



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**BİR ÜNİVERSİTE KAMPÜSÜ ALANINDA YOL KAYNAKLI GÜRÜLTÜ
HARİTALAMASI VE GÜRÜLTÜ EYLEM PLANLAMASI :BURSA TEKNİK
ÜNİVERSİTESİ MİMAR SİNAN KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erhan USLU

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Mühendisliği Program Seçiniz

TEMMUZ 2024

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**BİR ÜNİVERSİTE KAMPÜS ALANINDA YOL KAYNAKLI GÜRÜLTÜ
HARİTALAMASI VE GÜRÜLTÜ EYLEM PLANLAMASI : BURSA TEKNİK
ÜNİVERSİTESİ MİMAR SİNAN KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erhan USLU

(22434980007)

ORCID: 0009-0000-3346-976X

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Mühendisliği Program Seçiniz**

**Danışman: Prof. Dr. Orhan Taner CAN
ORCID: 0000-0003-3386-975X**

TEMMUZ 2024

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 22434980007 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Erhan USLU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BTÜ MİMAR SİNAN KAMPÜS ALANININ GÜRÜLTÜ HARİTASININ ÇIKARILMASI VE EYLEM PLANI ÖRNEĞİ”başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Orhan Taner CAN**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. M.Kemal KORUCU**
.....
Bursa Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet İŞLEYEN
Sakarya Üniversitesi

Teslim Tarihi :
Savunma Tarihi : 12 Temmuz 2024



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Erhan USLU

İmzası:

(Faint, stylized signature watermark)



Her zaman yanımda olan eşim ve kızıma,

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tezimin hazırlanması sürecinde her türlü yardım ve fedakarlığı gösteren, değerli fikirleriyle beni destekleyen, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım hocam Sayın Prof. Dr. Orhan Taner Can'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışma sürecinde değerli fikirleri ile beni destekleyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım hocam Sayın Prof.Dr. M.Kemal KORUCU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisansa başlamam konusunda beni ikna eden ve tüm süreç boyunca desteğini esirgemeyip yanımda olan sevgili arkadaşlarım Yusuf ŞİMŞEK ve Gülin ŞİMŞEK'e teşekkür ediyorum.

Tez çalışması sürecinde teknik desteğini benden esirgemeyen çok sevgili dostum Doğukan UÇAR'a teşekkür ediyorum.

Tez çalışmam sürecinde desteğini esirgemeyen Araştırma görevlileri Tuba ARIDİL ve Hilal GÜNDOĞDU'ya teşekkür ediyorum.

Ve son olarak bu aşamaya gelmemde büyük pay sahibi olan ve hep yanımda olan Eşim Filiz USLU ve kızım Ece Gülin USLU'ya en içten sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz 2024

Erhan USLU
(Çevre Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	16
1. GİRİŞ	16
1.1 Tezin Amacı	18
1.2 Gürültü Kontrolü ile İlgili Mevzuat	19
2. GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ	21
2.1 Ses	21
2.2 Oktav Bantlar	22
2.3 Dalga Boyu (λ)	23
2.4 Ses Basıncı	23
2.5 Gürültü ve Gürültünün Tanımı.....	25
2.6 Gürültünün İnsan Sağlığına Etkisi	26
2.7 Fiziksel Etkiler	27
2.8 Fizyolojik Etkiler.....	28
2.9 Psikolojik Etkiler.....	30
2.10 Performans Üzerine Etkiler	31
2.11 Gürültü Kaynakları.....	31
2.12 Gürültü Ölçüt ve Limitleri.....	39
2.13 Gürültü Önleme Yöntemleri.....	43
2.13.1 Planlama önlemleri	43
2.13.2 Teknik önlemler	44
2.13.3 Biyolojik önlemler	45
2.13.4 Yasal önlemler	46
2.13.5 Eğitsel önlemler	47
3. GÜRÜLTÜ ÖNLEME YÖNTEMLERİ	49
3.1 Sessiz Yol Yüzeyleri	49
3.2 Sessiz Asfalt	52
3.3 Gürültü Bariyerleri	54
3.3.1 Bariyer sistemlerinde yer seçimi.....	54
3.3.2 Bariyerin konumu	57
3.3.3 Bariyerin uzunluğu.....	58
3.3.4 Bariyerin yüksekliği.....	59
3.3.5 Bariyer çeşitleri	59
3.4 Yeşil Dalga	65
4. GÜRÜLTÜ HARİTASI VE ÖRNEK HARİTALAR	68

4.1 Gürültü Haritası	68
4.2 Örnek Haritalar	69
4.3 Uluslararası Örnekler	70
4.3.1 Berlin örneği	71
4.3.2 Londra örneği	74
4.4 Ulusal Örnekler	79
4.4.1 İTÜ Maslak kampüsü örneği	79
4.4.2 DEU Tınaztepe kampüsü örneği	82
5. BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MİMAR SİNAN KAMPÜS ALANI GÜRÜLTÜ HARİTASI	87
5.1 SaundPlan Gürültü Haritalama Uygulaması	87
5.2 Mimar Sinan Kampüs Alanının Teknik Özellikleri	87
5.3 SoundPLAN Programında Kullanılacak Verilerin Hazırlanması	90
5.4 Ölçümler ve Ölçüm Cihazı	99
6. GÜRÜLTÜ HARİTALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	114
6.1 Ölçüm Noktalarının Analizi	114
6.2 Kampüs Alanı Dışındaki Noktalar	115
6.3 Kampüs Alanı İçindeki Noktalar	115
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	117
7.1 Kampüs Çevresinde Bariyer Uygulaması Yapılması Durumunda	117
7.2 Kampüs Çevresinde Ağaç Dikim Uygulaması Yapılması Durumunda	118
7.3 Kampüs Çevresinde Yolların Gözenekli Asfalt Yapılması Durumunda	119
7.4 Kampüs Çevresinde Yolların Ağır Taşıt Trafikine Kapatılması Durumunda	119
7.5 Kampüs Çevresinde Yolların Ağır Taşıt Trafikine Kapatılması ve Gözenekli Asfalt Yapılması Durumunda	120
7.6 Kampüs Çevresinde Yolların Gözenekli Asfalt yapılması ve Kampüs Sınırlarında Bariyer Uygulaması Yapılması Durumunda	121
7.7 Kampüs Çevresinde Yolların Ağır Taşıt Trafikine Kapatılması ve Kampüs Sınırlarına Bariyer Uygulaması Yapılması Durumunda	122
7.8 Kampüs Çevresinde Yolların Ağır Taşıt Trafikine Kapatılması ve Kampüs Sınırlarına Bariyer Uygulaması Yapılması ve Gözenekli Asfalt Yapılması Durumunda	123
KAYNAKLAR	128
ÖZGEÇMİŞ	139

KISALTMALAR

dB	: Desibel
dBA	: A Ağırlıklı Ses Basınç Düzeyi
DEFRA	: Birleşik Krallık Çevre, Gıda ve Köy İşleri Dairesi
END	: Çevresel Gürültü Direktifi
HVAC	: Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme
ISO	: Uluslar Arası Standartlar Organizasyonu
LAEI	: Londra Atmosfer Emisyonları Envanteri
L_{akşam}	: Akşam Gürültü Göstergesi
L_{eq}	: Eşdeğer Gürültü Düzeyi
L_{gag}	: Gündüz, Akşam, Gece Gürültü Göstergesi
L_{gece}	: Gece Gürültü Göstergesi
L_{gündüz}	: Gündüz Gürültü Göstergesi
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
SCOOT	: Döngü ve Ofset Optimizasyon Tekniği
TİP 1	: Ses Ölçüm Cihazı Ölçüm Doğruluk Derecesi
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Farklı ortamlarda sesin yayılma hızı .	23
Çizelge 2.2 : Farklı seslerin bir metre mesafedeki ses basıncı seviyeleri	24
Çizelge 2.2 (devam) : Farklı seslerin bir metre mesafedeki ses basıncı seviyeleri...	25
Çizelge 2.3 : Bazı gürültü türlerinin desibel dereceleri.	30
Çizelge 2.4 : Çevresel gürültü düzeyi sınır değerleri.	42
Çizelge 2.5 : Yerleşim alanlarında açık havada gerçekleştirilen faaliyetlerin izin verilen zaman dilimi.	42
Çizelge 2.6 : Maden ve taşocakları ve benzeri alanlarda patlatma nedeniyle oluşacak titreşimlerin en yakın yapıda yaratacağı zemin titreşimlerinin izin verilen en yüksek değerleri.	42
Çizelge 2.7 : Demir yolu ve kara yolu ulaşım araçları, işyerleri ve endüstri tesislerinin en yakın yapıda oluşturacağı zemin titreşimleri ile bina içindeki makine ve teçhizatın oluşturacağı zemin titreşimlerinin izin verilen en yüksek değerleri.	43
Çizelge 2.8 : İnşaatlarda kazık çakma ve benzeri titreşim yaratan operasyonların ve inşaat makinelerinin en yakın yapının dışında oluşturacağı zemin titreşimlerinin izin verilen en yüksek değerleri (1 Hz – 80 Hz arasındaki frekans bantlarında)..	43
Çizelge 3.1 : Gürültü bariyerlerinde yaygın olarak kullanılan malzemeler ve yaklaşık ses iletim kaybı değerleri .	56
Çizelge 3.1 (devam) : Gürültü bariyerlerinde yaygın olarak kullanılan malzemeler ve yaklaşık ses iletim kaybı değerleri .	57
Çizelge 4.1 : Bina cephe imisyonları	72
Çizelge 4.2 : Yol parametreleri veri ve kaynakları	75
Çizelge 4.3 : Gürültü yayılma parametrelerinin veri setleri ve kaynakları	76
Çizelge 5.1 : Yerleşke bina alanları ve bölümler.	89
Çizelge 5.2 : Araç sayıları ve yol verileri.	95
Çizelge 5.3 : Kampüs alanı dışındaki noktalar ölçüm sonuçları.	108
Çizelge 5.3 (devam) : Kampüs alanı dışındaki noktalar ölçüm sonuçları.	109
Çizelge 5.3 (devam) : Kampüs alanı dışındaki noktalar ölçüm sonuçları.	110
Çizelge 5.4 : Kampüs alanı içerisindeki noktalar ölçüm sonuçları.	110
Çizelge 5.4 (devam) : Kampüs alanı içerisindeki noktalar ölçüm sonuçları.	111
Çizelge 5.4 (devam) : Kampüs alanı içerisindeki noktalar ölçüm sonuçları.	112
Çizelge 5.4 (devam) : Kampüs alanı içerisindeki noktalar ölçüm sonuçları.	113
Çizelge 6.1 : Ölçüm sonuç ve soundplan gündüz ızgaralı gürültü haritası karşılaştırma çizelgesi.	114
Çizelge 7.1 : Yol emisyon düzeyleri.	124
Çizelge 7.2 : L_{gag} Izgara gürültü haritası nüfus etkileşim değerleri.	125

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Kulak anatomisi.....	30
Şekil 2.2 : Ağaç ses bariyerleri	45
Şekil 3.1 : Gürültü seviyeleri ile aracın hızı arasındaki korelasyon (tam çizgilerle hafif araçları, kesikli çizgiler ağır araçları temsil etmektedir).....	49
Şekil 3.2 : Hızlarına bağlı olarak farklı araç türleri için gürültü seviyeleri	50
Şekil 3.3 : Lastik - kaldırım gürültüsü üretim mekanizmaları. A) lastik hava pompalama mekanizması. B) çekiç gürültüsü. C) lastik titreşim gürültüsü. D) yapış-çıt olgusu. E) yapışma-kayma mekanizması	51
Şekil 3.4 : Gürültü azaltma mekanizması. A) gözenekli ses emilimi. B) sesin yayılma yolunun kontrolü. C) sönümleme ve gürültü azaltma. D) rezonans ses emilimi E) bağlı gözenek boşaltımı	53
Şekil 3.5 : Bariyer soğurma,iletim,yansıma ve kırınım	55
Şekil 3.6 : Bariyer kırınımı	56
Şekil 3.7 : Bariyer uzunluğu	58
Şekil 3.8 : Bariyer tipleri	59
Şekil 3.9 : Gürültü seti	60
Şekil 3.10 : Direk ve panel gürültü duvarı.....	61
Şekil 3.11 : Tuğla ses duvarı.....	61
Şekil 3.12 : Yığma blok ses duvarı	62
Şekil 3.13 : Bağımsız gürültü duvarı	62
Şekil 3.14 : Doğrudan gömme panel ses duvarı.	62
Şekil 3.15 : Toprağı kısmen tutmak için kullanılan ses duvarı.....	63
Şekil 3.16 : Yerinde dökme beton ses duvarı	63
Şekil 3.17 : İzmir çevre yolu enlem : 38.442851°, boylam : 27.249247°	64
Şekil 3.18 : İstinat duvarına monte edilen ses bariyeri	64
Şekil 3.19 : Gürültü kirliliğini azaltmanın 10 yolu.....	65
Şekil 3.20 : Akıllı trafik kontrol sistemleri.....	66
Şekil 4.1 : Modelleme yöntemiyle gürültü haritalama yapımının kavramsal şeması	70
Şekil 4.2 : Stratejik gürültü haritası LN (gece gürültü endeksi 22:00 - 06:00) karayolu trafiği	73
Şekil 4.3 : Stratejik gürültü haritası LDEN (gündüz-akşam-gece gürültü endeksi) karayolu trafiği	73
Şekil 4.4 : Gürültü modeli oluşturma adımları	74
Şekil 4.5 : Ortalama gürültü seviyesi haritası (gündüz-gürültü endeksi) karayolu trafiği	78
Şekil 4.6 : Ortalama gürültü seviyesi haritası (gece gürültü endeksi) karayolu trafiği	78
Şekil 4.7 : İTÜ Maslak kampüsü, gürültü haritası – L _{gündüz} değerleri	79
Şekil 4.8 : İTÜ Maslak kampüsü, gürültü haritası – L _{akşam} değerleri	80
Şekil 4.9 : İTÜ Maslak kampüsü, gürültü haritası – L _{gece} değerleri	80

Şekil 4.10 : İTÜ Maslak kampüsü, gürültü haritası – Üç boyutlu, $L_{gündüz}$ değerleri	81
Şekil 4.11 : L_{gag} ızgaralı gürültü haritası.....	82
Şekil 4.12 : $L_{gündüz}$ ızgaralı gürültü haritası.....	83
Şekil 4.13 : $L_{gündüz}$ cephe gürültü haritası	84
Şekil 4.14 : $L_{akşam}$ ızgaralı gürültü haritası.....	85
Şekil 4.15 : L_{gece} ızgaralı gürültü haritası.....	86
Şekil 5.1 : Bursa Teknik Üniversitesi - Mimar Sinan yerleşkesi vaziyet imar planı.	88
Şekil 5.2 : Bursa Teknik Üniversitesi Mimar Sinan yerleşkesi, google earth görünüşü.....	90
Şekil 5.3 : SoundPLAN gürültü haritalama programı giriş sayfası	91
Şekil 5.4 : Halihazır harita ve tabaka lejandları.....	91
Şekil 5.5 : Yeni proje oluşturulması	92
Şekil 5.6 : Proje standartlarının oluşturulması.....	93
Şekil 5.7 : Halihazır harita verilerinin soundPLAN programına aktarılması ve tanıtılması	94
Şekil 5.8 : Sayısal zemin modeli oluşturulduktan sonra binaların ve arazinin 3 boyutlu görünümü.....	94
Şekil 5.9 : Bursa Teknik Üniversitesi L_{gag} gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası. .	96
Şekil 5.10 : Bursa Teknik Üniversitesi $L_{gündüz}$ gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası.....	97
Şekil 5.11 : Bursa Teknik Üniversitesi $L_{akşam}$ gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası.....	97
Şekil 5.12 : Bursa Teknik Üniversitesi L_{gece} gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası	98
Şekil 5.13 : Bursa Teknik Üniversitesi L_{gag} gürültü seviyesi cephe gürültü haritası.	98
Şekil 5.14 : Bursa Teknik Üniversitesi L_{gsg} gürültü seviyesi nüfus etkilenmesini gösterir ızgara gürültü haritası.....	99
Şekil 5.15 : Svantek 949 Ses ve titreşim ölçüm cihazı.....	100
Şekil 5.17 : Tek profilde ana sonuç, 3 profilde ana sonuçlar, 1/3 oktav spektrumu ölçümü	100
Şekil 5.18 : Svan 949 tuş takımı	101
Şekil 5.19 : Kalibrasyon cihazı ve cihaz ölçümleri	102
Şekil 5.20 : Ölçüm noktaları	103
Şekil 5.21 : Ankara yolu caddesi	104
Şekil 5.22 : Eğitim caddesi	104
Şekil 5.23 : Eflak caddesi	105
Şekil 5.24 : Kampüs içi ölçüm yapılan 4. nokta MERLAB önü	106
Şekil 7.1 : Bursa Teknik Üniversitesi $L_{gündüz}$ gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası bariyer konması durumunda	117
Şekil 7.2 : Bursa Teknik Üniversitesi $L_{gündüz}$ gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası kampüs etrafında ağaç dikimi yapılması durumunda	118
Şekil 7.3 : Bursa Teknik Üniversitesi $L_{gündüz}$ gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası gözenekli asfalt yapılması durumunda	119
Şekil 7.4 : Bursa Teknik Üniversitesi $L_{gündüz}$ gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası ağır taşıtların yasaklaması durumunda	120
Şekil 7.5 : Bursa Teknik Üniversitesi $L_{gündüz}$ gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası ağır taşıtların yasaklaması ve gözenekli asfalt yapılması durumunda	121
Şekil 7.6 : Bursa Teknik Üniversitesi $L_{gündüz}$ gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası bariyer ve gözenekli asfalt yapılması durumunda	122

