaki Tablo 4.3’ de görüldüğü üzere belirlenmiştir.

**Tablo 4.3: Gürültü rahatsızlığı başlangıç seviyeleri**

	<b>Karayolu</b>	<b>Demiryolu</b>
	<b>dBA</b>	<b>dBA</b>
L <sub>gündüz</sub>	70	55
L <sub>akşam</sub>	70	55
L <sub>gece</sub>	65	50
L <sub>gag</sub>	70	55

## 4.2 KARAYOLU/DEMİRYOLU PİLOT BÖLGE MODELLEME SONUÇLARI

Anket katılımcılarının karayolu ve demiryolu kaynaklı gürültünün önlenmesi için yerel yönetimden yüksek oranda gürültü perdesi talebinde bulunduğu, Veri ve Yöntem bölümünde açıklanmaktadır. Seçilen pilot bölgelere uygulanacak perde imalatının etkilenen kişilerin gürültü rahatsızlığına nasıl bir katkı sağlayacağı araştırılmıştır. Bunun için, Tablo 4.3’ de belirlenen gürültü rahatsızlığı başlangıç seviyeleri limit kabul ederek, gürültü perde modellemesiyle mevcut gürültünün limit değerinin altına inip inmeyeceği ortaya çıkarılmıştır. Yapılan modellemeler sonucunda pilot çalışma sahalarına ait elde edilen bina değerlendirme noktaları, cephe gürültü haritaları Bkz: EK 7’de paylaşılmıştır.

Tablo 4.4 ve Tablo 4.5’de karayolu ve demiryolu pilot sahalarında rahatsızlık başlangıç limitleri üzerinde kalan konut sayıları ve toplam konut sayısına göre oranları hesaplanmıştır. Seçilen alanlarda gürültü perdesi modellenerek, perde sonrası gürültü



rahatsızlık limiti üzerinde kalan konut sayısı ve toplam konut sayısına göre oranı belirlenmiştir.

**Tablo 4.4: Karayolu pilot bölgesinde mevcut durum / gürültü paneli sonrası gürültü rahatsızlığı olan konut sayısı**

	Mevcut gürültü rahatsızlığı olan konut sayısı	% Yüzde	Panel sonrası gürültü rahatsızlığı olan konut sayısı	% Yüzde
$L_{gündüz}$	145	<b>18</b>	0	<b>0</b>
$L_{akşam}$	136	<b>17</b>	0	<b>0</b>
$L_{gece}$	86	<b>11</b>	0	<b>0</b>
$L_{gag}$	159	<b>20</b>	5	<b>1</b>
Toplam konut	815	100	815	100

Sonuç tablolarına göre, karayolu kaynağında gürültü perdesi imalatı yapıldığında rahatsızlık limiti aşan konut kalmamaktadır. Demiryolu kaynağında ise rahatsızlık düzeyi perdeleme sonrası yüksek orada azaltılmıştır. Yalnızca  $L_{gag}$  zaman diliminde yüzde 6 oranında konut limit üzerinde kalmaktadır.

**Tablo 4.5: Demiryolu pilot bölgesinde mevcut durum / gürültü paneli sonrası gürültü rahatsızlığı olan konut sayısı**

	Mevcut gürültü rahatsızlığı olan konut sayısı	% Yüzde	Panel sonrası gürültü rahatsızlığı olan konut sayısı	% Yüzde
$L_{gündüz}$	85	<b>15</b>	10	<b>2</b>
$L_{akşam}$	77	<b>14</b>	8	<b>1</b>
$L_{gece}$	44	<b>8</b>	5	<b>1</b>
$L_{gag}$	94	<b>17</b>	34	<b>6</b>
Toplam konut	567	100	567	100

Tablo 4.6' da ve Tablo 4.7' de karayolu ve demiryolu pilot sahalarında rahatsızlık başlangıç limitleri üzerinde kalan insan sayısı ve toplam sakin sayısına göre oranları hesaplanmıştır. Seçilen alanlarda gürültü perdesi modellenerek, perdeden sonra gürültü

rahatsızlık limiti üzerinde kalan insan sayısı ve toplam yaşayan insan sayısına göre oranı belirlenmiştir.

**Tablo 4.6: Karayolu pilot bölgesinde mevcut durum / gürültü paneli sonrası gürültü rahatsızlık sınırındaki insan sayısı değişimi**

	Mevcut gürültü rahatsızlığı olan insan sayısı	% Yüzde	Panel sonrası gürültü rahatsızlığı olan insan sayısı	% Yüzde
$L_{gündüz}$	2586	<b>26</b>	0	<b>0</b>
$L_{akşam}$	2429	<b>25</b>	0	<b>0</b>
$L_{gece}$	1762	<b>18</b>	0	<b>0</b>
$L_{gag}$	2846	<b>29</b>	70	<b>1</b>
Toplam insan	9795	100	9795	100

Sonuç tablolarına göre; Karayolu kaynağında gürültü perdesi imalatı yapıldığında  $L_{gag}$  zaman diliminde rahatsızlık limiti üzerinde 70 kişinin bulunduğu, demiryolu kaynağında ise perdeleme sonrası  $L_{gag}$  zaman diliminde 492 kişinin rahatsızlığının sona ermediği, ancak önceki duruma göre perdenin yüzde 50 oranında fayda sağladığı görülmektedir.

**Tablo 4.7: Demiryolu pilot bölgesinde mevcut durum / gürültü paneli sonrası gürültü rahatsızlık sınırındaki insan sayısı değişimi**

	Mevcut gürültü rahatsızlığı olan insan sayısı	% Yüzde	Panel sonrası gürültü rahatsızlığı olan insan sayısı	% Yüzde
$L_{gündüz}$	866	<b>12</b>	74	<b>1</b>
$L_{akşam}$	740	<b>10</b>	65	<b>1</b>
$L_{gece}$	449	<b>6</b>	42	<b>1</b>
$L_{gag}$	967	<b>14</b>	492	<b>7</b>
Toplam insan	7091	100	7091	100

Pilot alanlara ait bina cephe haritaları Bkz: Ek 7' de yer almaktadır.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Hızla metropolleşen kentlerde artan nüfus ve buna bağlı olarak büyüyen ulaşım hacmi, gürültü sorununu ortaya çıkartmaktadır. Karayolu, demiryolu ve havayolu araçlarının oluşturduğu trafik kent sakinlerinde rahatsızlık yaratan bir çevresel kirlilik olarak tanımlanmaktadır. Yapılan çalışmalar sayesinde gürültünün kent sakinlerinde yalnızca rahatsızlığa sebep olmadığı; öfke, memnuniyetsizlik, çaresizlik, depresyon, anksiyete, dikkat dağınıklığı ya da yorgunluk ve uyku bozukluğu (WHO, 1999) gibi etkilerinin de olduğu belirlenmiştir. Kişilerde baş ağrısı, stres, konsantrasyon ve uyku bozuklukları, kalp ve dolaşım hastalıkları, inme gibi olumsuz etkilere sahip olan gürültü rahatsızlığının etkileri İzmir bölgesi için incelenerek Türkiye'deki rahatsızlık eşik değerleri araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında İzmir ilinde karayolu ve demiryolu kaynaklarından oluşan gürültünün insanlar üzerinde yarattığı rahatsızlığın başladığı desibel seviyesi araştırılmıştır. Gürültü kaynaklarına yakın bölgede oturan ve konu hakkında şikayeti olan kişilere anket çalışması uygulanarak, gürültü rahatsızlığı ile kişilerin sosyal durumları arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Katılımcılara ait konutların cephesinde  $L_{gündüz}$ ,  $L_{akşam}$ ,  $L_{gece}$  ve  $L_{gag}$  zaman dilimlerinde karayolu ve demiryolu kaynaklarından meydana gelen gürültü seviyeleri İzmir Stratejik Gürültü Haritası sonuçlarından elde edilerek, farklı zaman dilimlerinde gürültü rahatsızlığı başlangıç seviyesi belirlenmiştir. Bunun yanında anket sonuçlarına istinaden İzmir ilinde seçilen iki pilot bölgede farklı ulaşım kaynaklarının etrafında gürültü perdesi modellenmiştir. Modelleme esnasında rahatsızlık başlangıç seviyeleri kullanılarak uygulanan perdelerin mevcuttaki gürültü rahatsızlığına etkisi araştırılmıştır.

Anket sonuçlarına göre; bölge sakinlerinin eğitim seviyesi arttıkça gürültü rahatsızlığı, dolayısıyla gürültü şikayetinde artış olmuştur. Erkek katılımcıların kadınlara kıyasla daha fazla gürültü rahatsızlığından şikayetçi olmasının yanında kişilerin sosyo-ekonomik durumlarının yüksek olması rahatsızlık ve gürültü hassasiyetini arttırmaktadır. Örneğin, elde edilen sonuçlarda çalışan kişilerin gürültü konusunda daha hassas olduğu belirlenmiştir. Ayrıca konut alanlarının gürültü kaynaklarına yakın

konumda olması ulaşım gürültüsünün bölge sakinlerinde rahatsızlık, baş ağrısı, stres, konsantrasyon eksikliği, uyku bozuklukları gibi hayat kalitesini etkileyen problemlere sebep olmasını sağlamaktadır. Özellikle İzmir ilinde yılın yarısına yakın süreçte konutların balkon kapıları ve pencereleri açık olduğundan, ulaşım kaynaklarına yakın konumda olan kişilerin rahatsızlığı dikkat çekici seviyelere ulaşmaktadır.

Karayolu ve demiryolu kaynaklı gürültünün yarattığı sağlık etkisinin araştırılması sayesinde; karayolu gürültüsünün kişiler üzerinde en fazla baş ağrısı, kulakta çınlama ve konsantrasyon eksikliği gibi etkiler gösterdiği, bu durumu sinirlilik, stres, rahatsızlık ve uykusuzluğun takip ettiği belirlenmiştir. Demiryolu gürültüsünün ise; katılımcılar üzerinde en fazla konsantrasyon eksikliği ve uykusuzluğa sebep olduğu, bu etkilerin haricinde stres, sinirlilik, rahatsızlık ve kulakta çınlamanın olduğu ortaya çıkmıştır. Karayolu gürültü rahatsızlığı en fazla 41-50 yaş arasındaki katılımcıları etkilerken, demiryolu rahatsızlığı en fazla 30-40 yaş arasında rahatsızlık meydana getirmektedir. Orta yaşlı kent sakinlerinin genç ve yaşlılara kıyasla gürültüden daha çok etkilendiği ortaya çıkmaktadır, ayrıca katılımcılarının yaşı arttıkça işleme sorunları olduğundan ulaşım gürültüsünden duydukları rahatsızlığın azaldığı görülmektedir.