Şekil 7.7 : Bursa Teknik Üniversitesi $L_{gündüz}$ gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası ağır taşıtların yasaklaması ve bariyer yapılması durumunda.....	123
Şekil 7.8 : Bursa Teknik Üniversitesi $L_{gündüz}$ gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası ağır taşıtların yasaklaması ve gözenekli asfalt yapılması ve bariyer yapılması durumunda	124
Şekil 7.9 : Yol emisyon düzeyi grafiği	125
Şekil 7.10 : L_{gag} Izgara gürültü haritası nüfus etkileşim grafiği	126



BTÜ MİMAR SİNAN KAMPÜS ALANININ YOL KAYNAKLI GÜRÜLTÜ HARİTASININ ÇIKARILMASI VE EYLEM PLANI ÖRNEĞİ

ÖZET

Gürültü, istenmeyen ve insanlarda rahatsızlık uyandıran yüksek seviyedeki seslerin bir araya gelerek oluşturduğu çevre kirliliği türüdür. Bugün karşılaşılan en yaygın gürültü çeşidi, ulaşımdan kaynaklanan gürültüdür. Gürültü kontrolü için oluşturulan eylem planlarında ilk adım, gürültü haritalarını hazırlamaktır. Bu haritalar ile insanların maruz kaldığı gürültü seviyeleri görsel olarak işlenebilmektedir. Tez çalışması kapsamında Bursa Teknik Üniversitesi Mimar Sinan kampüs alanı için karayolu ulaşımından kaynaklanan gürültünün tespiti ve alınabilecek önlemlerin belirlenebilmesi amacı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Tezin giriş bölümünde ses ve gürültü kavramları ile ilgili detaylı bir literatür taraması yapılmış daha sonra dünyada ve ülkemizdeki gürültü ile ilgili yasal düzenlemeler incelenmiştir. Gürültü kontrolünde uygulanan gürültü önleme metodlarından, sessiz asfalt, gürültü bariyerleri ve akıllı trafik sistemleri ile ilgili detaylı incelemeler yapılmıştır. Literatür taramasının bitirilmesinin ardından gürültü haritasının yapılacağı program olan Soundplan uygulamasında kullanılacak olan harita plan altlığı, kampüs çevresinde gürültüye neden olan Ankara yolu caddesi, Eğitim caddesi ve Eflak caddesinin yol genişlik ve yol özellikleri, yoldan geçen araç sayıları ve çalışma alanındaki nüfus verileri temin edilmiştir. SoundPlan uygulaması ile gürültü haritaları yapılmış ve haritalama süreci bitince uygun meteorolojik koşulların olduğu hafta arası beş günde $L_{gündüz}$ saatleri olan 07:00 ile 19:00 saatleri arasında kampüs alanı dışında ve içerisinde belirlenen noktalarda gürültü ölçümleri yapılmıştır. Gürültü ölçümlerinin arazide tamamlanmasının ardından SoundPlan programı ile hazırlanan $L_{gündüz}$ ızgaralı gürültü haritası gürültü seviyeleri ile arazide ölçülen gürültü seviyeleri karşılaştırılmıştır. Ölçüm sonucunda SoundPlan programı ile oluşturulan gürültü haritalarının Kampüs ve çevresindeki gürültü seviyelerini temsil ettiği kabul edilemiştir. Kampüs çevresinde gürültü aşımının olduğu kampüs alanı içinde gürültü aşımı olmadığı ancak daha sessiz alanlar oluşturulabilmek amacı ile gürültü eylem planı çalışması yapılmış ve bu çerçevede, sessiz asfalt, gürültü bariyeri, ağır taşıt yasağı getirilmesi ve ağaçlandırma çalışması yapılması şeklinde kabüller yapılarak Soundplan programında yeni gürültü seviyesi haritaları düzenlenmiştir. Farklı senaryolara göre üretilen $L_{gündüz}$ ızgaralı gürültü haritaları ile mevcut durumu gösteren $L_{gündüz}$ ızgaralı gürültü haritaları mukayese edilmiş ve senaryolardan yol trafiğinin 07:00 ile 19:00 saatleri arasında ağır taşıt trafiğine kapatılması, gözenekli asfalt yapılması, kampüs çevresinde ağaçlandırma yapılmasının nüfusa olan etkileride gözönüne alınarak en etkili metodlar olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Gürültü, Karayolu gürültüsü, Gürültü haritaları

NOISE MAP OF BTU MIMAR SINAN CAMPUS AREA AND ACTION PLAN EXAMPLE

SUMMARY

Noise is a type of environmental pollution caused by the accumulation of high levels of unwanted and disturbing sounds. The most common type of noise encountered today is transportation noise. The first step in action plans for noise control is to prepare noise maps. These maps visually represent the noise levels to which people are exposed. As part of the thesis study, work was carried out to identify the noise caused by road transportation and to determine the measures that can be taken for the Bursa Technical University Mimar Sinan campus area. In the introduction section of the thesis, a detailed literature review on the concepts of sound and noise was conducted, followed by an examination of the legal regulations on noise in the world and our country. Detailed examinations were made on noise prevention methods applied in noise control, such as quiet asphalt, noise barriers, and intelligent traffic systems. After completing the literature review, the map base to be used in the SoundPlan application, which is the program for creating the noise map, the road width and road features of Ankara Yolu Street, Eğitim Street, and Eflak Street, which cause noise around the campus, the number of vehicles passing through the road, and the population data in the study area were obtained. Noise maps were created using the SoundPlan application, and after the mapping process was completed, noise measurements were taken at designated points inside and outside the campus between 07:00 and 19:00 hours on weekdays with appropriate meteorological conditions. After completing the noise measurements in the field, the daytime grid noise map prepared with the SoundPlan program was compared with the noise levels measured in the field. As a result of the measurement, it was accepted that the noise maps created with the SoundPlan program represent the noise levels on the campus and its surroundings. Although there was no noise exceedance within the campus area, a noise action plan study was conducted to create quieter areas. Within this framework, it was accepted to make adjustments such as using quiet asphalt, installing noise barriers, imposing a ban on heavy vehicles, and carrying out afforestation works. New noise level maps were created in the SoundPlan program accordingly. The daytime grid noise maps produced for different scenarios were compared with the current situation's daytime grid noise maps, and it was found that the most effective methods were closing the road traffic to heavy vehicles between 07:00 and 19:00 hours, applying porous asphalt, and carrying out afforestation around the campus, taking into account the effects on the population.

Keywords: Noise, Road noise, Noise maps

1. GİRİŞ

Gürültü, istenmeyen ve insanlarda rahatsızlık uyandıran yüksek seviyedeki seslerin bir araya gelerek oluşturduğu çevre kirliliği türü olarak tanımlanır. Bu sesler farklı frekans bileşenlerine sahip olabilir ancak birbiriyle uyumlu değildir. Gürültü, insanlar üzerinde uzun bir süredir etkili olmuş ve çeşitli tedbirlerin alınmasına yol açmıştır. Bu kirlilik türü sadece insanları değil, diğer canlı türlerini de etkileyebilir ve bu nedenle farklı bilimsel çalışmalara konu edilmiştir. Gürültü insanlar üzerindeyaptığı etkilerin bilimsel yöntemlerle incelenmesi, insan kulağının hassasiyetinin anlaşılması ve gürültünün ölçülmesi için geliştirilen teknoloji ile mümkün olmuştur. Günümüzde karşılaşılan en yaygın karşılaşılan gürültü türü ulaşım gürültüsüdür. Şehirlerde trafiğin artması ve insan nüfusundaki artış, ulaşım gürültüsünde büyük bir artışa neden olmuştur. Sanayileşme süreciyle birlikte gürültü, çevresel kirlilik faktörleri arasında yerini almış ve son yüzyılda çevre sorunlarının çözüm süreci başlamıştır. Artan kentleşme ve araç kullanımıyla birlikte gürültü seviyeleri göz ardı edilemez hale gelmiştir. Bu nedenle, çevresel gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkilerinin anlaşılması için bilimsel ve teknik çalışmalar yaygınlaşmış ve standartlar oluşturulmuştur. Gürültü, sadece çevrede üretilen yada yayılan bir kirlenici olmayıp yapılarda yada iş yerlerindeki gürültüler de çevreye ve içinde yaşayan insanlara zarar verebilir. Buna ek olarak eğlence amaçlı yapılan gürültüler de kirlilik çeşididir ve herkesi farklı şekillerde etkileyebilir. Bu nedenle, gürültünün sayısal olarak değerlendirilmesi önemlidir. Gürültü kirliliğinin günlük yaşamda etkisini artırmasında, kullanım alanı ve sayısı sürekli artan yüksek ses emisyonuna sahip taşıt, araç, makine ve cihazların rolü büyüktür. Örneğin, ulaşım gürültüsü, motorlu kara taşıtlarının trafiğinin artmasıyla şehir içi yolların daha aktif bir şekilde kullanılmasıyla etkisini artırır. Havayolu taşımacılığı ve büyük uçakların yaygınlaşması çok daha fazla iniş kalkış yapması da benzer bir etkiye sahiptir.

Gürültü, ciddiye alınması gereken bir çevre kirliliği türüdür ve kontrol altına alınması için gerekli önlemlerin alınması önemlidir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte gelişmiş ülkelerde ortaya çıkan gürültü sorunu, günümüzdeki önemli çevre sorunlarından biridir. Ancak ülkemizde, diğer kirlilik türlerine göre daha az bilinmekte ve üzerinde daha az dikkat çekilmektedir.

Gürültü kontrolü için oluşturulan eylem planlarında ilk adım gürültü haritalarının yapılmasıdır. Bu haritalar, insanların maruz kaldığı gürültü seviyelerini görsel olarak işleyerek belirler. Genel olarak GIS tabanlı yazılımlar, bu amaç ile kullanılır. Yapılan haritalar sayesinde, gürültü etkisinde kalan alanlar belirlenir ve bu alanlardaki hassas yapıların (konutlar, hastaneler, okullar, işyerleri vb.) ve maruz kalan kişilerin sayısı tespit edilir. Haritalama aşamasında bilgisayar formatındaki arazi, bina ve nüfus bilgileri gürültü haritası programına aktarılır. Böylece teyit ölçümü haricinde ek bir ölçüm yapılmasına gerek kalmadan kısa zamanda haritalama gerçekleştirilebilir. GIS veri tabanları ile oluşturmuş gürültü haritaları, birçok kurum ve kuruluş ile yerel yönetimler tarafından karar ve destek aşamasında önemli bir vasıta olarak kullanılmaktadır [1].

1.1 Tezin Amacı

Bursa Teknik Üniversitesi Mimar Sinan Kampüs alanında gürültü haritası oluşturma amacı, Çevre mühendislerinin gürültü kontrolüne ilişkin sorumluluklarını vurgulamaktır. Proje yazımında, gürültü ve kontrolü hakkında detaylı bir literatür incelemesi yapılmıştır. Gürültü haritasının değerlendirme safhasında, öncelikle ızgaralı gürültü haritası hazırlanacak ve ölçüm noktalarından elde edilen değerlerle karşılaştırılacaktır. Ölçümler yaklaşık 1,5 metre yükseklikten yapıldığından harita hesaplamaları bu seviyede yapılacaktır. Ayrıca, ölçüm saatleri standart gündüz saatlerinde gerçekleştirileceği için (07:00-19:00), ölçüm seviyeleri gündüz haritası sonuçları ile karşılaştırıldı. Kampüs içindeki noktaların yoğun olması ve anayol üzerindeki ölçüm noktalarının ızgaralı gürültü haritası sonuçlarıyla uyumlu olması önemlidir. Bazı noktalarda ölçüm değerlerinin haritadaki hesaplamalardan düşük çıkması muhtemeldir. Bu durum, ölçüm sürecinin trafiğin duruş ve kalkış anlarına denk gelmesinden kaynaklanabilir. Arazi ölçüm değerlerinin harita hesaplamalarından yüksek çıkması olasıdır çünkü ölçüm sırasında yakınlardan geçen ambulansların gürültü seviyesini artırabileceği düşünülmektedir. Gürültü haritasında, idari bina, eğitim binaları, sosyal tesisler, yeşil alanlar ve diğer birimlerin tümü gürültü bakımından hassastır. Özellikle ana karayolu çevresinde bulunan birimlerde gürültü seviyeleri belirli sınırlar içinde olmalıdır. Gündüz gürültü haritasının incelenmesi önemlidir çünkü bu saatlerde kampüs aktif olarak kullanılmaktadır. Akşam ve gece saatlerinde ise gürültü seviyelerinin daha düşük olması beklenmektedir. Çalışmada,

Bursa Teknik Üniversitesi Mimar Sinan Kampüs alanı seçilmiştir çünkü bu alanda eğitim, sosyal ve idari binalar bir arada bulunmaktadır. Anayolların binalara olan etkisinin belirlenmesi ve gerektiğinde önlem alınması için gürültü haritası yapılması gerekmektedir. Sonuç olarak, SoundPLAN programı kullanılarak oluşturulan gürültü haritası ve Svantek 949 ses seviye ölçerle yapılan ölçümler sonucunda kampüs alanının gürültü seviyeleri değerlendirildi ve eylem planı için farklı gürültü önleme alternatifleri SoundPLAN programında denenerek alınabilecek önlemler tartışılacaktır.

1.2 Gürültü Kontrolü ile İlgili Mevzuat

Ülkemizde Anayasa'nın 56. maddesinde: “Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların ödevidir.” denmektedir. Ülkemizde çevre kirliliğine karşı önlem alınması ve Gürültü Kirliliğinde çevre kirliliğinin türlerinden olması nedeniyle çevresel kirliliklere önlem alınması greklililiği Anayasal olarak güvence altına alınmaktadır.

Gürültü kirliliği ile mücadeleyle yönelik yasal düzenlemelerin temeli 1983 tarih ve 2872sayılı Çevre Kanununun 14. Maddesi içinde “Kişilerin huzur ve sükununu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde ilgili yönetmeliklerle belirlenen standartlar üzerinde gürültü ve titreşim oluşturulması yasaktır. Ulaşım araçları, şantiye, fabrika, atölye, işyeri, eğlence yeri, hizmet binaları ve konutlardan kaynaklanan gürültü ve titreşimin yönetmeliklerle belirlenen standartlara indirilmesi için faaliyet sahipleri tarafından gerekli tedbirler alınır.” demektedir. Bu hükme uygun olarak Gürültü Kontrol Yönetmeliği yapılmış ve yürürlüğe 1986 yılında girmiştir. Yönetmelik ile gürültüye ilişkin terim ve gürültüye hassas alanlar, farklı gürültü kaynaklarına ilişkin hukuki sınırlar ile sorumlu otoriteler belirtilerek, yönetmeliğin uygulanmasını sağlayacak yetkililer belirlenmiştir. Yönetmelik kapsamında, uygulanmadan mahallin üst mülki amiri, belediye ile köytüzel kişileri, ilgili gürültü kontrol kuruluşları arasındaki koordinasyonun sağlanmasından da Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü sorumludur. Avrupa Parlamento ve Konseyinde 25 Haziran 2002 tarih ile 2002/49/EC sayılı Çevresel Gürültü Direktifi (END) ile Avrupa Birliğine üye ülkelerini hedeflemektedir ve Avrupa Birliğine üye ülkelerin ulusal yasalarına uygulanması zorunlu tutulmuştur. Katılım sürecinin bir parçası olarak Avrupa Birliği, Yönetmeliğin 14'üncü maddesi

erevesinde 01/7/2005 tarihinde 25862 sayılı yönetmelik uygulanmış ve revize edilerek 30/11/2022 tarihinde 32029 sayılı Resmi Gazete’ yayımlanarak evresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği olarak son halini almıştır. (evresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği, 2022).



2. GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ

2.1 Ses

Ses, esnek bir ortamda titreşim yapan nesnelerin neden olduğu basınç değişikliklerine kulağın vermiş olduğu tepkidir. Örnek olarak duvara takılan bir musluk, duvarın titreşmesine neden olduğu için ses çıkarır. Aynı olay gitar teli titreşince de ortaya çıkmaktadır. Ses ortamda dalgalar şeklinde yayılırken havadaki dalgaların hareketi, suya düşen taşın oluşturduğu dalgalarla aynıdır. Örnek olarak bir göl alınması durumunda, sakin havalarda gölün yüzeyi durgun ve hareketsizdir. Bir göle taş atıldığında, taş suyun yüzeyine çarptığı anda taşın çarptığı noktadan itibaren çapı giderek artan bir dalga hareketi ile yayılmaya başlar [2].

Ses, bir ortam içinde titreşimlerin fiziksel olarak yayılmasıyla meydana gelir. Bu titreşimlerin frekansı geniş bir aralıkta değişebilir. Eğer bu titreşimler işitme frekansı aralığında ise, kulak ile diğer yardımcı reseptör organlar aracılığı ile ses olarak algılanır.

Sesin var olması için bir kaynağa (örneğin, titreşen bir nesne) ve esnek bir ortama (mesela hava veya su gibi) ihtiyaç vardır. Örneğin, durgun bir suyun üzerine atılan bir taşın oluşturduğu dalgalanmalar, ses dalgalarına benzer şekilde ortamın moleküllerini sıkıştırıp gevşeterek ses enerjisini yayar. Bu dalga hareketlerini geometrik olarak tanımlamak için genellikle sinüs eğrisi kullanılır. Moleküllerin sürekli olarak birbirini sıkıştırıp gevşetmesi, sinüs eğrisinin yükselip alçalması olarak gösterilebilir.[3]–[6].