Karayolu ve demiryolu gürültüsünün alıcılar üzerinde yarattığı sağlık etkileri karşılaştırıldığında, sürekli şekilde devam eden karayolu gürültüsü sebebiyle ana arter etrafında yaşayan sakinlerde kulakta çınlama (uğultu) oluştururken, demiryolu şikayetçileri bu durumdan en az şekilde rahatsız olmaktadır. Gece zaman dilimlerinde demiryolu hattını kullanan yük ve yolcu trenlerinin geçişi sebebiyle demiryolundan kaynaklı uykusuzluk etkisi çok yüksek iken, karayolu kaynağından kaynaklı uykusuzluk rahatsızlığı en düşük seviyededir. Gürültü haritalama veya ölçüm esnasında dikkate alınmasa da demiryolu ve karayolu trafiği esnasında kullanılan kornalar, şikayetçilerde yüksek oranda konsantrasyon eksikliğine sebep olmaktadır. Bu farklılıkların yanında ulaşım gürültüsünün tüm anket katılımcılarında stres, sinirlilik ve rahatsızlığa sebep olduğu elde edilmiştir.

Gürültü rahatsızlık anketinde kişilerin yalnızca ulaşım gürültüsünden etkilendiğinin kontrolü amacıyla yöneltilen “rahatsız olduğunuz diğer kaynakları puanlandırınız”

sorusuna verilen cevaplar incelendiğinde, katılımcıların yalnızca inşaat ve komşu gürültüsünden “rahatsız oldukları” ortaya çıkmıştır. Bu kaynaklar yıl içerisinde belirsiz zaman aralıklarında gürültü üreten süreksiz kaynaklardır, bu sebeple asıl araştırılan ulaşım kaynaklarına herhangi bir etki göstermediği düşünülmektedir.

Tez çalışması kapsamında elde edilen gürültü rahatsızlığı başlangıç seviyeleri karayolu için  $L_{gündüz}$  70 dBA,  $L_{akşam}$  70 dBA,  $L_{gece}$  65 dBA ve  $L_{gag}$  70 dBA olarak belirlenmiştir. Demiryolu için bu değerler için  $L_{gündüz}$  55 dBA,  $L_{akşam}$  55 dBA,  $L_{gece}$  50 dBA ve  $L_{gag}$  55 dBA’ dir. Her iki kaynakta da gece gürültü rahatsızlığı diğer zaman dilimlerine kıyasla daha düşük düzeylerde başlamaktadır. Gece zaman diliminde arka plan gürültüsünün oldukça düşük olması, rahatsızlığın diğer zaman dilimlerine göre daha dikkat çekici hale getirmektedir. Ortaya konan karayolu rahatsızlık başlangıç değerinin demiryoluna göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, karayolu gürültüsünün (özellikle ana arterlerde) sürekli gürültü şeklinde oluşması ve kişilerin bu sese zamanla adapte olması, demiryolunun ise periyodik çalışması sebebiyle özellikle gece zaman diliminde sessizliği kısa süreliğine de olsa ortadan kaldırması hatta kişilerin amaçlanan faaliyetini etkilemesidir (örneğin uykuyu bölmesi).

Çalışma kapsamında karayolu ve demiryolu kaynaklarından kaynaklı gürültü rahatsızlığı başlangıç seviyeleri

Elde edilen  $L_{gag}$  gürültü başlangıç seviyeleri Miedema ve Oudshoorn’ un %HA ve %A denklemlerinde yerine konulduğunda; İzmir kent sakinlerinin yüzde 24.7’ sinin karayolu gürültüsünden ve yüzde 2.5’ inin demiryolu gürültüsünden “oldukça rahatsız” (%HA) olması; ayrıca yüzde 47.1’ lik kesimin karayolu gürültüsünden, yüzde 9,6’ sının da demiryolu gürültüsünden “rahatsız” (%A) olması beklenmektedir. Ancak İzmir ulaşımından kaynaklı gürültüden yalnızca ankete katılan şikayetçilerin “oldukça rahatsız” olduğu varsayımı ile ilerlendiğinde karayolu gürültüsünden nüfusun yüzde 0,002’ sinin %HA olduğu, demiryolu gürültüsünden ise nüfusun yüzde 0,001’ inin %HA olduğu belirlenmiştir.

Kanada Montreal’ de yapılan karayolu ve demiryolu rahatsızlığı çalışmasında karayolundan kaynaklı %HA 8.8, %A 20.1 ve demiryolundan kaynaklı %A 6.1 olarak

belirlenmiştir. Pekin' de trafik gürültü seviyesinin ve gürültü rahatsızlığının belirlenmesi, gürültünün konutların yaşam kalitesine etkisini değerlendirme amacıyla Çin' deki 4. Çevre Yolu yakınlarındaki 12 katlı bir üniversite yurdunda yapılan gürültü ölçümlerinde gece gündüz zaman diliminde gürültü seviyesinin 79.4 dBA olduğu ve yurt sakinlerine uygulanan ankette katılımcıların yüzde 50' sinin bu gürültüden “çok rahatsız olduğu” ortaya çıkmıştır. Hesaplanan %HA değeri ise yüzde 51.36' dır. İsveç Gothenburg' da yapılan anket çalışmasında 55 dBA' lık demiryolu gürültüsünden, nüfusun yüzde 10' unun aşırı derecede rahatsız olduğu, yüzde 13' ünün çok rahatsız olduğu, yüzde 20' sinin orta derecede rahatsız olduğu, yüzde 34' ünün biraz rahatsız olduğu ve yüzde 23' ünün hiç rahatsız olmadığı ortaya konmuştur. 55 dBA 'lık karayolu gürültüsü için, nüfusun yüzde 6' sının çok sinirlendiği, yüzde 11' inin çok rahatsız olduğu, yüzde 19' unun orta derecede rahatsız olduğu, yüzde 45' inin biraz sinirlendiğini ve yüzde 19' unun hiç de rahatsız olmadığı belirlenmiştir. Brezilya Curitiba'da yapılan anket çalışması ile İzmir gürültü rahatsızlığı anketi karşılaştırıldığında, ankete katılan 860 Curitiba'nın yüzde 73' ünün karayolu gürültüsünden rahatsız olduğu ve bu durumun katılımcılarda sinirlilik, konsantrasyon eksikliği, uykusuzluk yarattığı ortaya konmuştur. İzmir gürültü anketi ile şikayetçilerin baş ağrısı, stres, konsantrasyon eksikliği, kulakta çınlama, sinirlilik ve uykusuzluk gibi sorunlar yaşadığı ve İzmir nüfusunun yüzde 0,002' sinin karayolu, 0,001' inin demiryolu gürültüsünden “oldukça rahatsız” olduğu ortaya konmuştur.

Anket katılımcıları buldukları bölgedeki gürültü kaynağının yarattığı rahatsızlığın giderilmesi için kaynak etrafına gürültü perdesi yapılmasını talep etmektedirler. Bu talebin ortaya çıkmasındaki en önemli etken, İzmir ilinde KGM 2.Bölge Müdürlüğü'nün İzmir Çevre Yolu'nun muhtelif kesimlerinde yaptırmış olduğu ve TCDD'nin Demirköprü-Nergiz İstasyonları arasında uyguladığı gürültü perdeleridir. Yapılan çalışmalar bölge sakinlerinde karayolu ve demiryolu kaynaklı gürültünün perde tipi imalatlarla önlenebileceği algısı yaratmış ve bu imatlardan sonra yoğunlukla sorunlu yerlere gürültü perdesi isteği yerel yönetime şikayet kanalları ile ulaşmıştır. Bu algının doğruluğunu araştırmak amacıyla İzmir ili Karşıyaka ilçesinde seçilen iki pilot bölgede karayolu ve demiryolu kaynakları etrafına gürültü perdesi tasarlanmıştır. Elde edilen rahatsızlık başlangıç seviyeleri limit kabul edilerek, perdeleme sonrası karayolu

pilot bölge nüfusunun yüzde 99' unun, demiryolu kaynağında  $L_{gündüz}$ ,  $L_{akşam}$  ve  $L_{gece}$  zaman diliminde yüzde 99' unun,  $L_{gag}$  zaman diliminde ise pilot bölge nüfusunun yüzde 93' ünün gürültü rahatsızlığının ortadan kalkacağı ortaya çıkmıştır.

Tüm bu bilgiler ışığında yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen limit değerlere bakıldığında İzmir ilinde karayolu ve demiryolu kaynaklarından ortaya çıkan ulaşım gürültüsü kişilerin sağlığını etkileyecek seviyededir. Karayolu gürültü rahatsızlığının demiryoluna oranla daha yüksek seviyelerde ortaya çıktığı ve iki kaynak arasında rahatsızlık başlangıç seviyelerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte rahatsızlık sorununun çözümüne yönelik olarak sorunlu noktalara gürültü önlemi için uygulanacak perde tipi imalatlar sayesinde, bölge sakinlerine ulaşım gürültü azaltılarak rahatsızlık limitlerinin altına indirilebilecektir.

## KAYNAKÇA

### *Kitaplar*

FHWA Federal Highway Administration, 2000: Highway Noise Barrier Design Handbook

KURRA, S., 2009 *Çevresel Gürültüsü ve Yönetimi (Cilt I. Cilt)*. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi





### *Süreli yayınlar*

Babisch, W., 2014: Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: a meta-analysis. *Noise Health* 16, 1–9. <http://dx.doi.org/10.4103/1463-1741.127847>.

Camusso, C., Meszaros-Kis, A., Chiron, M., Joumard, R., Karkalis, K., Arapis, G., Kehagia, F., Folkeson, L., Dimopoulou, S., Ortega Perez, E., Mancebo Quintana, S., Waeger, P., Boughedaoui, M., Hours, M., Poda, J.N., 2010: Annex 6, description of the 49 chains of causalities. In: Joumard, R., Gudmundsson, H. (Eds.), *Indicators of Environmental Sustainability in Transport*. INRETS, Bron, sayfa 307–346.

Correia AW, Junenette L, Jonathan I, Melly S, Dominici F. Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular diseases, 2013: Multiairport retrospective study (2013) *BMJ (Online)*, 347 (7928), art. no. f5561

Dratva, J., Zemp, E., Felber Dietrich, D., Bridevaux, P.-O., Rochat, T., Schindler, C., vd., 2010. Impact of road traffic noise annoyance on health-related quality of life: results from a population-based study. *Qual. Life Res. Int. J. Qual. Life Asp. Treat. Care Rehab.* 19, 37–46. <http://dx.doi.org/10.1007/s11136-009-9571-2>.

Evy Öhrström, Lars Barregård, Eva Andersson, Annbritt Skånberg, Helena Svensson, and Pär Ängerheim, 2007: Annoyance due to single and combined sound exposure from railway and road traffic

Floud S, Blangiardo M, Clark C, De Hoogh K, Babisch W, Houthuijs D, Swart W, Pershagen G, Katsouyanni K, Velonakis M, Vigna-Taglianti F, Cadum E, Hansell AL. Exposure to aircraft and road traffic noise and associations with heart disease and stroke in six European countries, 2013: A cross-sectional study (2013) *Environmental Health*, 12 (1), art. no. 89.

Guoqing Di, Xiaoyi Liu, Qili Lin, Yue Zheng, Lingjiao He, 2011. The relationship between urban combined traffic noise and annoyance: An investigation in Dalian, north of China.

Hamamci, S.F., Sari, D., Ozkurt, N., 2013: Modeling of Noise Pollution and Estimated Human Exposure around the İzmir Adnan Menderes Airport, *Second International Conference on Water, Energy and the Environment*, 296, Kusadası, Turkey, September

Hansell AL, Blangiardo M, Fortunato L, Floud S, De Hoogh K, Fecht D, Ghosh RE, Laszlo HE, Pearson C, Beale L, Beevers S, Gulliver J, Best N, Richardson S, Elliott P. Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London, 2013: Small area study *BMJ (Online)*, 347 (7928), art. no. f5432

Hui-Juan Li, Wen-Bo Yu, Jing-Qiao Lu, Lin Zeng, Nan Li, and Yi-Ming Zhao, 2007: Investigation of Road-Traffic Noise and Annoyance in Beijing: A Cross-Sectional Study of 4th Ring Road

Huss, A, Spoerri A, Egger M, Rössli M. Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction, 2010: *Epidemiology*, 21 (6), pp. 829-836.

Kephalopoulos, S., Paviotti, M., Anfosso-Ledee, F., Van Maercke, D., Shilton, S., Jones, N., 2014: Advances in the development of common noise assessment methods in Europe: the CNOSSOEU framework for strategic environmental noise mapping. *Sci. Total Environ.*, 400–410 <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.031>, 482–483.

Kroesen, M., Molin, E.J.E., Miedema, H.M.E., Vos, H., Janssen, S.A., van Wee, B., 2009: Estimation of the effects of transportation noise annoyance on residential satisfaction. In: 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.

Laure-Anne Gille, Catherine Marquis-Favre, Julien Morel, 2015: Testing of the European Union exposure-response relationships and annoyance equivalents model for

annoyance due to transportation noises: The need of revised exposure-response relationships and annoyance equivalents model.

Martina S. Ragettli, Sophie Goudreau, Céline Plante, Stéphane Perron, Michel Fournier and Audrey Smargiassi, 2015: Annoyance from road traffic, trains, airplanes and from total environmental noise levels.

Miedema HME, Oudshoorn CGM, 2001: Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environ Health Perspect* 2001;109:409–16.

Ohrstrom, E., 2004: Longitudinal surveys on effects of changes in road traffic noise-annoyance, activity disturbances, and psycho-social well-being. *J. Acoust. Soc. Am.* 115 (2), 719–729.

Ozkurt, N., Hamamci, S.F., Sari, D., 2015: Estimation of airport noise impacts on public health. A case study of İzmir Adnan Menderes Airport, *Transportation Research Part D*, 36, 152-159.

Paulo H.T. Zannin, Alfredo Calixto, Fabiano B. Diniz, José A.C. Ferreira, 2002: A survey of urban noise annoyance in a large Brazilian city: the importance of a subjective analysis in conjunction with an objective analysis.

Sari, D., Ozkurt, N., Hamamci, S.F., Ece, M., Yalcindag, N., Akdag, A., Yugruk Akdag, N., 2014: Assessment of noise pollution sourced from entertainment places in Antalya, Turkey, *Internoise 2014*, 141, Melbourne, Australia, November 16-19.

Sørensen M, Hvidberg M, Andersen ZJ, Nordsborg RB, Lillelund KG, Jakobsen J, Tjønneland A, Overvad K, Raaschou-Nielsen O. Road traffic noise and stroke, 2011: A prospective cohort study (2011) *European Heart Journal*, 32 (6), pp. 737-744.

Van Kempen E, Babisch W. The quantitative relationship between road traffic

noise and hypertension: A meta-analysis (2012) *Journal of Hypertension*, 30 (6), pp. 1075-1086.

Vienneau D, Perez L, Schindler C, Probst-Hensch N, Rösli M. The relationship between traffic noise exposure and ischemic heart disease a meta-analysis (2013) In: *Proceedings of INTER-NOISE 2013, the 42nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*. Innsbruck, Austria.



## ***Diğer Yayınlar***

Anon, *The Green Paper on Future Noise Policy*, European Commission, Nov.1997

ÇGDYY, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 2010: 27601 sayılı Resmi Gazete

ÇGÖDK, Çevresel Gürültüyü Önleme ve Denetleme Kılavuzu, 2011

EEA Technical Report, 2010: Good practice guide on noise exposure and potential health effects, November

EEA Report, 2014: Noise in Europe

END, European Commission, 2002: Directive 2002/49/EC of the European Parliament and the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and manage of enviromental noise, *Official Journal of European Commun*

IRMER V.K., 2000. *Assesment of Conflict Plans on the Basis of Noise Mapping in Germany*,. Internoise 2000 Congress,

İSGHR, 2015: Çevresel Gürültü Direktifinin Uygulama Kapasitesi için Teknik Yardım Projesi(EuropeAid/131352/D/SER/TR) *İzmir Stratejik Gürültü Haritalama Raporu*, Aralık

Lambert J., Vallet M., *Study Related to the Preparation of a Communication in a Future Noise Policy*, Final Report, INRETS, Dec 1994

NMPB, 1996: Nouvelle Methode de Prevision du Bruit des Routes.

Noise Barrier Design, Danish and Some European Examples, 2009: *Danish Raod Institute Report 174*

NSW, 2016: Noise Wall Design Guideline, *Design guideline to improve the appearance of noise walls in NSW*

OJEU, 2003: *Avrupa Birliği Resmi Gazetesi (OJEU) 6 Ağustos 2003, Komisyon Tavsiye Kararları 2003/613/EC*

RIVM Report, 2014: Health implication of road, railway and aircraft noise in the European Union: *Provisional results based on the 2<sup>nd</sup> round of noise mapping.*

RMRS, 1996: 'Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, November

TS ISO 9613-2, 1996: Acoustics - attenuation of sound during propagation outdoors- Part 2: general method of calculation.

TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, 2013: *2012 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları.*

WG-AEN, European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, 2007: Position Paper-Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure.

WHO, 2009: Night noise guidelines for europe. Regional Office for Europe.

WHO, 2011: Burden of Disease from Environmental Noise. *Regional Office for Europe.*

XPS 31-133' Karayolu gürültüsü için Fransız hesaplama yöntemi

"7 Cost-Benefit Analysis for Noise Control." National Academy of Engineering. 2010. *Technology for a Quieter America*. Washington, DC: The National Academies Press. doi: 10.17226/12928.