Ses kelimesi nesnel ve öznel olmak üzere iki farklı manada tanımlanabilmektedir;

Fiziksel olarak ses, esnek bir ortamda bulunan parçacıkların basınç altındaki hareketidir. Belirtilen bu tanım sesin nesnel tanımıdır.

Fizyolojik olarak tanımlanacak olursa , yukarıda bahsedilen basınç akımı ile uyandırılan işitsel duyuya verilen addır ve bu da sesin öznel tanımı olmaktadır [2].

2.2 Frekans

Tabiattaki birçok dalga, tek bir dalgadan değil, ardışık olarak birbirini takip eden dalgacık serilerinden oluşur. Belirli bir zaman aralığında üretilen dalgacık miktarına frekans denir. Birim zamanda tamamlanan devir sayısına da frekans denir. Örneğin, bir partikülün bir saniyelik süre içindeki yer değiştirme veya salınım sayısına frekans denir. Farklı bir anlatımla, birim zamanda (örneğin 1 saniye içinde) gerçekleşen titreşim sayısına frekans denir ve birimi Hertz (Hz) olarak ifade edilir [2] .

Yüksek frekanstaki seslerde hertz'in 1000 katı olan kilohertz (kHz) ölçü birimi kullanılır. Duyabilabilen frekans ses aralığı 16-16.000 Hz civarında olsa da farklı kaynaklarda bu değer 20 ile 20.000 Hz arasında olabilmektedir. Kişi ve yaşa göre biraz değişen bu aralıktaki 10.000 Hz üzerindeki frekanslar, müzik ve konuşmanın anlaşılması açısından dikkate alınmaz. Kulaktaki en hassas frekans aralığı 1000 ve 4000 Hz arasındadır. Konuşmanın anlaşılmasında 1000 Hz ile 2500 Hz arası frekans yeterlidir. 20 Hz'in altı frekanslara infrasonik frekanslar (ses ötesi frekanslar) denir, bu frekans aralığındaki sesler duyulamazlar ancak titreşim olarak hissedilebilirler. 20 kHz üzerindeki frekanslara ultrasonik frekans denir. Bunları insanlar duyamaz ancak hayvanların bazıları bu frekansı duyabilir. 30 kHz'e kadar olan frekansları köpekler duyarken, 90 kHz'e kadar olan frekansı yarasalar duyabilirler. Yarasalar yüksek frekanta sinyal üretir ve bunun sayesinde önlerindeki engelleri tespit etmek için akustik radarlar olarak kullanırlar [2].

2.2 Oktav Bantlar

İnsan kulağının duyabileceği frekans 20 ile 20.000 Hz arasında olduğu düşünüldüğünde bu aralıkta yaklaşık 20.000 adet frekans bulunur. 20.000 adet frekans ile çalışmak oldukça zor ve zahmetli olduğundan belirtilen 20.000 frekans aralıklarına bölünmüştür. Ses analizinde incelenen frekans aralıklarına oktav bantları denir. Bir oktav bandında, üst kesim frekansı, alt kesim frekansının iki katına eşittir. Her oktav bandında birçok frekans bulunur, çünkü düşük frekansların özellikleri sık sık değişirken, alçak frekansların oktav bantlarındaki frekans sayısı azdır ve yüksek frekansların oktav bandındaki frekans sayısı daha fazla olabilir. Alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru bu sayı artar [2].

2.3 Dalga Boyu (λ)

Sesin dalga hareketiyle ilgili önemli kavramlardan biri dalga boyudur. Dalga boyu simgesi (λ) ile gösterilir. Dalga boyu, bir ses dalgasının bir tam döngü oluşturması için geçtiği mesafedir ve birim olarak metre kullanılır (Demirkale, 2007).

Sesin Hızı (c)

Verilen tablodan da (Çizelge 2.1) görülebileceği gibi, katılarda sesin yayılma hızı havada yayılma hızından çok daha yüksektir. Sesin havadaki hızı ise sıcaklık, basınç ve nem gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Örneğin, sesin 20°C'deki hızı yaklaşık olarak 340 m/s'dir (Demirkale, 2007)."

Çizelge 2.1 : Farklı ortamlarda sesin yayılma hızı [2].

Farklı ortamlarda sesin yayılma hızları (T=21°C)	
Ortam	Ses yayılma hızı
Hava	344 m/s
Mantar	500 m/s
Kurşun	1200m/s
Su	1400m/s
Sert kauçuk	1400-2400m/s
Beton	3000-3400m/s
Tahta	3300-4300m/s
Dökme demir	3700m/s
Çelik Alüminyum	5100m/s
Cam	5200m/s

2.4 Ses Basıncı

Ses dalgaları nedeniyle hava molekülleri titreşimi sonucunda atmosferik basınçta meydana gelen değişimlere ses basıncı denir. Bu basınç birimi N/m², dyn/cm² veya mikrobare olabilir. Ses basıncı, kulakta ses algısını oluşturur. İnsan kulağı tek bir tonun basıncını değerlendiremez; ancak farklı sesleri karşılaştırarak hangisinin daha yüksek olduğuna karar verebilir. Ölçülen ses basınçları, kullanılan birime bağlı olarak geniş bir aralıkta olabilir. İnsan kulağı bu genişlikteki değerleri ayırt edemediğinden, bu değerleri temsil etmek için genellikle logaritmik bir ölçek olan desibel (dB) kullanılır. Dolayısıyla ses basıncı seviyesi desibel cinsinden ifade edilir. Genel olarak, sesin basınç seviyesi aşağıdaki gibi formüle edilebilir: (Anita Lawrence, 1992; Foreman, 2012)"

$$SPL = 20 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (2.1)$$

Bu formülde;

SPL: ses basıncı seviyesi, dB

P : Ses basıncı

P_0 : Duyulabilen en küçük ses basıncı ifade eder.

Ses düzeyi

Üç farklı tip ağırlık eğrisi bulunmaktadır: A eğrisi düşük ses seviyeleri için, C eğrisi ise yüksek ses seviyeleri için kullanılırken, günümüzde genellikle A eğrisi tüm ses seviyeleri için tercih edilmektedir. Bu tercihin sebebi, A eğrisinin insan kulağının hassasiyet eğrisiyle doğrudan ilişkilendirilmesidir. A, B ve C eğrileri kullanılarak gürültü ölçümleri yapılabilmektedir.

Ses ölçerlerin hassasiyetleri, 40, 70 ve 100 fonu gösteren eğrilere göre ayarlanır:

- dB(A): İnsan kulağıyla eşitlenemeyen ve ses seviyelerini dB cinsinden ölçen ses ölçerlerin hassasiyetleri, 40 fon eğrisine (A) göre ayarlanır ve 55 dB'in altındaki sesler için kullanılır.
- dB(B): 70 fon eğrisine (B) göre ayarlanır ve 55-85 dB arası sesler için kullanılır.
- dB(C): 100 fon eğrisine (C) göre ayarlanır ve 85 dB'den fazla sesler için kullanılır.

A ve C eğrilerini gösteren seviyeler dB(A), dB(C) olarak belirtilir. Gürültü ölçümünde, ses basınç seviyesine bakılmaksızın A eğrisinin kullanılması uluslararası standartlarda kabul görmüştür [7], [8].

Çizelge 2.2 : Farklı seslerin bir metre mesafedeki ses basıncı seviyeleri [9]

Ses basıncı seviyesi dB (A)	Gürültü
0	İlk işitme hassasiyeti
10	Düzgün duyulabilir ses
15-20	Kağıt hışırtısı, açık alanda gece gürültüsü
25-30	Fısıldama
30-40	Sessiz yerleşim alanı
40-50	Düşük sesli temizleyici
50-60	Konuşma sesi , Daktilo
55-65	Elektirikli süpürge
60-65	Gürültülü ofis
65-70	Telefon zili

Çizelge 2.3 (devam) : Farklı seslerin bir metre mesafedeki ses basıncı seviyeleri[9]

Ses basıncı seviyesi dB (A)	Gürültü
70-80	Yoğun Sokak trafiği
80-85	Bağırma, opera müziği
90-100	Disko Müziği
100-110	Gök Gürültüsü
110-120	Rock müzik
120-130	Ağrı, Ağrı Sınırı
130-150	Jet Uçak Motoru
200	Uzay Mekiği

2.5 Gürültü ve Gürültünün Tanımı

Gürültü, istenmeyen seslerin bir araya gelerek oluşturduğu ve insanlarda rahatsızlık uyandıran çevre kirliliği türüdür. Farklı frekans bileşenlerine sahip olan bu sesler, (Çizelge 2.2) birbiriyle uyumsuz bir şekilde karışarak yüksek seviyede bir ses kirliliği oluştururlar.

İnsanları eski zamanlardan beri etkileyen gürültü, çeşitli tedbirler alınmasına neden olan önemli bir kirlilik türüdür. Gürültü kirliliği insanlar ile birlikte birçok canlı türünü de etkilediğinden dolayı çeşitli araştırmaların konusu olmuştur. Ancak, insanlar üzerindeki gürültünün bilimsel etkileri, teknolojinin gelişmesiyle laboratuvar ekipmanlarının ve ölçme yöntemlerinin gelişmesiyle daha yeni yeni anlaşılmaya başlanmıştır. Bu gelişmeler sayesinde, gürültü ile insanların etkileşimi daha net bir şekilde anlaşılabilmiş ve hangi tür ve şiddetteki gürültünün insanları ne kadar etkilediği belirlenebilmiştir.

Günümüzde en yaygın gürültü türü, ulaşım gürültüsüdür. Özellikle şehir içi trafiğin yerleşim bölgelerine yaklaşması, artan nüfus ve ulaşım ihtiyacının artması gibi nedenlerle ulaşım gürültüsünde belirgin bir artış yaşanmaktadır.

Sanayileşme süreciyle birlikte gürültü, çevresel kirlilik faktörleri arasında önemli bir yer edinmiş ve son yüzyılda çevre sorunlarının çözümü için çalışmalar hız kazanmıştır. Kentleşme ve araç kullanımındaki artışla birlikte gürültü, göz ardı edilemeyecek seviyelere ulaşmıştır. Bu nedenle, çevresel gürültü ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini anlamak amacıyla gürültünün kaynakları ve yayılımını inceleyen teknik ve bilimsel çalışmalar yaygınlaşarak standartların oluşturulması hız kazanmıştır.

İnsanları en fazla etkileyen gürültü, çevresel gürültü başlığı altında değerlendirilse de,

gürültü sadece dış ortamda değil, aynı zamanda yapı ve iş yerlerinde de insanlara zarar verebilir. Eğlence gürültüsü de bir kirlilik türüdür ve her bireyde farklı etkiler yaratabilir. Bu nedenle, gürültünün objektif olarak değerlendirilmesi önemlidir.

Günlük yaşamda gürültünün etkisini artıran faktörler arasında, yüksek ses emisyonuna sahip taşıt, araç, makine ve cihazların artan kullanımı gösterilebilir. Örneğin, ulaşım gürültüsü, motorlu araçların trafiğinin artmasıyla şehir içi yolların daha yoğun bir şekilde kullanılmasıyla etkisini artırmaktadır. Benzer şekilde, havayolu taşımacılığının yaygınlaşması ve daha büyük uçakların daha fazla iniş-kalkış yapması da gürültü kirliliğini artırmaktadır.

Son 30 yılda gürültü kirliliğindeki artış, bazı otoriteler tarafından yıllık 1dB artış olarak ifade edilmiştir.[10].

2.6 Gürültünün İnsan Sağlığına Etkisi

Endüstriyel faaliyetler ve ulaşım araçları gürültüsü, insanların yerleşim yerlerinde yarattığı gürültüyle birlikte önemli bir faktördür. İlk bakışta önemsiz gibi görünse de günlük hayatta karşılaştığımız en yoğun kirlilik türlerinden biri gürültüdür. Gürültüye maruz kalan kişilerin uyku düzeni bozulur ve iş verimleri düşer. İşitme hassasiyetinde geçici azalma ve bu nedenle konuşmayı anlayamama, yorgunluk, halsizlik ve psikolojik problemler ortaya çıkar. Ani gürültüye maruz kalan insan bedeni refleksle ani bir kas gerginliği yaşar ve bunun önüne geçmek mümkün değildir. Bu sebeple gürültülü bir ortamda canlıların rahatlaması ve huzurlu olması olanaksızdır. Gürültü diğer olumsuz etkileri ile birlikte fiziksel dayanıklılığı da olumsuz etkiler ve vücut direncini ile bağışıklığı düşürür. Gürültünün zararlarından biri de insan kalbini etkilemesidir. Araştırmacılar, gürültünün kalp atışlarını düzensizleştirebileceğini, kalp ritmini bozabileceğini ve bunun da kanı koyulaştırıp kan damarlarını genişletebileceğini kanıtlamışlardır. Ayrıca, gürültünün kronik baş ağrılarına ve insanları hassas ve öfkeli hale getirdiği de tespit edilmiştir. Gürültü, hayatı yaşanmaz hale getiren önemli bir çevre kirliliği türüdür. Yüksek gürültü; güvenlik hissini, konforu ve çalışma performansını etkiler. Gürültünün kademeli olarak artışı, öncelikle rahatsızlık hissine neden olurken zamanla işitme kaybına yol açarak konuşmayı zorlaştırır. [11] .

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), insan sağlığını, "Sağlık sadece hastalık ve sakatlığın olmaması değil, bedensel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik hali" olarak tanımlamaktadır. Günümüz koşullarında gürültü, insan sağlığını her açıdan tehdit eden bir çevresel sorundur. Gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkileri araştırılırken, geçmişte genellikle fabrikalarda uzun çalışma saatlerinde gürültüye maruz kalmanın işitme kaybına neden olduğu incelenmiştir. Ancak gürültünün etkileri sadece işitme kaybı ile sınırlı değildir. Gürültünün işitsel etkilerinin yanı sıra fizyolojik ve psikolojik etkileri de vardır ve bunlar insan performansını olumsuz yönde etkileyebilir. Fiziksel ve fizyolojik etkiler genellikle az farklılık gösterirken, psikolojik etkiler ve performans üzerindeki etkiler kişiden kişiye değişiklik gösterebilir. Çünkü genel olarak istenmeyen bir ses olarak tanımlanan gürültü, kişinin özelliklerine göre farklı şekillerde algılanabilen bir ses aralığıdır. Gürültü seviyelerine bağlı olarak gürültüyü dört aralıkta incelemek mümkündür;

30 - 65 dB Arası Gürültü : Bu gürültü seviyesi yalnızca psikolojik olarak önemlidir. Rahatsızlığa, öfkeye, moral ve motivasyon eksikliği ve uyku düzensizliklerine neden olabilir.

65 - 90 dB Arası Gürültü : Psiko-fizyolojik etkiler yaratır. Otonom sinir sisteminde etkilidir. Kalp, sindirim organları, solunum ve dolaşım fonksiyonlarında aksamalar meydana gelebilir.

90 - 120 dB Arası Gürültü : Uzun süre bu gürültü seviyesinin etkisi altında kalan kişilerde geçici sağırılık görülebilir. Etkisi bazen günler sonra kaybolabilir. Bu şartlar altında uzun yıllar çalışmak kalıcı işitme kaybına neden olabilir.

120 dB Üzerindeki Gürültü Aralığı: Bu gürültü seviyesine maruz kalmak, kısa bir süre için bile olsa, işitme zarar görebilir.

Gürültünün insan sağlığı üzerindeki fizyolojik, fiziksel, psikolojik ve performans üzerindeki etkileri aşağıda maddeler halinde detaylandırılacaktır.

2.7 Fiziksel Etkiler

Gürültü öncelikle insanları etkilediğinden sosyal ve ekonomik etkileri dolaylı olmaktadır. Gürültünün insanlar üzerindeki etkileri 55-60 dB değerinde başlamakta, 65 dB değerinde ise sağlık sorunları ve davranış bozuklukları ortaya çıktığı belirtilmektedir[12] . Gürültünün sebebiyet verdiği problemlere kalp-damar, mide-

bağırsak ve psikolojik rahatsızlıklardan, çocukların gelişimi ve akademik başarılarına, gürültülü ortamda çalışan annelerin bebeklerinde kilo kaybı gibi çeşitli sorunlar olduğu bildirilmektedir. Gürültünün en olumsuz etkisi kalıcı işitme kaybıdır. Çünkü işitme kayıplarında tedavi bulunmamaktadır. Özellikle insanlar çınlama, uğultu gibi belirtileri işitme kaybı öncesi belirtiler olarak tanımlamaktadırlar [13].

Belirli bir gürültü aralığından sonra iç kulak içerisinde bulunan duyarlı "sili" hücreler yok olmaya başlar ve öncelikle yüksek frekanslar tutulur. İlk aşamada kulak çınlaması başlar ve kişi ince sesleri duyamaz duruma gelir, zaman ilerledikçe işitme kaybı diğer frekanslara yayılır. Bu duruma akustik travma denir. Bu kaybın geri dönüşü bulunmamaktadır ve ömür boyu devam eden kronik bir rahatsızlık oluşturur (Tekalan, 1996).

Geçici İşitme Eşiği Değişiminde ise gürültünün kesilmesinin ardından işitme düzeyinin belli bir süre yükselmesi, kişinin işitme duyarlılığının, gürültüden etkilenmeden önceki haline oranla belli bir süre azalmasıdır. İşitme kayıpları yaşayan kişi, geçici işitme eşiği değişiminde eski durumuna zamanla dönme şansına sahiptir (Karabiber, 1991).