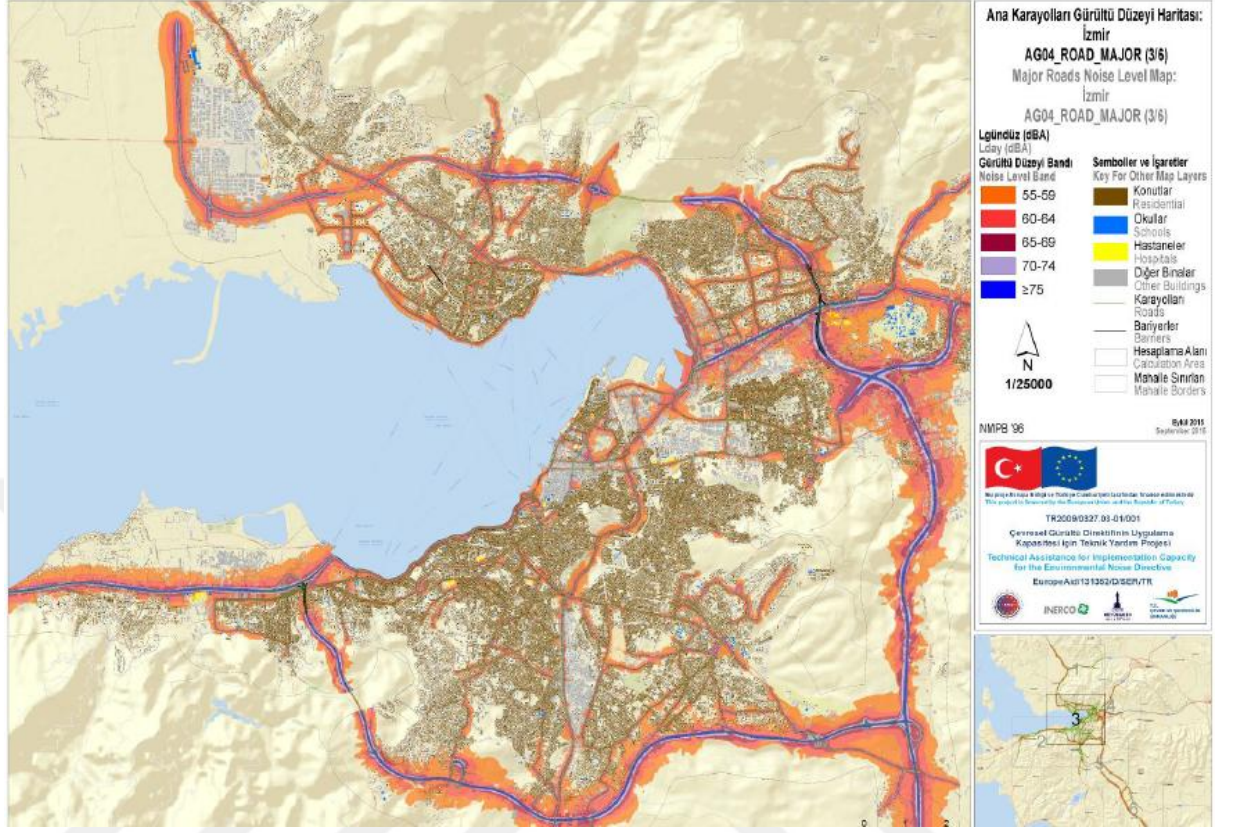


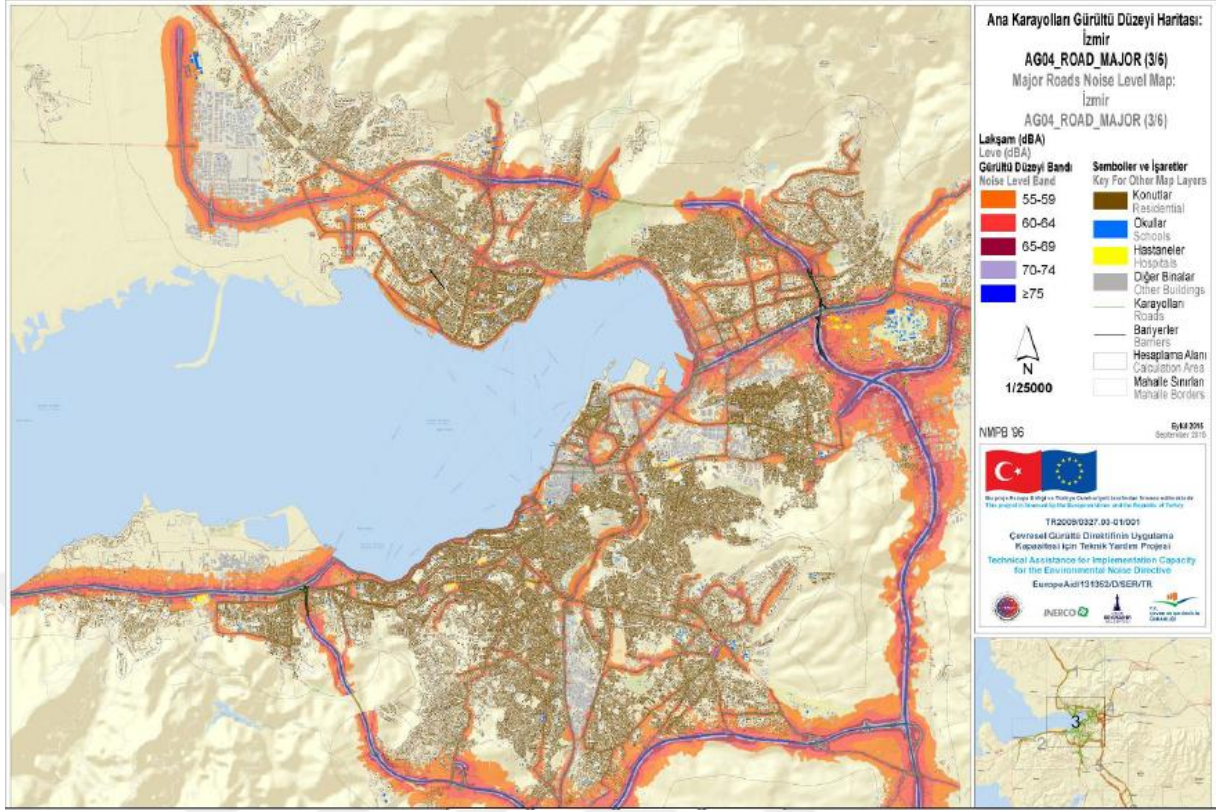
## EKLER



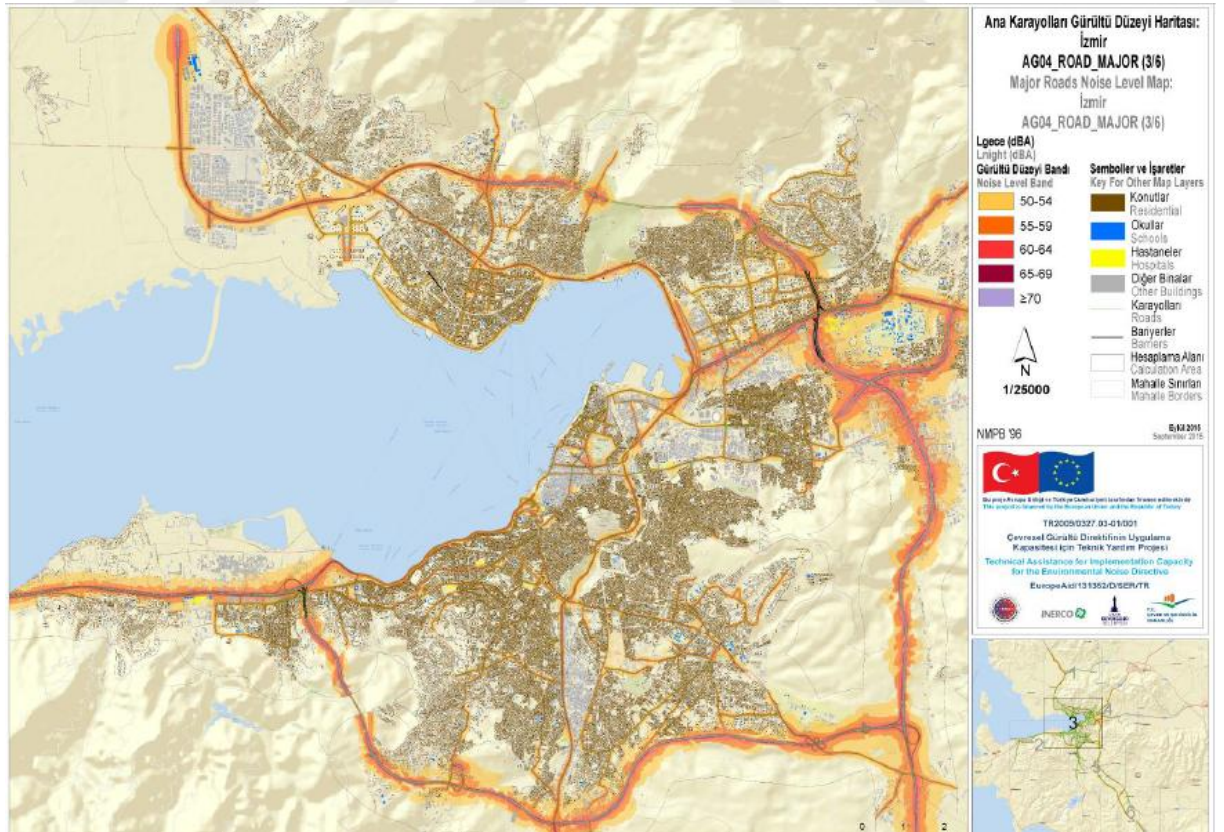


## EK 1: İzmir Stratejik Gürültü Haritası Sonuçları

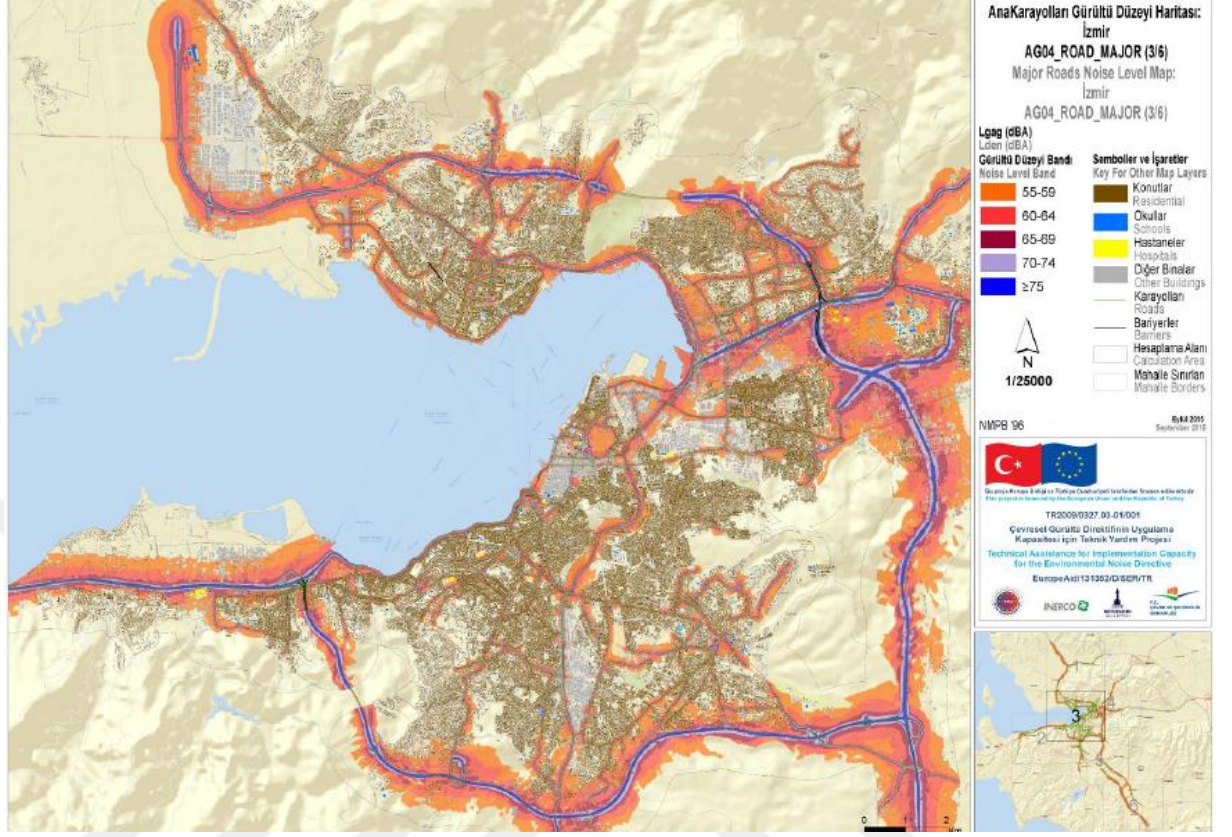




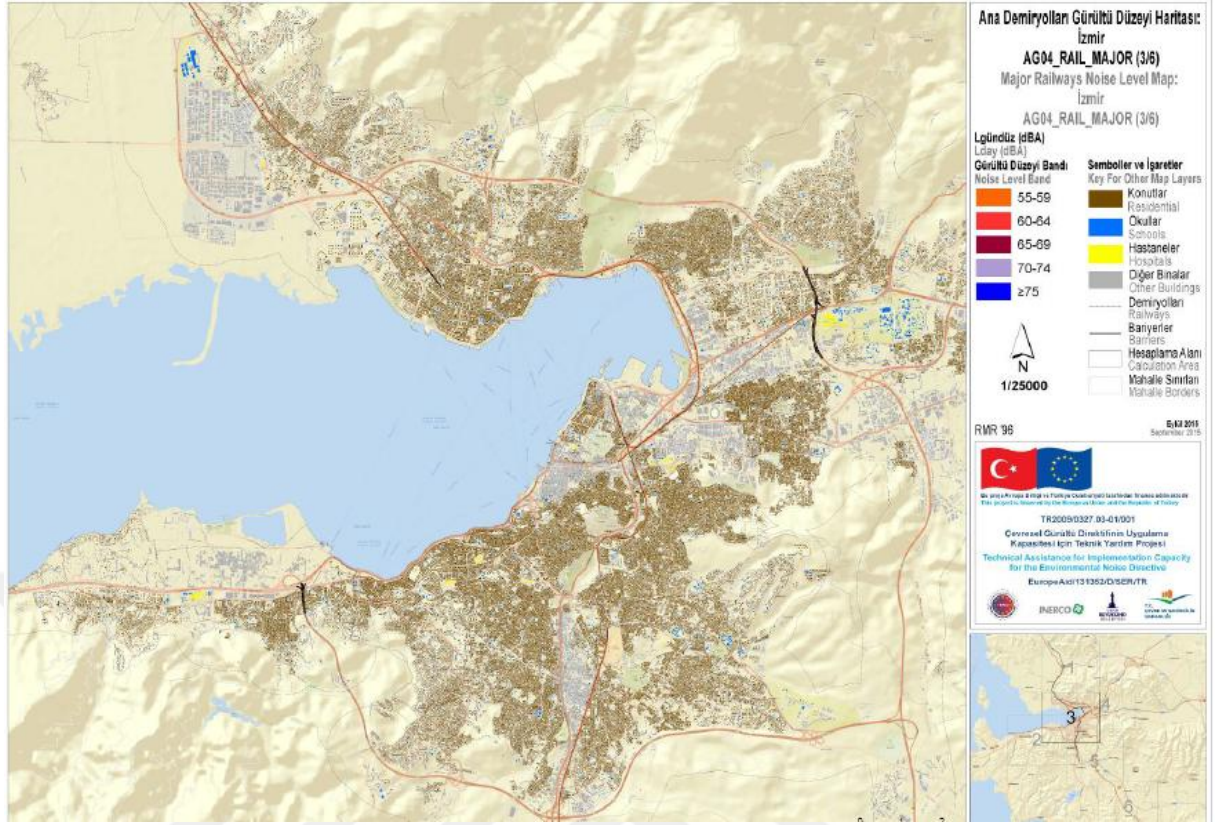
Şekil 1A.2 Karayolu gürültü haritası Laksam



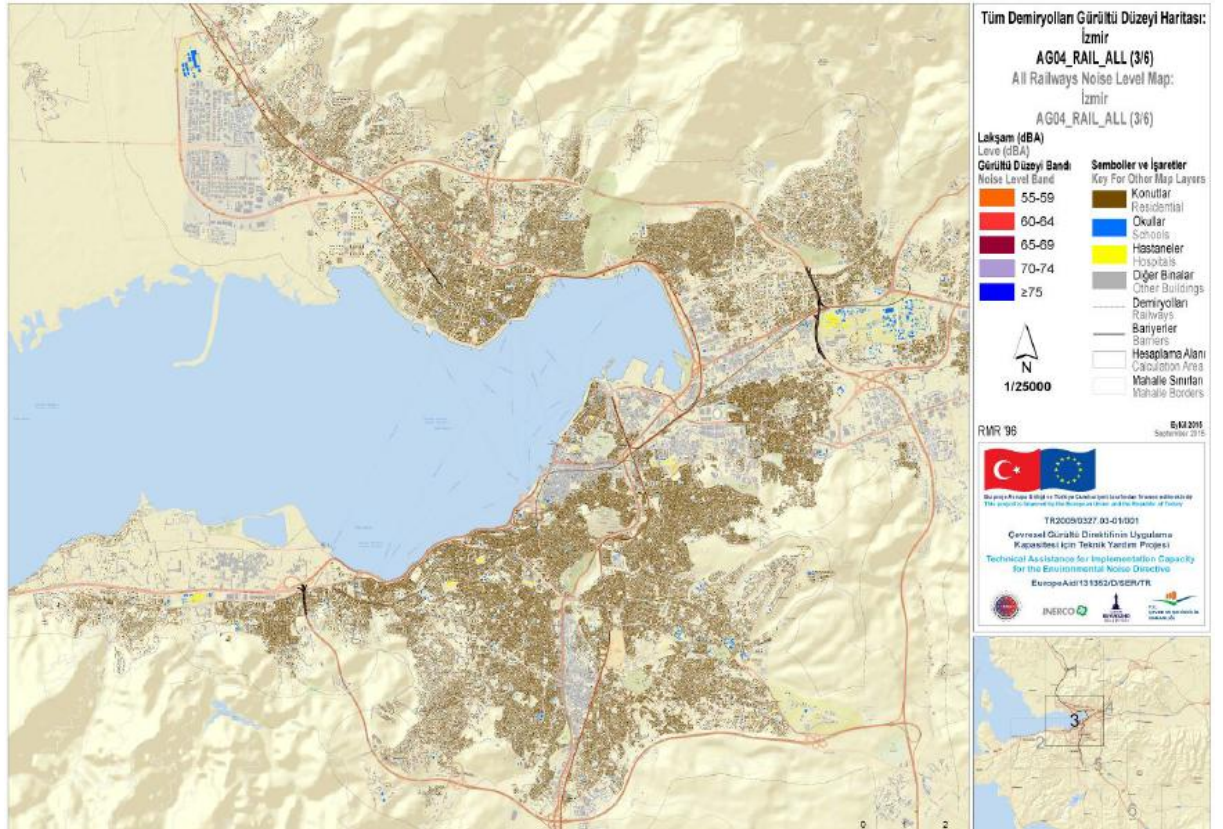
Şekil 1A.3 Karayolu gürültü haritası  $L_{gece}$



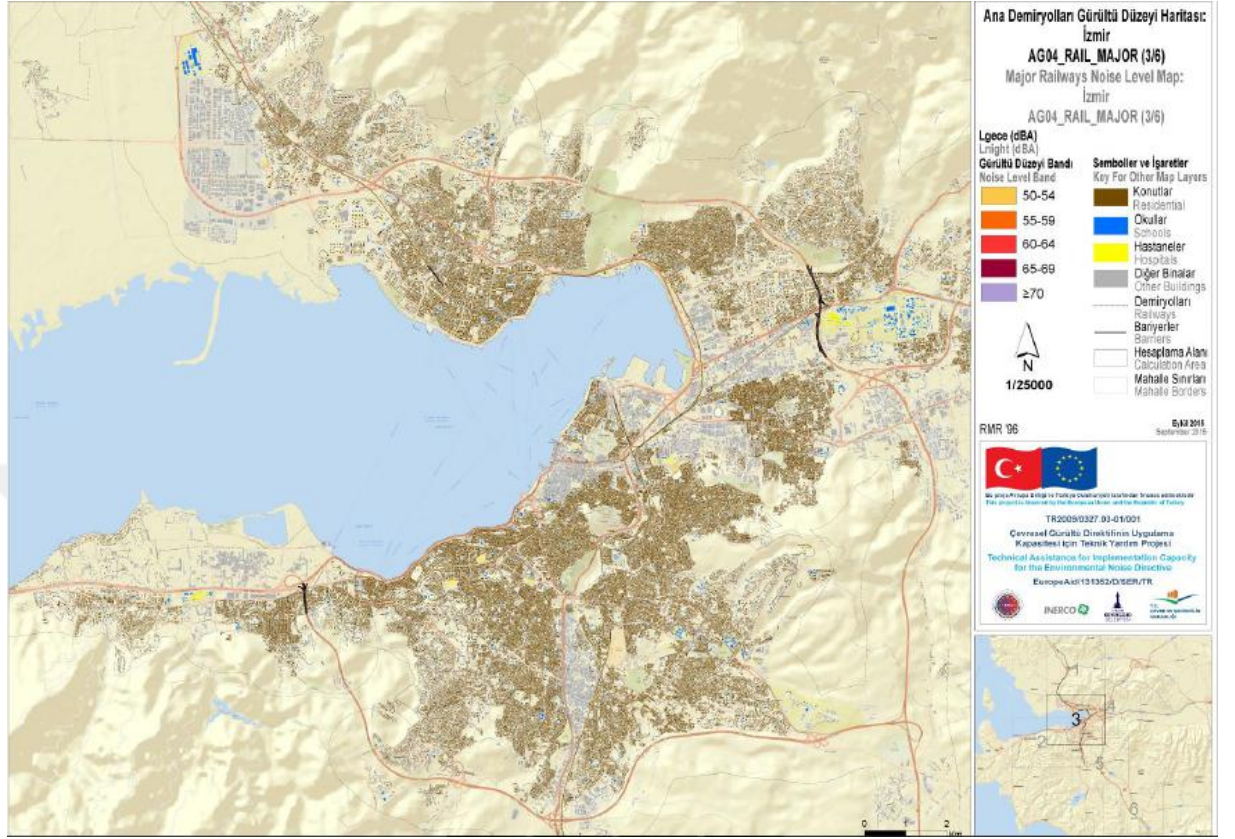
Şekil 1A.4 Karayolu gürültü haritası  $L_{gag}$