Kalıcı işitme eşiği değişimlerinde ise işitme kayıpları zamanla giderilemez, kişinin tüm hayatı boyunca iyileşme ve eskiye dönme şansı olmamaktadır. Kalıcı işitme eşik değişimleri akustik travma veya uzun yıllar boyunca etkilenilen, tekrarlayan gürültünün birikim yaratan etkisinden kaynaklanmaktadır (Karabiber, 1991).

2.8 Fizyolojik Etkiler

Gürültünün insan sağlığı üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileri vardır. Örneğin kalp ve damar sistemi üzerindeki etki dolaylıdır. Akademik araştırmalar, gürültüye uzun sürelerde maruz kalan kişilerde kan damarlarında daralma ve bu nedenle kan basıncı ve nabzın arttığını belirtmektedir. [14].

Gürültünün insan sağlığı üzerindeki fizyolojik etkilerini açıklayabilmek için öncelikle kulak anatomisini anlatmak mantıklıdır. İnsan kulağının anatomisi (Şekil 2.1) 'de gösterilmiştir. Kulak kepçesi, dışarıdan gelen ses dalgalarını dış işitsel kanala yönlendirir ve yoğunlaştırır. Bu nedenle kulak kepçesi, bir anten gibi işlev görür. Ses dalgaları dış işitsel kanaldan geçip kulak zarına ulaştığında, kulak zarı titreşir. Daha sonra ses, zar ile bağlantılı olan çekiç, örs ve üzengi kemikleri aracılığıyla kokleaya

(iç kulağa) ulaşır. Ses titreşimleri koklea içinde elektriksel sinyallere dönüştürülür ve işitme sinirleri tarafından beyne iletilir. Çekiç, örs ve üzengi gibi işitme kemikçikleri orta kulağın içinde bulunur ve ses dalgalarının gücünü azaltarak iletim sırasında amplifikatör görevi görürler. Normal koşullarda iç kulağa 30 dB kayıpla ulaşması beklenen ses titreşimleri, orta kulağın içindeki bu işitme kemikçikleri sayesinde neredeyse hiç kayıp olmadan algılanır. Bu düzenleme sayesinde insan kulağı 0 dB ve daha yüksek sesleri duyabilir. 0 dB eşiği, sesin olmadığı anlamına gelmez, ancak insan kulağının bu sesleri algılayamayacağı anlamına gelir.

Fizyolojik etkiler, sürekli seslerin insan vücudunda neden olduğu reaksiyonlardır. Burada gürültünün oluşturduğu ses dalgaları, insan kulağı içindeki işitme hücrelerine doğrudan gelen fiziksel etkilerden ayrılır. İnsan vücudunun gürültüye verdiği tepki anlık veya uzun vadeli, bilinçsiz ya da bilinçli olabilir.[15].

Gürültünün fizyolojik olarak kanıtlanmış etkileri şu şekilde sıralamaktadır;

Solunumun hızlanması

Yüksek tansiyon (hipertansiyon)

Yüksek kalp atış hızı

Kolesterol düzeylerinde artış

Kas gerginlikleri

Adrenalin patlaması

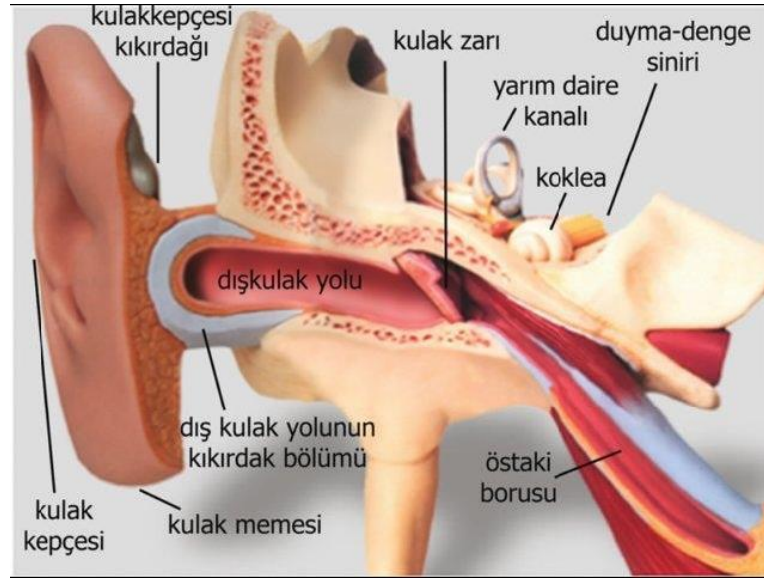
Şaşırma (refleks)

Metabolik değişim

Sindirim sistemindeki düzensizlikler

Yorgunluk

Uyku bozuklukları



Şekil 2.1 : Kulak anatomisi [16].

2.9 Psikolojik Etkiler

Çizelge 2.4 : Bazı gürültü türlerinin desibel dereceleri.

Gürültü Türü	dB Değeri	Psikolojik Etki
Uzay Roketi	170	Kulakta ağrı, sinir hücrelerinde bozulma
Canavar Sireni	150	Kulakta ağrı, sinir hücrelerinde bozulma
Kulak limiti	140	Kulakta ağrı, sinir hücrelerinde bozulma
Makine matkabı	120	Psikolojik bozukluklar (Seviye III)
Motosiklet sesi	110	Psikolojik bozukluklar (Seviye III)
Eğlence Müziği	100	Psikolojik bozukluklar (Seviye III)
Metro gürültüsü	90	Psikolojik bozukluklar (Seviye II)
Tehlikeli bölge	85	Psikolojik bozukluklar (Seviye II)
Çalar saat sesi	80	Psikolojik bozukluklar (Seviye II)
Telefon zil sesi	70	Psikolojik bozukluklar (Seviye II)
İnsan sesi	60	Psikolojik bozukluklar (Seviye I)
Horlama	30	Psikolojik bozukluklar (Seviye I)

Bilimsel çalışmalar gürültüye maruz kalan hemen hemen tüm insanlarda çeşitli psikolojik bozuklukların olduğunu (Çizelge 2.3) ortaya koymuştur. Gürültülü ortamlarda yaşamanın gözle görülen en büyük tepkisi gerginlik, rahatsızlık ve sıkıntıdır [17]. Bilimsel araştırmalar gürültülü yerlerde çalışan kişilerin kendilerini tedirgin, kaygılı ve öfkeli hissettiklerini ancak gürültü ortadan kalktıktan sonra bile kaygı ve sinirliliklerinin bir süre daha devam ettiğini göstermiştir [18]. Sinirlilik sorunu yaşayan kişilerin mide ve bağırsak sorunları yaşama olasılığının diğer insanlara göre daha fazla

olduğu bilinmektedir. Belirlenen gürültü limitlerinin aşılması durumunda yorgunluk durumu ve zihinsel aktivitelerde yavaşlama meydana gelir. Ani gürültü insanlarda kaygıyı tetiklerken gürültünün ortadan kalkmasıyla belirtilen durum da zaman içinde ortadan kalkar [19], [20].

2.10 Performans Üzerine Etkiler

Düşük frekanslı gürültü, konuşma sesinin yüksek frekanslı bileşenlerini engellediği için dinleme ve anlama güçlükleri ortaya çıkarır. Bu durum, insanlar arasındaki iletişimi olumsuz etkiler ve gürültülü ortamlarda insanlar daha az konuşurken, sadece çok önemli konularda ve hatta bazen kendi kendilerine konuştukları belirtilmektedir (Kurra, 1998).

2.11 Gürültü Kaynakları

İnsan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan çevresel gürültü, insan sağlığı için zararlı olduğu düşünülen ve hayat kalitesini olumsuz yönde etkileyen istenilmeyen sesler olarak tanımlanmaktadır[21]. Endüstriyel faaliyetler, ulaşım araçları, eğlence ve rekreasyon, inşaat ve işyerlerinden kaynaklanan istenmeyen seslerde çevresel gürültü olarak ifade edilmektedir [22].

Endüstriyel Gürültü kaynakları

Endüstriyel gürültü türü üretim teknolojisinin kapasitesine ve üretilen malın cinsine bağlı olarak değişmekte ve farklı düzeylerde olabilmektedir. Fabrikada iyi bir ses yalıtımı yoksa endüstriyel gürültü yalnızca bu işyerinde çalışan çalışanları değil çevredeki işyerlerini ve yerleşim alanları da etkiler ve bu da yaşayanları rahatsız eder. Endüstriyel gürültüyü farklı açılardan ve farklı şekillerde sınıflandırmak mümkün olsa da gürültü kaynağı olarak nitelendirilen bileşenler aşağıda belirtilmektedir.

Darbe sesleri, (bastırma, presleme, vurma gibi araçlar),

Mekanik olaylar (kuvvet aktarma araçları, kesme, tutma vb.),

Sıvı akışları (fanlar, kompresörler, pompalar vb.),

Yanmalar (patlama, şöminebacaları vb.),

Elektromanyetik kuvvetler (jeneratörler, motorlar, kaynak makinaları, transformatörler vb.) [23].

Ulaşım Araçlarından Kaynaklanan Gürültüler

Sanayi Devrimi'nin başlaması ile motorlu araç kullanımının artmasıyla birlikte ulaşım ihtiyacının artması, araç taşımacılığının daha büyük araçlarla ve daha fazla yaşam alanında gerçekleştirilmesi, gürültü seviyelerinin artmasında doğrudan bir etken olmuştur. Günümüzde karayolu, demiryolu, hava ve su yolu trafiğinde trafik gürültüsü üzerine çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Ancak en sık incelenen gürültü türü, yaygınlığından dolayı trafik gürültüsü ve otoyol gürültüsüdür. Gürültü verileri, kaynak türünün ses yayılma davranışına bağlı olarak yorumlanır ve trafik gürültüsünün çeşitleri, kaynağın türüne göre incelenmiştir.

Karayolundan Kaynaklanan Gürültüler

Motorlu taşıtlardan yayılan karayolu gürültüsü, yol üzerinde araç hareketlerinden dolayı çevreye gürültü yayılmasına neden olan çizgisel kaynaktır. Oluşan gürültü, araçların bireysel hareketlerinden kaynaklanır ve çeşitli etkenlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Motorlu taşıtlarda gürültünün oluşumu aşağıda belirtilen etkenlerden meydana gelmektedir.

- Motorun neden olduğu sesler
- Lastikler – yol kaplama gürültüsü
- Egzoz gürültüsü
- Aerodinamik gürültü
- Korna sesleri
- Fren gürültüsü

Gürültünün oluşumunda aracın ve ulaşımın gerçekleştiği yolun çeşitli parametrelerinin etkisi bulunmaktadır. Araçların gürültü emisyonunu etkileyen etkenler arasında araç tipi (ağır/hafif araçlar), motor gücü ve tipi (dizel/benzinli/elektrikli), araç hızı, aracın yaşı ve bakımı, lastik tipi, egzoz sistemi ve susturucu, radyatör, frenler, havalandırma, aerodinamik yapısı ve korna sesleri yer alır. Bu faktörlere ek olarak, aracın hareket ettiği yolun özellikleri de gürültüde önemli bir rol oynar. Diğer önemli parametreler arasında araç sayısı, yolun eğimi, trafik akışı (duraklayan, akıcı, hızlanan), yol yüzeyinin tipi ve bakımı, trafik ışıklarının ve kavşakların konumu, yolun genişliği, çevresel mesafe, engeller ve topografik koşullar yer alır. [15].

Araç tipleri açısından yapılan en önemli sınıflandırma, araç tipine göre yapılan sınıflandırmadır ve bu alanda farklı kabuller olsa da, araçlar tipik olarak iki veya üç ana gruba ayrılır.

Hafif taşıtlar: Ağırlığı 3000 kg'dan az yada eşit otomobil ve kamyonetler yada 2 akslı ticari taşıtlar

Orta taşıtlar: Ağırlığı boş olarak 3000 kg üstünde olan taşıt ve otobüsler,

Ağır taşıtlar: Aks sayısı 3 veya daha fazla olan tüm ticari araçlar [24].

Araç sınıflandırmada farklı bir yöntemde NMPB yöntemi olup, araçlar hafif ve ağır olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır. Yapılacak hesaplamalar ile ağır taşıtların hafif taşıtlara olan oranları dikkate alınmalı ve hesaplamalar bu şekilde yapılmalıdır [25].

Araçlarda kullanılmakta olan lastiklerdeki malzeme, lastiğin yüzey şekil ve lastik deseni (dairesel ve uzunluğuna desenli cepli lastikler, radyal çelik vb.) ve aşınmalarına göre değişiklikler göstermektedir. Yıpranmış, aşınmış ve düzlenmiş lastikler gürültü artırıcı etkide bulunmaktadır. Yüzeyler beton ise düzlenmiş ve aşınmış lastikler, yeni lastiklere oranla 14 dBA'lık fazla gürültü üretmektedir. [26].

Yolların yüzey özelliğini, konstrüksiyon ve malzemenin belirlediği akustik yutuculuk katsayısı belirlemektedir. Yol yüzey cinsi; gözeneklilik, pürüzlülük ve katkı malzemesi açısından tanımlanabilir. Örnek olarak taş ve beton döşenmiş yollarda gürültü düzeyleri daha yüksek sonuç vermektedir.

Yolun geometrik özellikleri, trafik hızı ve hacmi trafik gürültü seviyesini etkiler. Yol koridorunun genişliği değerlendirilmelerde önemlidir. Buna ek olarak yol yüzey kaplama durumu gürültüye büyük oranda etki etmektedir. Yollarda belirli hızlar dahilinde lastik gürültüleri ve daha sonrasında aerodinamik gürültüler etkin olmaktadır.

Yolun eğimi, gürültüye etkisi göz ardı edilmemesi gereken önemli bir faktördür. Özellikle ağır tonajlı araçlarda, eğimin etkisi oldukça belirgindir. %7'lik bir eğim, gürültüyü 5 dBA artırırken, %2'den daha küçük eğimlerin etkisinin ihmal edilebilir olduğu belirtilmektedir. %15'ten yüksek eğimler ise son derece yüksek gürültü seviyelerine neden olabilir. Bu durumun en önemli nedeni, araçların yokuş yukarı çıkarken normalden fazla zorlanması ve motor devirlerinin artmasıdır.

Ağır tonajlı araçlar iniş eğiminde düşük viteste seyir halinde oldukları için, düz yola kıyasla daha geniş bir alana gürültü yaymaktadırlar. Yol güzergahındaki dönüşler, araçların hızlarında değişikliğe neden olarak gürültüyü artırır. İnişlerde, motor gürültüsüne ek olarak fren gürültüsü de belirgindir.

Yolun doğal zemin seviyesinden yüksek olması durumunda, gürültü seviyelerinde ve ses dalgalarında bozulmalar yaşanabilir. Yol kenarlarındaki toprak setler veya yarmalar, ses dalgalarını kırarak gürültüyü azaltabilirken, yansıtıcı bir yüzeye sahip olan setler gürültü seviyelerini artırabilir. Yer seviyesinden yüksek inşa edilen karayolları, hem yan hem de dikey yönde gürültü yaydığından olumsuz etkide bulunabilir.

Trafik kompozisyonu da gürültü yayılımında önemli bir faktördür. Akıcı trafik ve kesikli olmayan trafik gibi farklı trafik türlerinin gürültü üzerinde farklı etkileri vardır. Bu nedenle, trafik hacmi, ortalama hızı ve akış şekli gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Trafik gürültüsü, serbest veya serbest olmayan trafik koşullarına bağlı olarak değişebilir. Kesikli olmayan akıcı trafik, genellikle bir veya daha fazla kavşağın bulunduğu yollarda gözlemlenirken, serbest olmayan akıcı trafik karmaşık bir yapıya sahiptir çünkü hız ve yoğunluk değişimleri trafik koşullarının bir sonucudur [26].

Trafik akımındaki araç sayısı, toplam gürültü yayılımını etkileyen temel faktörlerden biridir. Trafik akımı, yol boyunca rastgele dağılmış ve akustik açıdan farklı güçlere sahip çeşitli nokta kaynaklarla oluşturulmuş bir çizgi gibi kabul edilir. Bu nedenle, yolun toplam akustik enerji seviyesi, araç sayısı ile doğrudan ilişkilidir. Gürültü seviyeleri, trafik hacimleri arttıkça genellikle artar [27].

Trafik akımında gürültü üretimi kavramında, ortalama araç hızı faktörü büyük öneme sahiptir. Trafik hızı ile gürültü seviyesi arasında doğrudan bir ilişki olduğu kabul edilse de, trafik akışı ile karıştırılmamalıdır. Çünkü duran bir trafikte düşük hızlar, beklenenin aksine daha az gürültü üretir. Araçların hızına bağlı gürültü oluşumu oldukça karmaşıktır çünkü düşük hızlarda bile araçların gürültü kaynaklarına bağlı birçok değişkeni içerir.

Ortalama araç hızının gürültüye etkisi üzerine yapılan çalışmalarda, trafik kompozisyonu, trafik akımının türü ve sürücü davranışlarının da incelenmesi gerekmektedir. Araç hızı arttıkça, gürültünün alıcılardaki rahatsızlık seviyesini

etkileyen önemli bir faktördür çünkü gürültü artış gösterir. Örneğin, eğim farkı olmayan bir arazide seyreden bir araç, 32 km/h hızla hareket ettiğinde 30,5 metre mesafede 50 dBA gürültü üretirken, aynı araç 64 km/h hızla hareket ettiğinde ise 58 dBA gürültü üretmektedir [26].