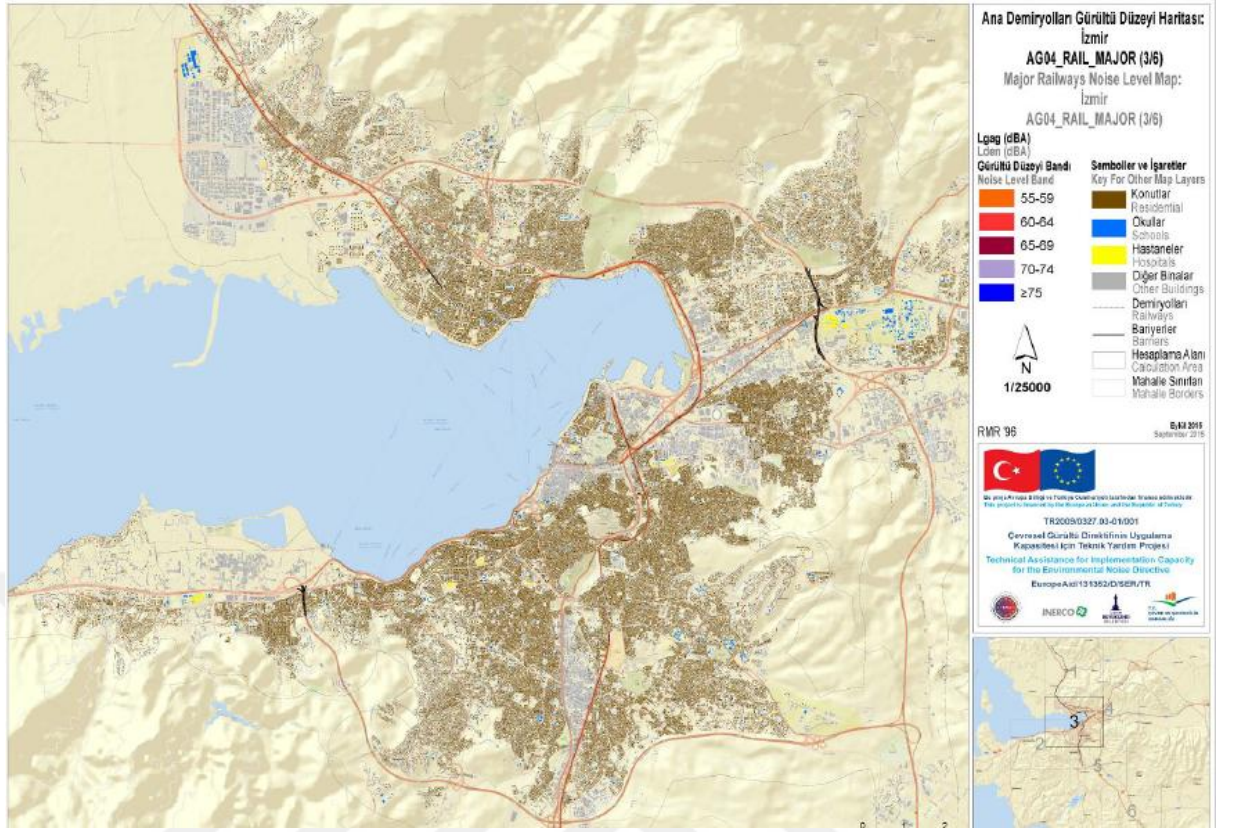
Şekil 1A.6 Demiryolu gürültü haritası L<sub>gündüz</sub>



Şekil 1A.7 Demiryolu gürültü haritası L<sub>akşam</sub>



Şekil 1A.8 Demiryolu gürültü haritası L<sub>gece</sub>

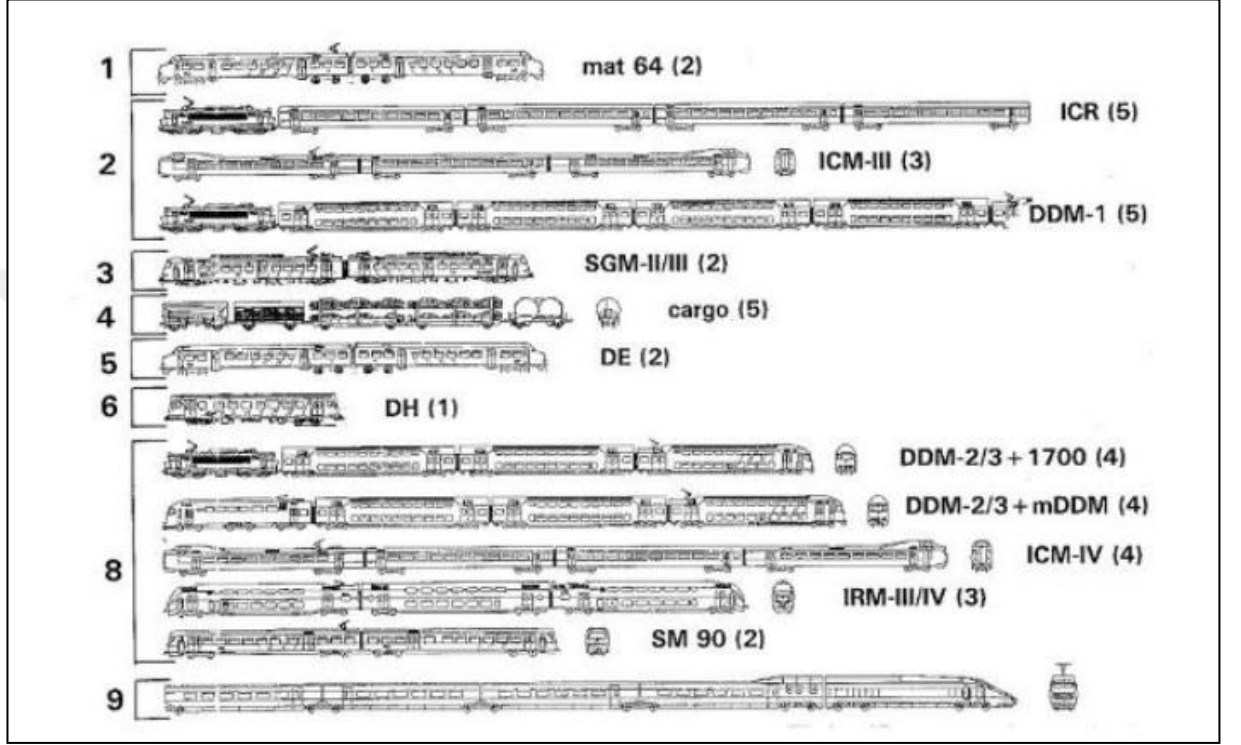


Şekil 1A.9 Demiryolu gürültü haritası L<sub>gag</sub>

## EK 2: Hollanda tren gürültüsü hesaplama metoduna ilişkin tren kategorileri

Uygun RMR kategorisini seçerken genellikle lokomotif güç ünitesi tipi, fren tipi ve bir trendeki demiryolu taşıtı sayısı dikkate alınmaktadır. Bu kriterler doğrultusunda Hollanda RMR kategorilerine atanan trenler aşağıda gösterilmiştir.

Şekil 2.A.1 RMR Metoduna göre seçilen tren kategorileri



## EK 3: İzmir Gürültü Rahatsızlığı Anketi

Şekil 3A.1 Gürültü Rahatsızlık Anketi

**GÜRÜLTÜ KAYNAKLI RAHATSIZLIK ANKETİ**

1- Yaş: \_\_\_\_\_

2- Cinsiyet:  Kadın  Erkek  
 Post-menopoz

3- Medeni Durum:  Bekar  Evli  Ayrı/dul  Belirtilmedi

4- Çalışıyor musunuz?  Hayır  
 Evet Mesleğinizi belirtiniz \_\_\_\_\_

5- Öğrenim durumu:  
 İlkokul Mezunu  Ortaokul Mezunu  Lise Mezunu  Üniversite Mezunu

6- Eve giren aylık toplam net geliriniz nedir?  
 < 1.000 TL  1.000 - 2.000 TL  2.000 - 3.000 TL  
 3.000 - 4.000 TL  4.000 - 5.000 TL  5.000 TL ve üzeri

7- Evde kaç kişi yaşıyorsunuz?  
 Tek Başına  2  3  4  5 ve/veya üzeri

8- İkamet ettiğiniz yerde maruz kaldığınız karayolu/demiryolu gürültüsünü puanlayınız.  
(1= hiç rahatsız olmuyorum; 5= çok rahatsızım)  
 1  2  3  4  5

9- Karayolu/demiryolu gürültüsü, günün hangi saat aralığı ya da aralıklarında rahatsızlığa sebep oluyor? (sebeb olan tüm aralıkları belirtiniz)  
 Gündüz (7:00-19:00)  Akşam (19:00-23:00)  Gece (23:00-7:00)

10- Maruz kaldığımız karayolu/demiryolu gürültüsünün sağlığımız üzerinde herhangi bir olumsuz etki yarattığını düşünmüyor musunuz?  
 Evet  Hayır (11. soruya devam ediniz)

11- Karayolu/demiryolu gürültüsünün sağlığınıza nasıl bir etkisi olmaktadır?  
 Baş ağrısı  Konsantrasyon eksikliği  
 Stres  Sinirlilik / rahatsızlık  
 Uykusuzluk  Kulaklarda çınlama  
 Diğer (Lütfen Belirtiniz: \_\_\_\_\_)

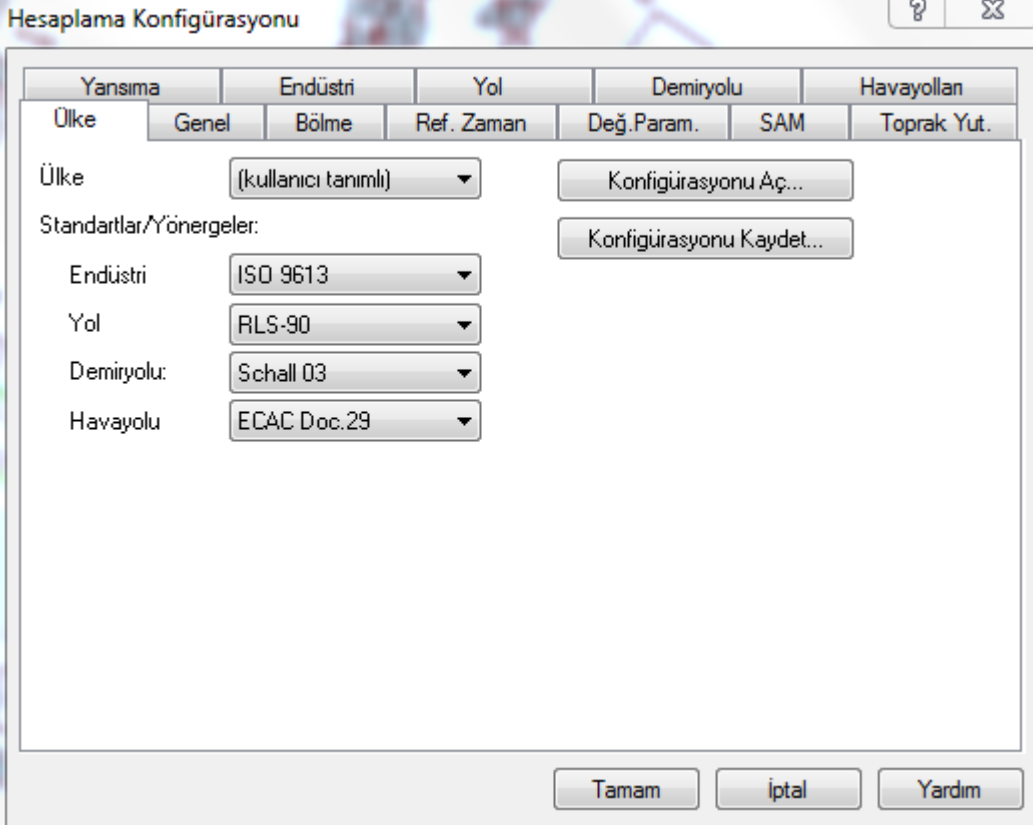
12- Karayolu/demiryolu gürültüsü hariç maruz kaldığımız gürültü kaynaklarını puanlayınız.  
(1= hiç rahatsız olmuyorum; 5= çok rahatsızım)  
 İnşaat  1  2  3  4  5  
 Eğlence  1  2  3  4  5  
 Uçak  1  2  3  4  5  
 Komşular  1  2  3  4  5  
 Diğer (Lütfen Belirtiniz: \_\_\_\_\_)  1  2  3  4  5

13- Karayolu/demiryolu gürültüsünün önlenmesi amacıyla ne gibi tedbirler alınması gerektiğini düşünmüyorsunuz?  
(Lütfen Belirtiniz: \_\_\_\_\_)



## EK 4: CadnaA konfigürasyonları

Şekil 4A.1 Standart konfigürasyonları



Hesaplama Konfigürasyonu

Yansıma	Endüstri	Yol	Demiryolu	Havayolları		
Ülke	Genel	Bölme	Ref. Zaman	Değ.Param.	SAM	Toprak Yut.

Ülke: (kullanıcı tanımlı)

Standartlar/Yönergeler:

Endüstri: ISO 9613

Yol: RLS-90

Demiryolu: Schall 03

Havayolu: ECAC Doc.29

Şekil 4A.2 Zaman dilimi konfigürasyonları

**Hesaplama Konfigürasyonu**

Yansıma		Endüstri		Yol		Demiryolu		Havayolları	
Ülke	Genel	Bölme	Ref. Zaman	Değ.Param.	SAM	Toprak Yüt.			

Tahsis Saatleri - Dönemi; Gündüz, Akşam, Gece:

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	00
N	N	N	N	N	N	N	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E	E	N	N

Gündüz Cezası (dB):   Yalnızca şunun için Dinl. Zamanı Cez

Akşam/Dinl. Zamanı Cezası (dB): 

(ohne Nutzung)  
 KU Kurgebiet  
 WR reines Wohngebiet  
 WA allg. Wohngebiet  
 MI Mischgebiet  
 GE Gewerbegebiet

Gece Cezası (dB):

Endüstri için Özel Referans Zaman (dak):

Gündüz:  Gece:

Eğl. Zaman:

**Hesaplama Konfigürasyonu**

Ülke	Genel	Bölme	Ref. Zaman	Değ.Param.	SAM	Toprak Yüt.			
Yansıma		Endüstri		Yol		Demiryolu		Havayolları	

RLS-90 yönergelerine tam u

Tam olarak bir Yansıma Dizisi Hesapla

Yanal Kırınım Yok

Binalardan Kaynaklı Zayıflama Yok

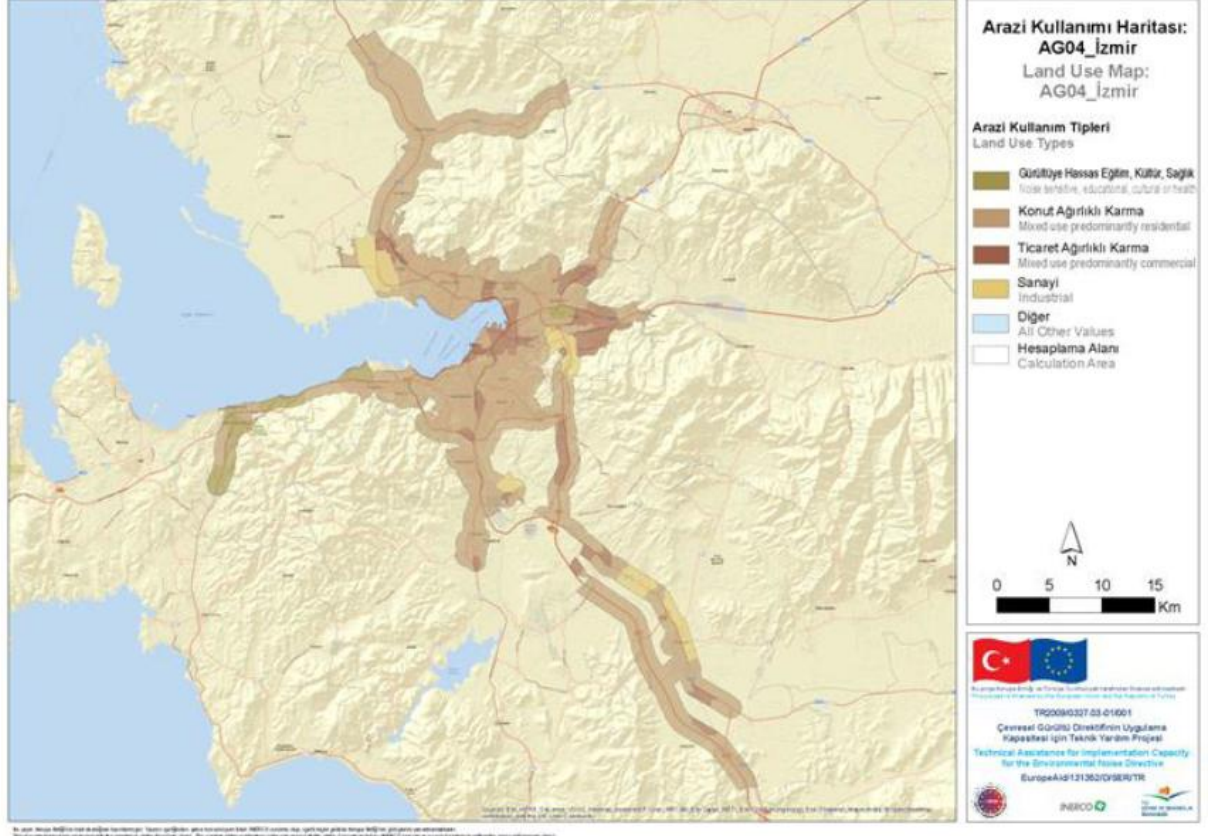
Bitki Örtüsünden Kaynaklı Zayıflama Yok

Dış Şeritleri ayrı hesapla

Meteoroloji Yok (Cmet, bkz. Endüstri)