Demiryolundan Kaynaklanan Gürültüler

Ulaşım araçları içinde çevreye olan gürültü etkisi yönünden, rahatsızlık seviyesi en az olan ulaşım sistemi raylı sistemlerdir. Çağımızda şehir içinde toplu taşımada kullanılmakta olan raylı sistem taşıtlarının çoğu elektrikli. Bu nedenle çevreye yayılan gürültü seviyesi daha düşüktür. Raylı sistemlerin iki önemli gürültü kaynağı bulunur. Aracın gürültüsü; elektrik motoru, dizel motoru, tren kornası, diğer ekipman gürültüsü (klima vs.), tekerlek ile ray etkileşiminden kaynaklı gürültüler; yuvarlanma, kızaklama (kayma) ,darbe etkisi, kızaklama raylı sistemlerde bulunan gürültü kaynaklarıdır. Raylı sistem araçlarda yardımcı güç sistemleri ,tahrik motorları ve klimalar sürekli gürültü oluştururlar. Elektrik motorlu lokomotifler dizellere göre daha sessiz olmasına rağmen elektrikli lokomotiflerde ısınan ekipmanları soğutmak amacı ile kullanılan büyük fanlar, düşük hız seviyelerinde yüksek gürültü üretirler. Ulaşım araçları içinde raylı sistem araçları düşük gürültü seviyesi ve kirliliği yönünden çevre dostu olarak belirtildi son yıllarda karayolu trafiğinden sonra Avrupa’da en baskın ikinci çevresel gürültü kirlilik kaynağı haline gelmiştir [21].

Raylı sistemlerde gürültü, trenlerin, vagonların, rayların ve tren hareketlerinden kaynaklanan unsurların etkileşimi sonucu oluşur. Tren özellikleri, gürültü seviyelerini belirlemede önemli bir rol oynar. Bu özellikler; trenin gücü, taşıdığı yük, kullandığı yakıt türü, kullanılan susturucuların tipi, fren sistemlerinin özellikleri, tekerlek yapısı ve siren kullanımı gibi faktörleri içerir.

Vagonlar da gürültü seviyelerini etkiler. Vagon ağırlıkları, tekerlek özellikleri ve vagonlara takılan ekipmanlar gürültü seviyesini belirlemede rol oynar.

Raylı sistemlerin incelenmesi ve değerlendirilmesinde rayların tipi, bağlantı sistemleri, makas ve dönüş noktaları, demiryolu yapıları ve kotu, varsa tünel ve şev geometrisi ile viyadük ve köprü gibi yapı tipleri de dikkate alınmalıdır.

Trenlerin hareketi de gürültü düzeyini etkiler. Lokomotif ile vagon sayısı, taşınan yük miktarı ve yoğunluğu, trenin kompozisyonu, trenin geçiş hızı, istasyonlarda yapılan

hareketler ve ivmelenmeler gibi faktörlere bağı olarak gürültü seviyeleri değışkenlik gösterir [15].

Raylı sistemlerdeki gürültü düzeyi genellikle motor gürültüsü, tekerlek gürültüsü ve aerodinamik hareketlerden kaynaklanır. Bununla birlikte, köprüler ve geçişler gibi alanlarda oluşan gürültüye ek olarak, rayların bağılantı noktalarından kaynaklanan darbe gürültüsü gibi ek gürültü kaynakları da bulunabilir [28].

Raylı sistemlerin gürültü analizinde, tren sayıları ve çeşitleri, trenlerin ortalama hızı, siren kullanımı, demiryolunun fiziksel özellikleri (düz veya yükseltilmiş), rayların tipi, balast ve bağılantıları, köprü yapıları gibi faktörler kritik öneme sahiptir ve gürültü düzeylerinin belirlenmesinde etkilidir [29].

Havayolundan Kaynaklanan Gürültüler

Havayolu gürültüsü, diğ er ulaşım kaynaklarına kıyasla genellikle daha az etkili olsa da özellikle havaalanlarına yakın bölgelerde veya anlık yüksek gürültü oluşturma potansiyeli nedeniyle önemlidir. Önceleri tekil uçuşlar üzerinde odaklanılan uçak gürültüsü incelemeleri, havayolu trafiğinin yaygınlaşmasıyla birlikte havayolu gürültüsünün diğ er ulaşım kaynaklarına benzeyen bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Havayolu taşımacılığı, diğ er ulaşım kaynaklarından farklı olarak çevredeki engellerin etkisinin daha az olması ve hareketin düzlem üstünde olması nedeniyle daha geniş alanlarda etki gösterebilir.

Havayolu gürültüsünü azaltma çabaları, yeni nesil uçakların daha sessiz motorlarla üretilmesi ve havaalanlarında gürültüyü kontrol altına almak için çeşitli önlemlerin alınmasıyla yapılmaktadır. Bu önlemler arasında, öngörülen gürültü seviyelerini aşan uçakların iniş ve kalkışının yasaklanması veya belirli saatlerde uçuşların sınırlandırılması gibi yöntemler sıkça kullanılmaktadır. Uçakların hareketleri, ileri ve geri yönde farklı gürültü seviyeleri üretebilir.

Havayolu taşımacılığında gürültü kaynakları genellikle řu şekilde sınıflandırılır: gövde ve bileşenlerden kaynaklanan gürültü (gövde, kanatlar, flaplar, iniş takımları), sonik patlama, jet gürültüsü, pervane gürültüsü, kompresör, fan ve türbin gürültüsü, yer hareketlerinden kaynaklanan gürültüler (taksi, araç hareketleri, yükleme boşaltma vb.).

Gürültü seviyelerini etkileyen faktörler arasında uçakların motor gücü ve tipi, motor sayısı, motorların kullanımı, iniş ve kalkış açıları, pistlerin uzunluğu, konumu ve yönü, uçuş rotaları, kalkış ve iniş sayıları ile yer hareketleri bulunmaktadır.[30].

Suyolundan Kaynaklanan Gürültüler

Dünya genelinde yapılan deniz ticaretinin yaklaşık %80'i deniz taşımacılığı aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de ise ihracatın ve ithalatın yaklaşık %90'ı deniz taşımacılığı ile yapılmaktadır. Deniz taşımacılığı, ülkeler ve kıtalar arasında su yolları vasıtasıyla büyük miktarlarda yük taşınmasını sağlayarak, diğer ulaşım yöntemlerine kıyasla daha ekonomik, güvenli ve hızlı bir seçenek sunmaktadır. Bu nedenle, deniz taşımacılığı tercih edilen bir ulaşım yöntemi haline gelmiştir [31]. Türkiye, jeopolitik konumu nedeniyle hem yerel hem de uluslararası deniz ulaşımı açısından birçok avantaja sahiptir. Bu avantajları değerlendirmek amacıyla Türkiye, araç kapasitesini artırma ve deniz yolu kullanımını yaygınlaştırma çabalarını sürdürmektedir [32]. Deniz taşımacılığı, özellikle boğazlar ve kıyı şehirlerinde gürültü kirliliği açısından önemli bir faktördür. Deniz yollarında kullanılan gemilerin yaşı ve sayısı, gürültü seviyesini etkileyen iki önemli parametre olarak kabul edilmektedir [33], [34]. Deniz taşımacılığı faaliyetleri sırasında denizin dalgalı olması, dalgaların yüksekliği ve frekansı, oluşan gürültü seviyelerinde değişikliklere neden olarak etki göstermektedir [35].

Farklı bölgelerde yapılan çeşitli çalışmaların yanı sıra Ro-Pax feribotlarında seyir sırasında ve manevra yaparken yolcuların ve mürettebatın bulunduğu farklı noktalarda kapsamlı gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiş ve gürültü maruziyetinin en kritik noktaları tespit edilmiştir. Yapılan ölçümlerde, zirve gürültü seviyelerinin 135 dBC sınır değerinin altında olduğu ve kişiler için kritik koşulların oluşmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, kalkış ve varış esnasında gürültü seviyesinde 20 dBA'ya kadar bir artış gözlemlenmiştir [36]. Bir araştırmada, açık denizde seyreden bir geminin pervanesinden yayılan doğrusal olmayan gürültü incelenmiş ve gemilerin su altında yaydığı gürültünün temel bileşeninin pervane kavitasyonu sonucu oluşan geniş bant gürültüsü olduğu belirtilmiştir [37], [38].

Sanayinin gelişimi ve ulaşım talebinin sürekli artmasıyla birlikte, endüstriyel bölgelerde gürültü kirliliğinin araştırılması gereken önemli bir çevresel sorun haline gelmiştir [39]. Farklı kargo türlerinin taşınması ve lojistik operasyonların çeşitliliği,

liman çevresinde gürültü kaynaklarının oluşmasına neden olan etmenler arasında yer almaktadır. Bu duruma, farklı ürün ve hizmetlerin çeşitliliği, kara ve deniz taşımacılığının yoğunluğu ve kullanılan altyapının fiziksel etkileri gibi faktörler de katkı sağlamaktadır [39].

Sanayileşme ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte ortaya çıkan ve yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyen gürültü kirliliği, deniz yolu taşımacılığının temel altyapılarından biri olan limanlarda da çeşitli yöntemlerle test edilmiştir. Liman operasyonlarının yoğunluğu ve sıklığı, gemilerin kalkış ve yanaşma manevraları, elleçlenen yükün türü ve tonajı, yük elleçleme ekipmanları ve liman iç ve dışındaki taşıt trafiği gibi çeşitli faktörler, limanlarda önemli ölçüde gürültü kirliliğine neden olmaktadır [40], [41].

Bu tür faaliyetler, liman çevresindeki yerleşimleri olumsuz etkilemenin yanı sıra deniz ve karasal ekosistemleri de olumsuz yönde etkileyebilmektedir. [42].

Eğlence ve Rekreasyondan Kaynaklanan Gürültüler

Rekreasyon gürültüsü olarak adlandırılan ve genellikle konut alanlarının yakınında bulunan farklı kaynaklardan yayılan gürültü türüdür. Bu tür gürültünün en yaygın kaynakları, eğlence mekanlarından gelen müzik ve toplu etkinliklerin düzenlendiği alanlardan kaynaklı gürültülerdir [43].

Kentsel kullanım gürültüsü olarak da bilinen bu tür, insan etkinliklerinden kaynaklanan gürültüyü ifade eder. Bu kavram, yüksek sesle konuşmalar, bağırma, çocuk sesleri, atış alanları, spor sahaları, televizyon, radyo ve müzik sesleri gibi insan etkinliklerine bağlı gürültüleri; ayrıca eğlence mekanları, açık hava sinemaları, sokak satıcıları, yükseltilmiş reklamlar, plak ve kasetçilerin müzik sesleri gibi ticari ve eğlence amaçlı gürültüleri içerir [44]. Pazar yerleri ve ticari alanlarda meydana gelen gürültüler ile okul bahçeleri, spor sahaları ve çocuk oyun alanları gibi toplumsal amaçlı kullanımlardan kaynaklanan gürültüler de bu kapsamda yer alır [45].

Açık veya kapalı alanlardan çevreye yayılan müzik gürültüsünde önemli faktörler arasında müzik yayını yapmakta olan sistemlerin yönlendirme özellikleri ve ses gücü, çalınan müziğin yapısı, yayın süresi, yayın yapılan yerin konumu gözlemlenebilir. Ayrıca, konut bölgelerine göre yayın yapılan yerin konumu, yansıtıcı yüzeylerin gürültüyü artırması ve engellerin yetersiz kalması da etkili olabilir [43].

İnşaat ve İşyerlerinden Kaynaklanan Gürültüler

Kentlerdeki nüfus artışıyla birlikte inşaat faaliyetlerinde büyük bir ivme kazanmaktadır. Türkiye'de son yıllarda inşaat sektörü hızla gelişmektedir. 2023 yılının ikinci çeyreğinde bir önceki yılın aynı dönemine göre belediyeler tarafından verilen yapı ruhsatı sayısında %5,7'lik, daire sayısında %31,3'lük ve yüzölçümünde %25,6'lık bir artış gözlemlenmiştir [46].

Farklı ihtiyaçları karşılamak amacıyla yapılan yapıların inşaat aşamasında şantiye gürültüleri ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Şantiye çalışmaları sırasında, ekipmanlar, iş makineleri ve diğer saha ekipmanları kullanılarak oluşan gürültü yoğun bir şekilde hissedilir. Bu gürültü genellikle iki şekilde ortaya çıkar: birincisi, saha çalışanlarının veya ekipmanları kullanan kişilerin doğrudan maruz kaldığı gürültü; ikincisi ise çevresel faktörlerden kaynaklanan gürültüdür. Ayrıca, şantiyede aynı anda birçok ekipmanın çalıştırılması da gürültü seviyesini artırır [47].

İnşaattan kaynaklı gürültü kaynakları aşağıda sıralanacak olursa;

İnşaat faaliyetlerinden kaynaklanan gürültüler çeşitli kaynaklardan oluşur. Bunlar arasında, hareket halindeki araçlardan yayılan gürültüler (örneğin kepçe, dozer, traktör, kamyon vb.), sabit makinelerin yaptığı işlemlerden kaynaklanan gürültüler (yıkma, kazma, kesme, karıştırma, çakma, delme, konveyör vb.), ve inşaat işçilerinin ürettiği gürültüler (darbeli hareketler, kaynak, montaj vb.) bulunur.

İnşaat faaliyetlerinden kaynaklanan gürültü seviyesi rastgele ve kullanım alanına bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu gürültü düzeyini etkileyen faktörler arasında yapım süreleri, çalışma saatleri, kullanılan araç ve makinelerin yükleri, çalışma güçleri ve birlikte çalışan makine sayısı yer alır [43].

2.12 Gürültü Ölçüt ve Limitleri

Dünya Sağlık Örgütü'nün gürültü ile ilgili yönergesinde, kaliteli bir uyku için gece boyunca yatak odalarında 30dBA daha az, iyi öğretim ve öğrenme koşullarının sağlanması için sınıflarda 35 dBA dan daha az bir değer önermektedir.

Dünya Sağlık Örgütü gece gürültüsüne ilişkin yönergesinde, gece gürültüsünün olumsuz sağlık etkilerini önlemek için yatak odaları dışında yıllık ortalamanın (L_{gece}) 40 dBA 'dan daha azını önermektedir [48].

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin 25 Haziran 2002 tarihli ve 2002/49/EC sayılı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi ile ilgili direktifi, çevresel gürültüyü değerlendirmeyi ve yönetmeyi amaçlar. Bu direktif, çevresel gürültü kaynaklarının neden olduğu rahatsızlıklar da dahil olmak üzere zararlı etkileri önlemeyi, azaltmayı veya kaçınmayı hedefleyen bir yaklaşımı temel alır.

Bu amaçla aşağıda belirtilen;

-Gürültü haritalaması yoluyla, değerlendirme yöntemleriyle çevresel gürültüye maruziyetin belirlenmesi

-Çevresel gürültü ve gürültüye ilişkin bilginin ve etkiler kamuya açık hale getirilmesinin sağlanması

-Çevresel gürültü ve özellikle gürültüyü azaltma hedefiyle, gürültü haritalama sonuçlarına dayanarak insanların zararlı etkilere maruz kalabileceği durumlarda sağlığın korunması ve çevresel gürültü kalitesinin artırılması için adımlar atılmalıdır. Bu eylemler, aşamalı bir şekilde uygulanmalıdır [49].

Ülkemizde 30 Kasım 2022 de 32029 sayı ile resmi gazetede yayımlanarak yürürlükte bulunan ve gürültü seviyelerinin ifade edilmesi için sıklıkla kullanılan Ek-1 formunda belirtilen Gürültü göstergeleri aşağıda belirtilmektedir.

-A ağırlıklı ses basınç düzeyi (dBA): İnsan işitme sistemine en hassas olan orta ve yüksek frekanslara daha fazla önem veren A-ağırlık şebekesi kullanılarak hesaplanan ve gürültüden kaynaklanan etkilenimi belirleyen tek sayılı bir ses düzeyi birimi.

-Akşam gürültü göstergesi (Lakşam): 19:00-23:00 saatleri arasındaki dönem için belirlenen ve A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyinin enerji ortalaması olan, akşam saatlerindeki rahatsızlık düzeyini ifade eden ölçü.

-Desibel (dB): Ölçülen seslerin güç, şiddet ve basınçlarının, işitilebilen en hafif ses referans alınarak, bu referans değere göre karşılaştırılmasıyla elde edilen sonucun logaritmik olarak ifade edildiği düzey birimi.

-Eşdeğer gürültü düzeyi (Leq): Belirli bir süre içinde sürekli değişen ses seviyelerini genellikle A ağırlıklı olarak ölçerek, gürültünün enerji açısından eşdeğer olduğu sabit düzeyi ifade eden ölçü.

-Gece gürültü göstergesi (L_{gece}): 23:00-07:00 saatleri arasındaki dönem için belirlenen ve A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyinin enerji ortalaması olan, gece saatlerindeki uyku düzensizliğini ifade eden ölçü.

-Gündüz gürültü göstergesi (L_{gündüz}): 07:00-19:00 saatleri arasındaki dönem için belirlenen ve A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyinin enerji ortalaması olan, gündüz saatlerindeki rahatsızlık düzeyini ifade eden ölçü.

-Gündüz, akşam, gece gürültü göstergesi (L_{gag}): Günlük toplam rahatsızlık düzeyini ifade eden ve A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyinin enerji ortalaması olan ölçü.

- Sınır değeri: Belirli bir gürültü göstergesi için belirlenen en yüksek izin verilen düzey.

-Titreşimden etkilenme sınırı: Yapılarda meydana gelen hasarların başlangıç sınırlarını ifade eden ve titreşim ivmesi, hızı, genliği, frekansları ve etkilenme süresi gibi parametrelerle belirlenen titreşim düzeyi.

Çevresel gürültünün insan sağlığı üzerinde bulunan zararlı etkisinden dolayı kontrol altına alınması gerekli olduğundan birçok ülkede yasal düzenlemeler yapılmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde gürültü kontrolünün sağlanması ve olumsuz etkilerinden korunma amacıyla resmi kurumlar oluşturulmuş ve gürültünün zararlı olmaması için belirli sınır değerler belirlenmiştir. Bu sınır değerlere uyum sağlanması için yasal düzenlemeler yapılmış ve standartlar geliştirilmiştir.

Akademik çalışmalar ve ülke şartları göz önünde bulundurularak belirlenen gürültü limit veya sınır değerleri, mevzuatta belirtilmiş ve uygulanmasının sağlanması için yaptırımlar öngörülmüştür.

Ülkemizde yürürlükte olan "Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği", çeşitli başlıklar altında çevresel gürültü düzeyi sınır değerlerini belirlemiş ve bu değerler, ulaşım kaynakları, müzik yayını yapan işletmeler, deniz araçları, endüstri tesisleri, işletmeler, şantiye alanları ve diğer faaliyetler için ayrı ayrı çizelgeler (Çizelge 2.4), (Çizelge 2.5), (Çizelge 2.6), (Çizelge 2.7), (Çizelge 2.8) şeklinde düzenlenmiştir [22].

Çizelge 2.5 : Çevresel gürültü düzeyi sınır değerleri.

Gürültü Kaynağı	Ölçülen Parametre	Çevresel Gürültü Düzeyi		
		Gündüz	Akşam	Gece
Endüstri tesisleri, ulaşım kaynakları	$L_{Aeq,5min}$	65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)
Müzik yayını yapan işyerleri	L_{Aeq} 63-250 Hz	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)
İşyerleri ve deniz araçları	$L_{Aeq,5min}$	Arka plan + 5 dB(A)		
Birden çok işyeri olması halinde	$L_{Aeq,5min}$	Arka plan + 7 dB(A)		
Tüm kaynaklar	L_{Cmax}	100 dB(C)		

Çizelge 2.6 : Yerleşim alanlarında açık havada gerçekleştirilen faaliyetlerin izin verilen zaman dilimi.

Faaliyet Adı	Faaliyet Saati
Şantiye faaliyetleri	10.00-22.00
Açık havada gerçekleştirilen ve çevresel gürültüye neden olan etkinlikler	10.00-01.00
Havai fişek kullanımı	20.00-22.00
Madenlerde, taş ocaklarında ve diğer alanlarda patlatma	10.00-20.00

Çizelge 2.7 : Maden ve taşocakları ve benzeri alanlarda patlatma nedeniyle oluşacak titreşimlerin en yakın yapıda yaratacağı zemin titreşimlerinin izin verilen en yüksek değerleri.

Yapı Tipi	Binaların Temelinde En Yüksek Titreşim Hızı, (mm/s) (frekansa göre, f=Hz)			Tüm frekanslar için en üs katın döşemesinde(tabanında)
	f= 1-10	f= 10-50	f=50-100	
1 Endüstriyel binalar	20	40	50	40
2 Evler, tuğla ve beton gibi dayanıklı yapılar	5	15	20	15
3 Titreşime duyarlı olup 1. ve 2. maddenin dışında kalan binalar, tarihi ve doğal yapılar	2	8	10	8

Çizelge 2.8 : Demir yolu ve kara yolu ulaşım araçları, işyerleri ve endüstri tesislerinin en yakın yapıda oluşturacağı zemin titreşimleri ile bina içindeki makine ve teçhizatın oluşturacağı zemin titreşimlerinin izin verilen en yüksek değerleri.

	Titreşim Frekansı (Hz)	İzin Verilen En Yüksek Titreşim Hızı (rms değeri (mm/s))
Konutlarda	1	1.5
	8-100	0.3
Ofislerde	1	3.5

Çizelge 2.9 : İnşaatlarda kazık çakma ve benzeri titreşim yaratan operasyonların ve inşaat makinelerinin en yakın yapının dışında oluşturacağı zemin titreşimlerinin izin verilen en yüksek değerleri (1 Hz- 80 Hz arasındaki frekans bantlarında).

TİP	İzin Verilen En Yüksek Titreşim Hızı (Tepe Değeri-mm/s)	
	Sürekli Titreşim	Kesikli Titreşim
Yerleşim Alanlarında	5	10
Ticari Alanlarda	15	30
Tarihi ve doğal yapılarda	2	5

2.13 Gürültü Önleme Yöntemleri

Şehir merkezlerinde, özellikle insanlar olmak üzere diğer canlılar üzerinde olumsuz etkileri olan gürültüyü azaltmak için alınabilecek önlemler genellikle beş ana başlık altında toplanmaktadır. Bu başlıklar planlama, teknik, biyolojik, yasal ve eğitsel önlemleri içermektedir. [50]. Önlem türleri; gürültü kontrolünün sağlanabilmesi için en etkili yöntemin uygulama önerilerini içermektedir.

2.13.1 Planlama önlemleri

Gürültünün kontrol altına alınması ve gürültü kaynağı ile alıcı arasında alınabilecek kontrol önlemleri, önerilen çözüm stratejilerini içerir. Bu kapsamda, trafik planlamalarıyla yolların kullanım yoğunluğu dengelebilir ve kullanıcı davranışları

müdahalelerle kontrol altına alınabilir. Trafik yönetimi çerçevesinde, hız kontrolü, yol tasarımı, trafik akışının düzenlenmesi ve yol yüzeyinin iyileştirilmesi gibi çeşitli eylem planları uygulanabilir. Trafik ışıklarının düzenlenmesi, hız sınırlarının azaltılması ve hız kesici uygulamalarıyla araç hızlarının kontrol altına alınmasıyla gürültü seviyesinin hızla artmasının önüne geçilebilir. [50]. Planlama önlemleri kapsamında trafik planlaması türlerinden biri olan “Yeşil dalga sistemi” ve yol yüzey iyileştirme metotlarından biri olan “Sessiz asfalt uygulamalarına” ilerleyen kısımda ayrıntılı olarak yer verilecektir.

Arazi kullanım planlaması, ulaşım ağları, binalar, yerleşim bölgeleri ve yeşil alanların yerleşim yerlerini gürültüden koruyan tampon bölgeler olarak belirlenmesini sağlar. Bu planlama sayesinde hassas kullanım alanları korunabilir ve ulaşım ağlarının düzenlenmesiyle gürültü oluşumu önlenir. [28].

2.13.2 Teknik önlemler

Konumsal gürültü kontrolü, belirli bir gürültü kaynağı ve etkilenen alıcılar arasında uygulanan, hesaplamalara dayalı kontrol yöntemleridir. Bu metotlar, yerel olarak gürültüyü azaltmayı hedefler ve araç sistemlerinde, kaynaklarda veya yol yapısında yapılan değişikliklerle gürültü kontrolünü sağlar. Örneğin, tekerlek ve sürtünme kaynaklı gürültüye yol yüzeyinin gözenekliliği, pürüzlülüğü ve elastikiyeti gibi özellikleri etki eder.[51]. Gürültüyü azaltmaya yönelik olarak, düşük gürültülü araç motorlarının ve lastiklerin tercih edilmesi, ayrıca düşük gürültülü yol yüzeylerinin uygulanması ve düzenli yol bakımlarının gerçekleştirilmesi gibi önlemler alınabilir.[28]. Gürültü kontrolü için, kaynaktan alıcıya sesin yutulması, yansıtılması veya kırılması yoluyla gürültü seviyesinin azaltılmasını sağlayan uygulamalar kullanılabilir. Özellikle karayolları yakınındaki kullanıcıların gürültüden etkilenmemesi için uygun gürültü engelleme teknikleri uygulanabilir ve etkili önlemler alınmalıdır. [52]. Gürültü bariyerlerinin uygulanmasında, bölgenin koşullarına uygun yapısal elemanlar, toprak setleri veya bitkilendirme gibi doğal veya yapay yükseltiiler kullanılabilir. Bu bariyerlerin uygun şekilde oluşturulması, gürültü kontrolünde etkili bir çözüm sağlar. Ayrıca, binalarda iç ve dış yüzeylerde yalıtım malzemeleri kullanarak, gürültü yalıtımlı pencerelerin tercih edilmesi, bina çeperinde sesin içeriye girmesini engelleyen cephe yalıtımı, ses yalıtımlı doğramaların kullanılması ve

pencere açıklıklarının kapatma gibi teknik önlemlerle de gürültü kontrolü sağlanabilir [28].

2.13.3 Biyolojik önlemler

Bitkisel bariyer uygulamaları, (Şekil 2.2) gürültü seviyelerini azaltmayı amaçlar. Yeşil alan düzenlemeleri ile oluşturulan tampon bölgelerde, bariyer işlevi gören bitkisel düzenlemeler sayesinde, gürültü kaynağı ile alıcı arasında sesin iletimi engellenir. Bu yöntem, kaynaktan yayılan sesin alıcıya ulaşmasını önler.[51]. Bitkilendirme çalışmaları yapılırken, tampon bölgenin yükseltilmesiyle gürültü seviyelerinin önemli ölçüde azalabileceği gözlemlenmektedir. [50]. Kentsel bölgelerde, yoğun yapılaşmanın olduğu alanlarda gürültüyü engelleyen bitkilerin kullanılması bile, yol kenarlarındaki ağaçlandırma ve şehir parklarındaki bitkilendirme çalışmaları, trafik gürültüsünün etkisini azaltmada önemli bir rol oynamaktadır [45]. Bitkisel gürültü perdelerinden istenen sonucu elde edebilmek için kullanılacak bitkisel materyallerin özellikleri ve türleri ile uygulama prensiplerine dikkat edilmelidir. Gürültünün azaltılmasında kullanılacak bitkilerin aranacak özellikler; büyük ve sert yapraklara sahip olmaları, yapraklarının ses yönüne dik bir biçimde düzenlenmiş ve birbirini örtecek şekilde yerleştirilmiş olmaları, sık bir yaprak dokusuna sahip olmaları, kışın yaprak dökmeyen türler arasından seçilmeleri, sık dal ve yaprak dokusuyla yere kadar uzanan türler olmaları, sık sıralar halinde yerleştirilen bitki türleri olmaları ve bu özelliklere ek olarak yüksek boylu olmaları tercih edilmelidir [53].



Şekil 2.2 : Ağaç ses bariyerleri [54].

2.13.4 Yasal önlemler

Gürültü kontrol sürecinde, yasal düzenlemelerden yararlanılarak gürültü seviyesinin riski belirlenebilir. Gürültü kontrolünün en uygun maliyetli ve etkili yolu, izin verilen gürültü sınırlarını belirleyen yasal düzenlemelerle gürültü kaynağında denetim sağlamak ve kaynakta denetimi gerçekleştirmektir. Yasal önlemler ve mevzuat düzenlemeleriyle gürültü seviyelerine kısıtlamalar getirilerek ve sürücü davranışları yönetilerek kaynakta gürültü kontrolü sağlanır [28].

20. yüzyılın ikinci yarısında, çeşitli ülkeler çevresel gürültünün toplum sağlığı açısından önemli bir sorun olduğunu fark etmiş ve gürültü kontrolünün gerekliliğini anlamıştır. Bu nedenle, gürültü kaynaklarına yönelik kısıtlamalar getirerek toplum sağlığını korumak için yasalar geliştirmişlerdir. Bu çalışmalar, yerel, ulusal ve uluslararası gürültü yönetim politikalarının oluşturulmasını sağlamış ve bu doğrultuda mevzuatlar, kılavuzlar ve standartlar belirlenmiştir [55].

Dünya çapında gürültüye ilişkin mevzuatlar, genellikle çevre sağlığının korunmasıyla ilgili yasal düzenlemelerin bir parçası olarak yer almaktadır. Ülkeler, ulusal mevzuatlarına ek olarak Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) ve Avrupa Birliği Yönergeleri (END) gibi uluslararası kuruluşlar tarafından kabul edilen standartları da dikkate almaktadır [15].

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), sağlık üzerindeki gürültünün olumsuz etkilerini en aza indirebilmesi amaçlı gürültü yönetiminin devletin politikası haline getirilmesi gerekliliğini vurgulamıştır. Toplumsal gürültü yönetimi kavramı için uygulanabilecek kanun ve mevzuatların oluşturulabilmesi, gürültü kontrolünün uygulanması ile ilgili modeller üzerinde çalışmalar yürütmektedir.

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), örgüt bünyesinde kurulan Gürültü Komitesi aracılığıyla gürültü kirliliği konularını ele almış ve üye ülkelerden temin edilen ulusal raporlarla gürültü sorununun varlığını vurgulamıştır.

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO), çevresel gürültünün ölçülmesi, değerlendirilmesi ve açıklanabilmesi amacıyla uluslararası kabul gören temel bir standart geliştirmiştir.

Avrupa Birliği Yönergeleri (END), ile ilk kez yayımlanan “Yeşil Bildiri” vasıtasıyla üye ülkelerde gürültü kontrolü ile ilgili politikalarının anlaşılmasını sağlamıştır.

Günümüzde Avrupa Komisyonu tarafından “Çevresel Gürültünün Yönetimi ve Değerlendirilmesi Direktifi” olarak uygulanmaktadır. Bu direktif, çevresel gürültünün zararlı etkilerini önlemek ve azaltmak amacıyla ortak bir yaklaşım geliştirilmesini sağlamıştır. Eylem planında sınır hedef değerleri belirlenip gürültü sınırlamaları getirilmiştir [55].

Ülkemizde, ilk olarak 11 Aralık 1986 tarihinde Resmî Gazete'de yayımlanan 19308 sayılı Gürültü Kontrol Yönetmeliği ile çevresel gürültü kaynakları değerlendirilmiş ve gürültü kaynaklarına karşı yasal sınırlamalar ve düzenlemeler getirilmiştir.[55].

Ülkemizde, 30 Kasım 2022 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanan 32029 sayılı "Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği" esaslarına göre hareket edilmektedir. Bu yönetmelik çerçevesinde, çevresel gürültünün çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin önlenmesi, gürültü haritalarının ve eylem planlarının hazırlanması, gürültü kontrol tedbirlerinin uygulanması, kamuoyunun bilgilendirilmesi, gürültüyü azaltacak program ve politikaların belirlenmesi gibi konularda Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı yetkilidir. Bu yönetmeliğin uygulanmasında işbirliği ve koordinasyonu sağlamak, izleme ve denetim faaliyetlerini yürütmek için ise Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlükleri ile ilgili kuruluşlar görevlidir. Ayrıca, stratejik gürültü haritalarının ve eylem planlarının hazırlanması ve uygulanması sürecinde Büyükşehir, İl, İlçe belediyeleri ve il özel idareleri işbirliği yapar. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile ulaşım kaynaklarını işleten özel kurumlar ise ana karayolları, ana demiryolları ve ana havalimanlarını belirleyip Bakanlığa bildirir ve yönetmelikte belirtilen diğer görevleri yerine getirirler. Kültür ve Turizm Bakanlığı ise tarihi ve doğal yapılar için çevresel gürültü titreşim düzeyinin belirlenmesinde işbirliği yapma yükümlülüğü bulunmaktadır [22] .

2.13.5 Eğitsel önlemler

Gürültünün engellenmesindeki en kritik unsurlardan biri eğitimidir. Eğitim, ilkokuldan başlayarak tüm eğitim süreçlerinde ve ek olarak toplumun her bireyine yönelik olarak sürekli olarak sağlanmalıdır. Eğitim sayesinde öğrenciler, okul ve kapalı alanlarda gürültüye sebep olacak davranışlardan kaçınmayı öğrenirler ve bu davranışlar giderek toplumsal bir norm haline gelir [13]Toplumun eğitilmesi, gürültüye karşı duyarlılığın artmasını sağlayarak bireyleri bilinçlendirmeyi amaçlar. Bilinçli bireyler, toplumsal huzuru korumak için gürültüyü kontrol altına alır ve gürültünün neden olduğu sağlık

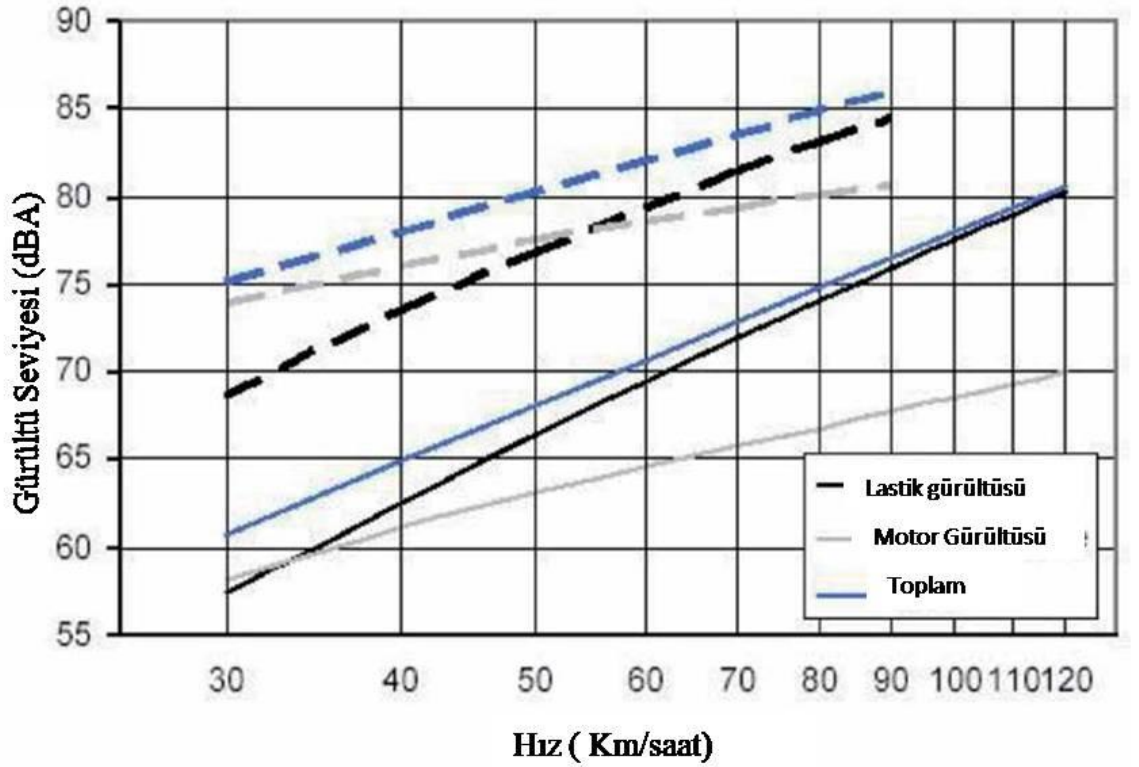
sorunlarına karşı kendilerini korurlar. Trafikte belirlenen hız sınırlarına riayet edilmesi ve araç kullanımında doğru manevraların yapılması gibi trafik kurallarının kullanıcılar tarafından uygulanması da önemlidir. Bu şekilde, toplumun gürültüye duyarlılığı artar ve gürültü kontrolü sağlanmış olur [50]. Kullanıcıların toplu taşıma araçlarına ve çevre dostu ulaşım araçlarını tercih etmesi, araç korna ve siren çalınmasında kontrol sağlanması kamu oyunun bilinçlendirilmesi gibi eylem planları yapılabilir [15].