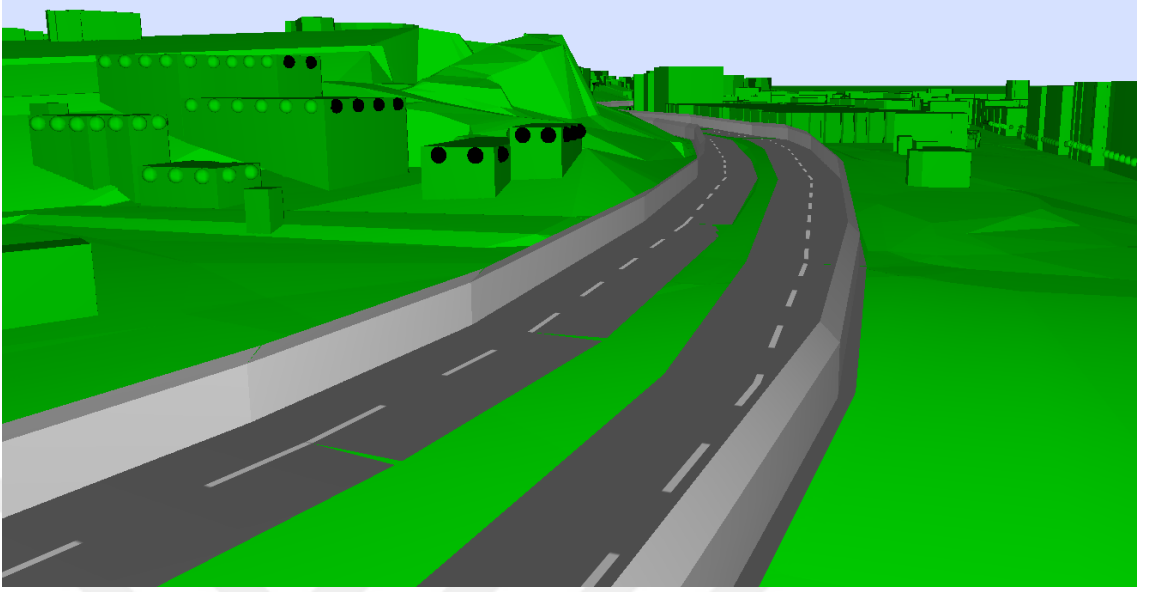
VBUS uyarınca hesaplama

## EK 5 : İzmir ili arazi kullanım haritası



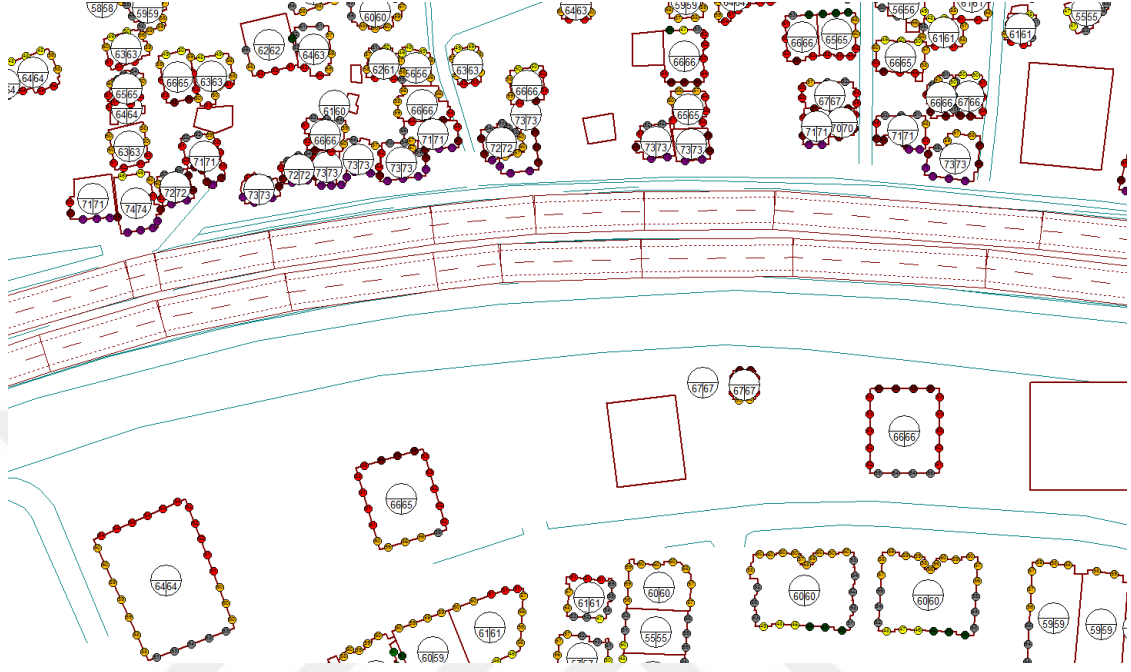
Şekil 5A.1 İzmir ili arazi kullanım haritası

## EK 6: Üç Boyutlu Gürültü Perdesi

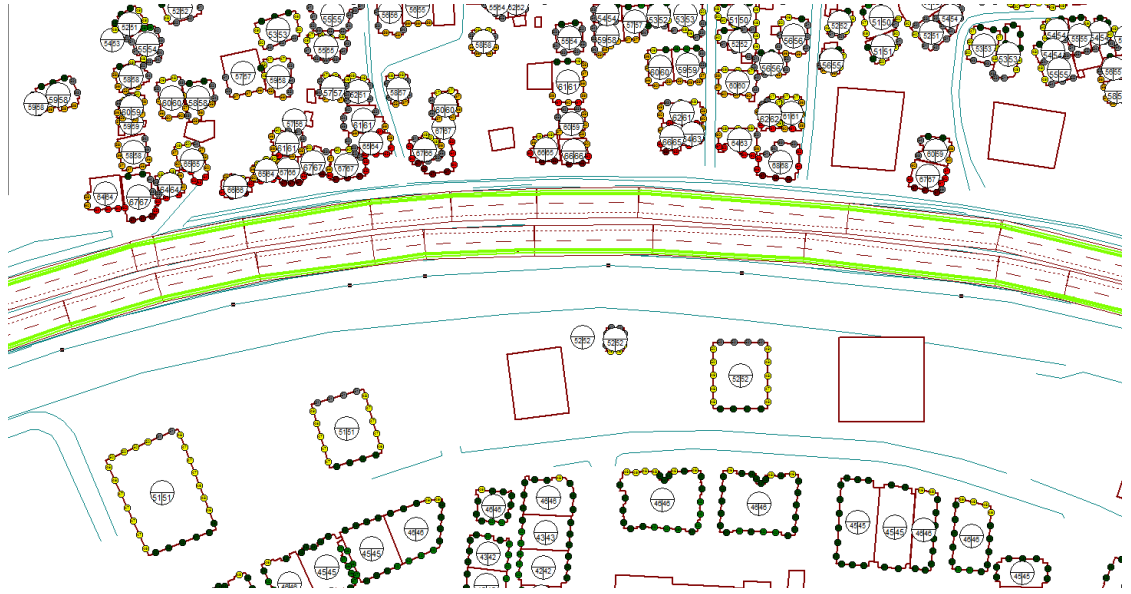


Şekil 6A.1 Modellenen gürültü perde örneği

## EK 7: Karayolu/demiryolu pilot bölge modelleme sonuçları



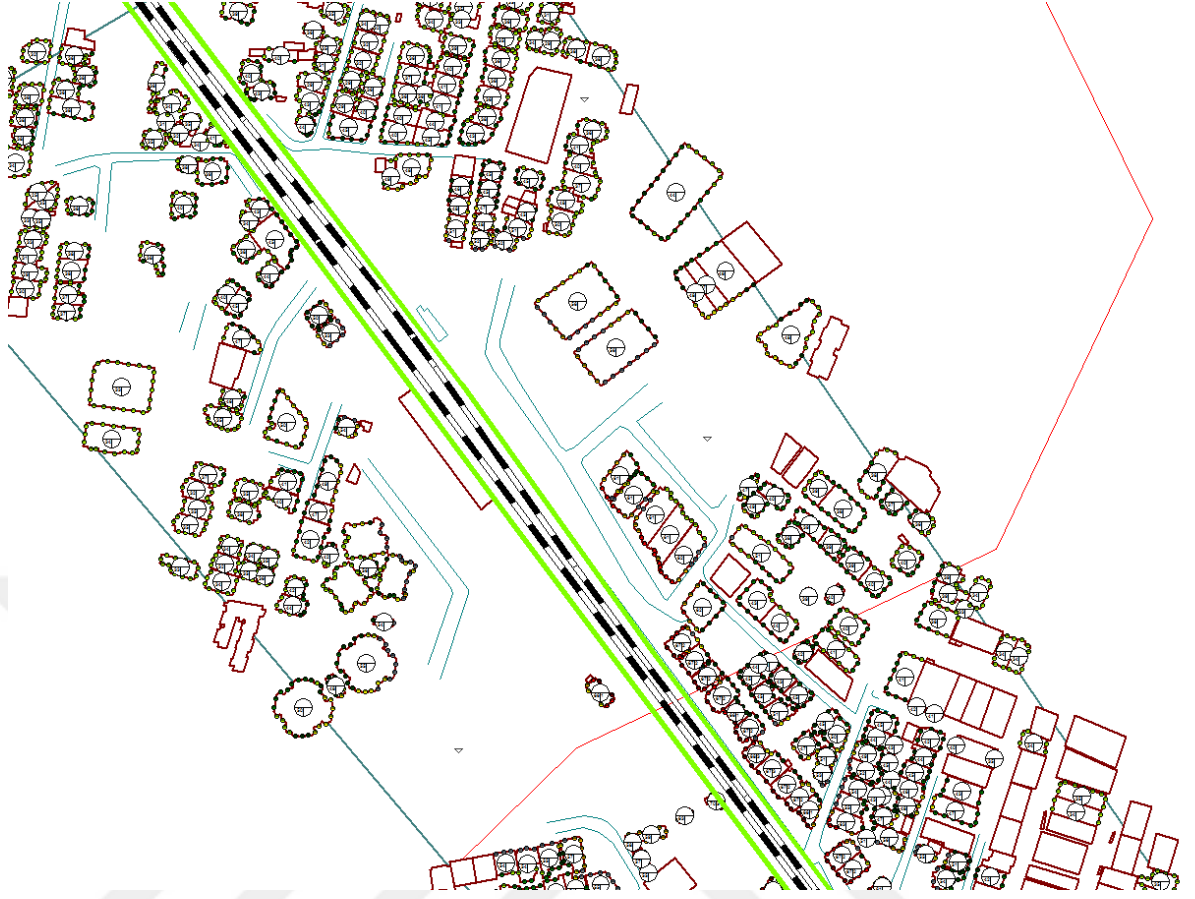
Şekil 7A.1 Anadolu caddesi mevcut durum bina gürültü haritası



Şekil 7A.2 Anadolu caddesi gürültü perdeli bina gürültü haritası



Şekil 7A.3 Şemikler tren istasyonu çevresi mevcut durum bina gürültü haritası



Şekil 7A.4 Şemikler tren istasyonu çevresi gürültü perdeli bina gürültü haritası