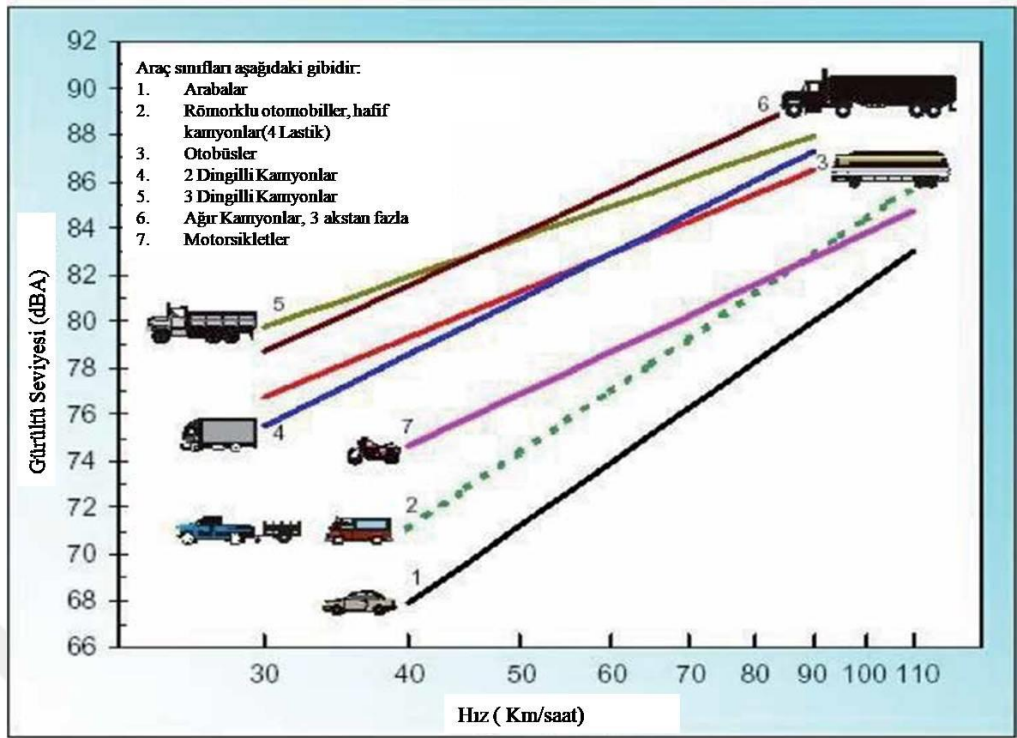
3. GÜRÜLTÜ ÖNLEME YÖNTEMLERİ

3.1 Sessiz Yol Yüzeyleri

Arabaların yüksek hızlarda ilerlemesi sırasındaki ana gürültü kaynağının, lastikler ile yol yüzeyi arasındaki sürtünmeden kaynaklanan lastik gürültüsü olduğu bilinmektedir. Hafif araçlar için lastik gürültüsü, 30 km/saat kadar düşük hızlarda ana gürültü kaynağı olarak ortaya çıkarken, ağır araçlar için (Şekil 3.1) 'de gösterildiği gibi 60 km/saat'i aşan hızlarda diğer kaynakların yerini alır[56]. (Şekil 3.2)'de çeşitli araç türlerinin hızlarına göre gürültü seviyeleri gösterilmektedir [57].



Şekil 3.1 : Gürültü seviyeleri ile aracın hızı arasındaki korelasyon (tam çizgilerle hafif araçları, kesikli çizgiler ağır araçları temsil etmektedir).

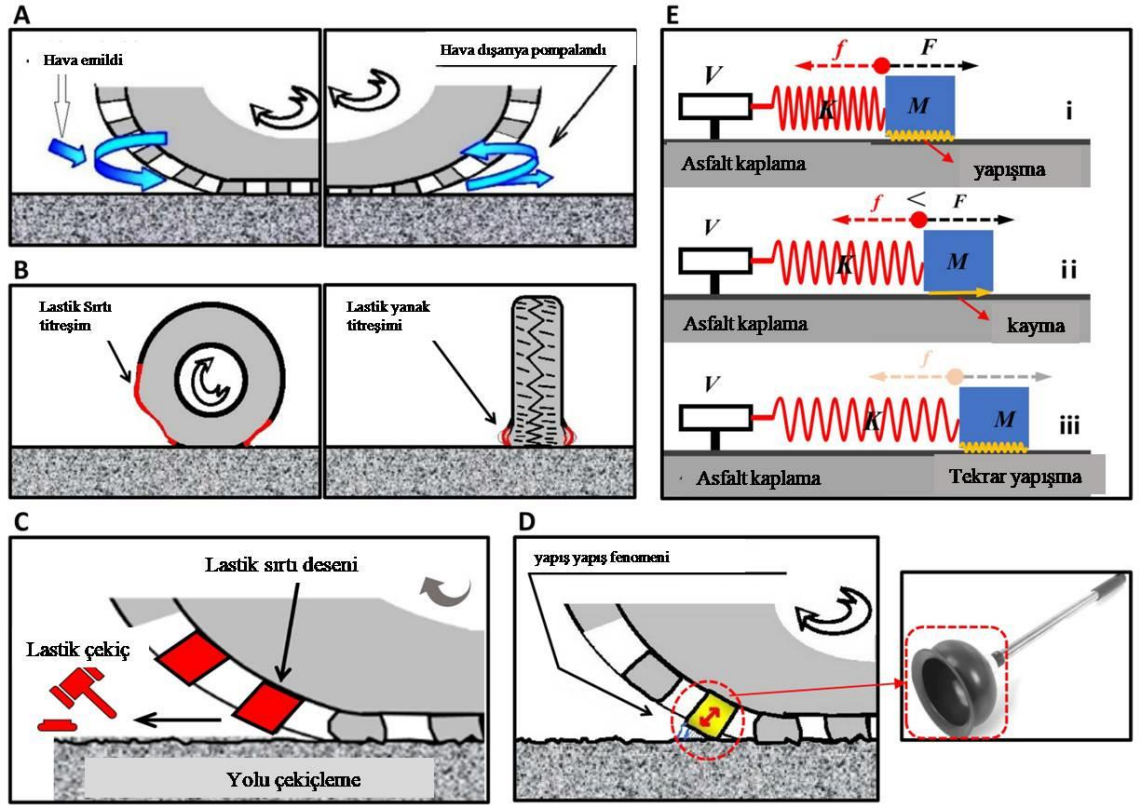


Şekil 3.2 : Hızlarına bağlı olarak farklı araç türleri için gürültü seviyeleri [57].

Lastik-yol gürültüsünün oluşum mekanizmaları

Lastik kaplama gürültüsünün oluşması çeşitli faktörlerden etkilenen karmaşık bir olgudur. Araştırma çalışmaları, hava pompalama mekanizmasının, özellikle 1000 Hz'in üzerindeki frekanslarda, lastik kaplama gürültüsünün ana kaynağı olduğunu tespit etmiştir [58]. Bu gürültü, yuvarlanan, kayan veya sürüklenen lastiklerin kaplama yüzeyi ile etkileşimi nedeniyle yayılır ve bu da onu, özellikle yüksek araç hızlarında, genel trafik gürültüsüne en önemli katkı yapan faktör haline getirir[59]. Kaplama yüzey tipi ve doku özelliklerinin, lastik/kaldırım gürültüsünün oluşumunu önemli ölçüde etkilediği, farklı yüzeylerin gürültü seviyelerini ve kaplama kullanımı sırasındaki değişiklikleri etkilediği bulunmuştur.[60], [61]. Ek olarak, diş oyuklarında oluşan boşluklar sıkıştırıldığında havanın pompalanması, lastiğin kaplama tarafından titreşimle uyarılması ve temas alanında yüksek kayma gerilmelerine maruz kalan lastik sırtının kayma-çubuk hareketinin tümü lastik/lastik kaynağı olarak tanımlanmıştır. kaldırım etkileşim gürültüsü [62].

Araç yolda yüksek hızda seyrederken, lastik-yol gürültüsü birden fazla üretim mekanizmasının birleşiminden kaynaklanır; her mekanizmanın farklı etki derecesi vardır. Bu mekanizmalar (Şekil 3.3)'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3 : Lastik-kaldırım gürültüsü üretim mekanizmaları. A) lastik hava pompalama mekanizması. B) çekiç gürültüsü. C) lastik titreşim gürültüsü. D) yapış-çıt olgusu. E) yapışma-kayma mekanizması [63].

Bir otomobilin lastik sırtı tipik olarak elastik kauçuk malzemeden yapılır ve lastik sırtı oluklarını oluşturan çeşitli desenler içerir. Bu sırt olukları, kaplamanın dokusuyla birlikte, lastik ile yol yüzeyi arasındaki temas alanlarında boşluklar ve gözenekler oluşturur. Bu boşluklar ve gözenekler bir miktar hava ile doldurulur. Lastik kaldırımda yuvarlandıkça, yer çekimi ve lastik hızının birleşik etkileri nedeniyle sırt oyukları sıkışmaya ve deformasyona uğrar. Bu sıkıştırma, havanın boşluklardan ve gözeneklerden hızlı bir şekilde dışarı atılmasına yol açarak, yerel olarak dengesiz bir gaz akışının oluşmasına ve gürültü oluşumuna neden olur.[64]

Lastik titreşim gürültüsü esas olarak lastik ile kaldırım arasındaki darbeden kaynaklanır. Lastik kaldırımda yuvarlandığında, lastik sırtı ve kaplama yüzeyi çarpışma ve darbeye neden olur; bu darbe, lastik titreşim gürültüsünü oluşturan lastik sırtının radyal titreşimine ve karkasın yanal titreşimine neden olur.[65]

Lastik gürültüsü aşağıdaki yol yüzeyi özelliklerine bağlıdır;

- Yüzey dokusu.
- Akustik emilim.

- Aerodinamik prosesler

Gürültü oluşumunu ve artışını etkili bir şekilde azaltacak şekilde yol yüzeyi özelliklerinin iyileştirilmesi, daha düşük gürültü seviyelerine yol açacaktır. Birkaç tür sessiz yol yüzeyi vardır ve bunların uygulanması esas olarak gürültü azaltma oranına, trafikte izin verilen hıza, trafik akışının bileşimine ve park etme sırasında lastiklerin yüzeye olası yapışmasına göre belirlenir. Kentsel alanlarda en yaygın olarak üç tür taban kullanılır [66].

- İnce yüzey katmanları.
- İki katmanlı gözenekli asfalt.
- Dökme asfalt.

3.2 Sessiz Asfalt

Trafik kaynaklı gürültülerin ana nedenleri arasında, hem araç sayısının fazlalığından hem de yol kaplamalarının özelliklerinden kaynaklanan unsurlar bulunmaktadır. Bu gürültü etkilerini azaltmak amacıyla çeşitli önlemler alınabilir. Asfalt kaplamalar, içerdikleri malzeme özelliklerine bağlı olarak akustik açıdan farklılık gösterir. Yol kaplamalarının türlerine göre akustik özellikleri dikkate alındığında, daha az gürültüye neden olacak kaplamaların üretilebileceği görülmektedir [67].

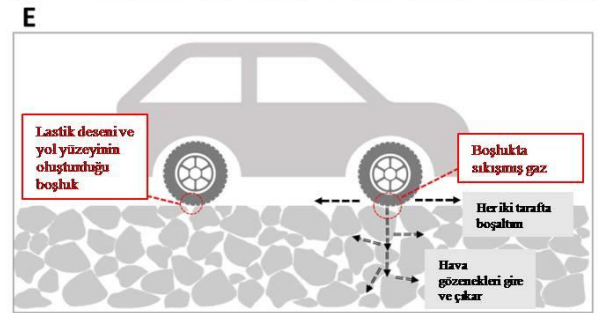
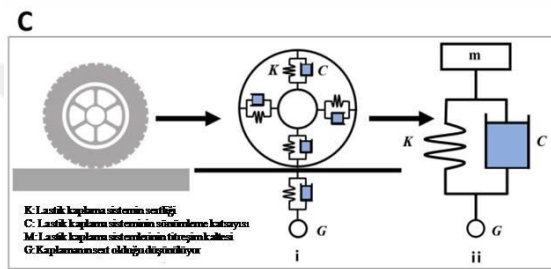
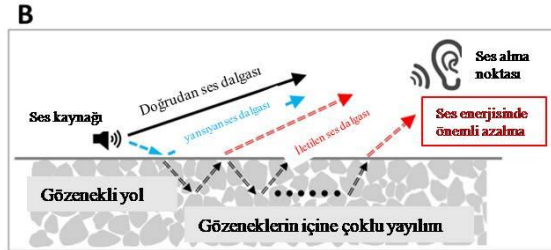
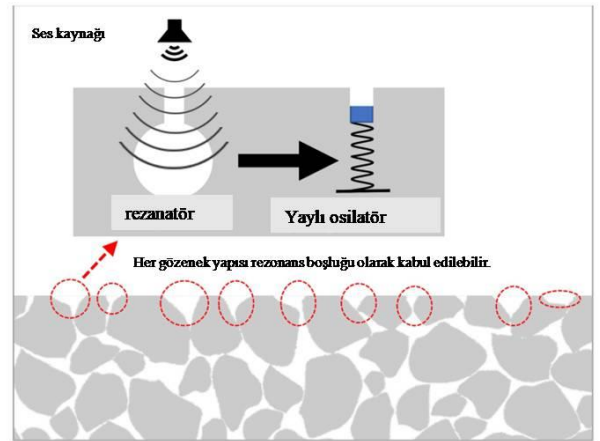
Sessiz asfalt kaplamada gürültüyü azaltmaya yönelik mekanizmalar gözenekli ses emilimini, rezonans ses emilimini, gözenek boşaltımını, ses yayılma yolunun kontrolünü ve gürültü azaltımı için sönümlemeyi kapsar. Lastik kaplama gürültüsü oluşumuna ilişkin güncel araştırmalar, Taş Mastik Asfalt Kaplama, Gözenekli Asfalt Kaplama, Kauçuk Asfalt Kaplama, Ultra İnce Aşınma Kaplaması, Gözenekli Elastik Yol Yüzeyi, dahil olmak üzere çeşitli sessiz asfalt kaplama türlerinin geliştirilmesine yol açmıştır [68].

Yol kaplamasında gürültü azaltım mekanizmaları (Şekil 3.4)'de gösterilmektedir [68].

A



B



Şekil 3.4 : Gürültü azaltma mekanizması. A) gözenekli ses emilimi. B) sesin yayılma yolunun kontrolü. C) sönümleme ve gürültü azaltma. D) rezonans ses emilimi E) bağlı gözenek boşaltımı [68].

Gürültü azaltma mekanizması ve sessiz asfaltın seviyesi, asfalt karışımının bileşimi, asfaltın mikro yapısal analizi ve bileşen malzemelerinin seçimi dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenir. Araştırmalar, düşük gürültülü asfalt kaplamaların gürültü seviyelerinde azalma sergilediğini ve bu azalmanın asfalt karışımının bileşimine bağlı olduğunu göstermiştir [69]. Gözenekli asfalt karışımlarının gürültü azaltma mekanizmasının mikro yapısal analizi, iç ses emme mekanizmasının anlaşılması için çok önemlidir [70]. Ek olarak, gürültü azaltıcı asfalt kaplamalar için bileşen malzemelerinin seçimi, nispeten yüksek bir gürültü azaltma etkisinin elde edilmesine katkıda bulunur [71]. Ayrıca, gürültü seviyelerindeki azalma, kullanılan asfalt türünden etkilenir; örneğin daha küçük agregalı açık gradasyonlu asfaltlar genellikle gürültü azaltma açısından daha iyi performans gösterir [72]. Ek olarak asfalt kaplamalara kauçuk granül ilavesinin ve değiştirilmiş bağlayıcı türünün gürültünün azaltılmasına katkıda bulunduğu bulunmuştur [73]. Ayrıca, açık kademeli asfalt sürtünme sahalarında atık lastik kırıntısı kauçuğunun kullanılmasının kaplama ve gürültü azaltma performansını iyileştirdiği gösterilmiştir [74]. Sessiz asfaltın gürültü azaltma seviyesi aynı zamanda asfalt karışımının yüzey doku seviyesinden ve

dağılımlarından ve aynı zamanda asfalt kauçuk kaplamanın lastik-yol gürültüsünün titreşim mekanizmaları üzerindeki makro doku etkisinden de etkilenir [75]. Ayrıca kırıntı kauçuğuyla modifiye edilmiş asfalt karışımlarının sönümleme özelliklerinin ve gürültü azaltma fonksiyonunun üstün olduğu ve daha iyi gürültü azaltımına katkıda bulunduğu bulunmuştur [74]. Özetle, gürültü azaltma mekanizması ve sessiz asfaltın seviyesi, asfalt karışımının bileşimi, asfaltın mikro yapısal analizi, bileşen malzemelerinin seçimi, kullanılan asfaltın türü ve ilaveler gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. kauçuk granül ve modifiye bağlayıcılardan oluşur. Bu faktörler toplu olarak asfalt kaplamalarda gürültünün azaltılmasına katkıda bulunur.

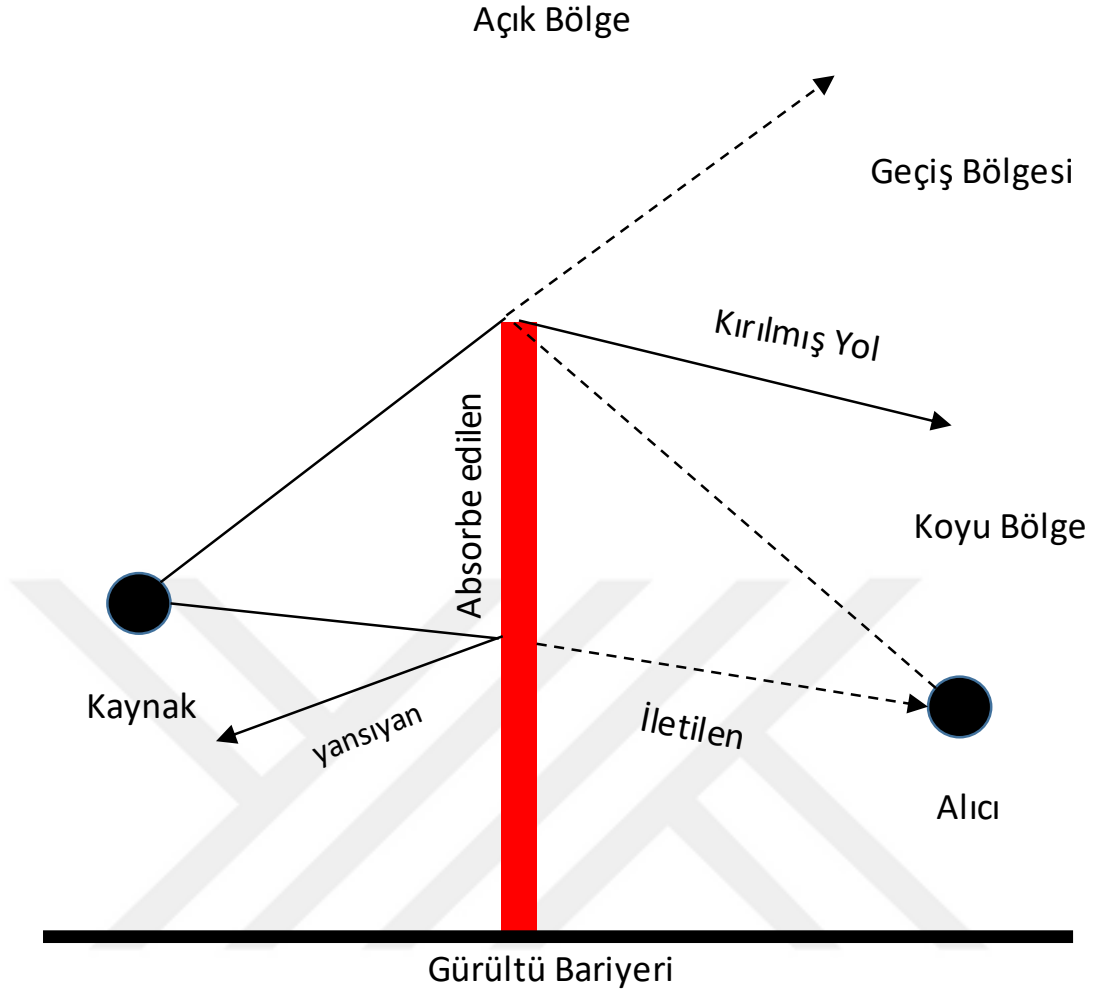
3.3 Gürültü Bariyerleri

Havada yayılan ses enerjisi, bir engel ile karşılaştığında farklı şekillerde etkileşime girer. Bu etkileşim sonucunda, sesin bir kısmı engelin yüzeyinden yansırken, bir kısmı engelin içinden geçer ve bir kısmı da engel tarafından emilir. Bu yöntemlerle, sesin alıcıya ulaşması engellenebilir. Doğal veya yapay yükseltiler gibi engeller kullanılarak gürültü kontrolü sağlanabilir. Sesin yansıtılması veya emilmesi yoluyla gürültü seviyesini azaltan unsurlara "gürültü bariyeri" adı verilir [76].

Gürültü bariyerleri, şehir içi ve şehirlerarası yolların, hava ve demiryollarının, şantiyelerin, mekanik ve HVAC (ısıtma, soğutma ve havalandırma) ekipmanlarının veya diğer endüstriyel gürültü kaynaklarının ürettiği sesleri zayıflatmak veya azaltmak için kullanılır. Genellikle, trafik yolları veya demiryolları gibi doğrusal kaynaklar gürültü kaynağı oluşturur. Evler, siteler, okullar, hastaneler, ofis binaları ve halka açık parklar gibi yerler potansiyel alıcılardır. Gürültü bariyerleri, kaynak ile alıcı arasına yerleştirilir ve bu şekilde alıcıya giden ses dalgalarını engelleyerek alıcıları gürültüden korur [77].

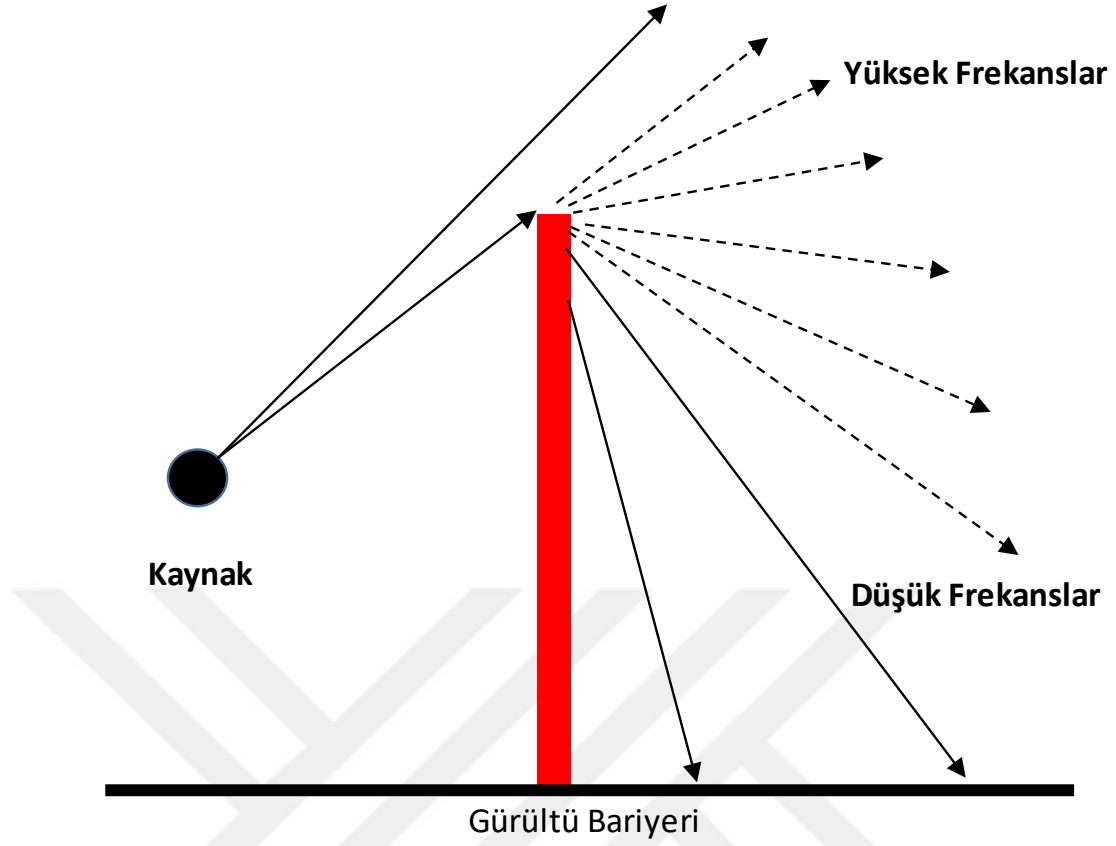
3.3.1 Bariyer sistemlerinde yer seçimi

Uygulanacak bariyerin sağlaması beklenen akustik parametrelerin anlaşılması etkili bariyerlerin tasarlanabilmesinde önemli rol oynamaktadır. Gürültü bariyerleri (Şekil 3.5)'de gösterildiği gibi gürültünün yoğun olduğu yollardan alıcıya giden sesi emerek, yol boyunca geri yansıtarak yada onu daha uzun bir yol almaya zorlayıp kırınımına neden olarak işlev görürler [78].



Şekil 3.5 : Bariyer soğurma,iletim,yansıma ve kırınım [78].

Kırınım ya da ses dalgalarının bir engel etrafında bükülmesi (Şekil 3.6) bariyerin tepesinde ve uçlarında meydana gelebilir. Bu bükülme, ışık ve su dalgaları gibi diğer dalga olaylarına benzer şekilde gerçekleşir. Doğası gereği ses dalgaları kırınım tüm frekansları eşit şekilde bükmez; yüksek frekanslar (daha kısa dalga boyları) daha az derecede kırınıma uğrarken, düşük frekanslar (daha uzun dalga boyları) bariyerin arkasındaki "gölge" bölgesinin daha derinlerine doğru kırılır. Sonuç olarak, bariyerler genellikle düşük frekanslarla karşılaştırıldığında yüksek frekansları zayıflatmada daha etkili olmaktadır [78].



Şekil 3.6 : Bariyer kırınımı [78].

Gürültü bariyerle elde edilebilecek maksimum gürültü azaltımı ince duvarlarda 20 dB(A) ve banketler için 23 dB(A)'dır. Gürültü bariyerlerinde gürültü azaltımı minimum 25 dB(A) veya daha yüksek olan bir malzemeler tercih edilir ve bu durum gürültü bariyeri için her zaman yeterli olacaktır. Aşağıda (Çizelge 3.1)'de bazı yaygın malzemeler için yaklaşık gürültü azaltımı değerlerini verilmektedir [78].

Çizelge 3.1 : Gürültü bariyerlerinde yaygın olarak kullanılan malzemeler ve yaklaşık ses iletim kaybı değerleri [78].

Malzeme Türü	Kalınlık (mm)	Ağırlık (kg/m ²)	İletim Kaybı (dB(A))
Beton Blok,(200 mm x 200 mm x 405), hafif	200	151	34
Yoğun Beton	100	244	40
Hafif Beton	150	244	39
Hafif Beton	100	161	36
Çelik levha, 18 ga	1.27	10	25
Çelik levha, 20 ga	0.95	7.3	22
Çelik levha, 22 ga	0.79	6.1	20
Çelik levha , 24 ga	0.64	4.9	18

Çizelge 3.2 (devam) : Gürültü bariyerlerinde yaygın olarak kullanılan malzemeler ve yaklaşık ses iletim kaybı değerleri [78].

Malzeme Türü	Kalınlık (mm)	Ağırlık (kg/m ²)	İletim Kaybı (dB(A))
Alüminyum	1.59	4.4	23
Alüminyum	3.18	8.8	25
Alüminyum	6.35	17.1	27
Ahşap, Köknar	12	8.3	18
Ahşap, Köknar	25	16.1	21
Ahşap, Köknar	50	32.7	24
Kontrplak	12	8.3	20
Kontrplak	25	16.1	23
Cam, Güvenlik	3.18	7.8	22
Pleksiglas	6	7.3	22

3.3.2 Bariyerin konumu

Gürültü bariyerinden en iyi performansı elde etmek için genel prosedür, gürültünün kaynağına, yani karayoluna, demiryoluna ve endüstriyel tesislere olabildiğince yakın yerleştirmektir. Yalnızca yolun yolla aynı olması veya alıcıdan daha yüksek olması durumunda önerilen bu durum yolun alıcı seviyesinden daha düşük olduğu durumlarda geçerlidir. Gürültü bariyeri yol alıcı seviyesinin altında olduğu durumda yol kenarı yerine tepe üstüne yerleştirilebilir. Gürültü bariyerin performansını artırma çözümlerinden biride yüksekliğini arttırmaktır ancak bu statik sorunlara neden olabileceği gibi komşu binaların sakinleri için görsel engel olduğundan hoşnutsuzluğa neden olabilir. Çok şeritli bölünmüş yol boyunca yapılacak bariyerlerde tercihen yol boyunca yansımaları önlemek için refüjde gürültü bariyer konumlandırılabilir. Gürültü bariyeri farklı nedenlerden dolayı farklı yerlere yerleştirilebilir [79].

Bu lokasyonlar;

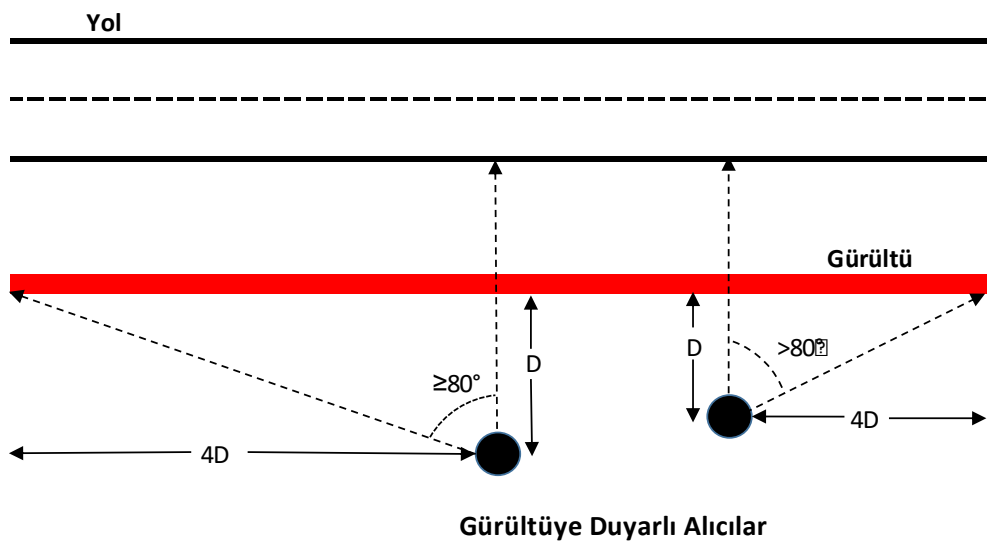
Yol boyunca gürültü bariyeri yoldan minimum mesafeye, çok şeritli yollarda dış şerit merkezinden yaklaşık 7,5 metre olabilir.

Güvenlik bariyeri ile birleştirilmiş bir gürültü bariyeri bulunabilir. Yola çok yakın konumda (yol kenarından yaklaşık 0,6 metre uzaklıkta) gürültü bariyeri aynı zamanda bir başka güvenlik bariyeri ile birleştirilebilir.

Orta refüjde gürültüyü absorbe edici malzemeden yapılmış gürültü bariyeri bulunabilir. Çalışmalar gürültüyü azaltmanın en etkili yolunun gürültüyü absorbe eden malzemeden üretilmiş bariyerlerin kullanılması olduğunu göstermiştir. Yollarda iki ayrı yönlü şeritler arasında bir engel olması gürültüyü azaltıcı yönde etkili olmaktadır. [25]. Alıcı ile bariyer arasındaki mesafe gürültü bariyerinin etkinliği belirlemektedir. Bariyerin hemen arkasında bulunan konut binalarında gürültü seviyeleri genellikle yarı yarıya azalmaktadır. Bariyerin alıcıya olan mesafesi 150 metreden fazla olduğunda belirtilen bu durum ve ihmal edilebilir. Yol bağlantının ya da kavşakların olduğu kesimlerdeki gürültü bariyerlerinde bırakılan açıklıklar gürültü azaltımını olumsuz yönde etkilemektedir [80].

3.3.3 Bariyerin uzunluğu

Gürültü bariyerleri, sesin sadece küçük bir kısmının kenarlardan dağılmasını sağlayacak yükseklikte ve yeterince uzun olmalıdır. Eğer bir bariyer yeterince uzun değilse, bariyerin uçlarına yakın alıcılar için tasarlanan gürültü azaltımı, bariyerin performansında 5 dB(A)'ye kadar daha düşük olabilir. Gürültü bariyerlerinin tasarımında temel bir kural, bariyerin alıcıyla bariyer ucu arasındaki mesafenin, alıcı ile yol arasına çizilen bir çizgi boyunca alıcıdan bariyere dik mesafenin en az dört katı uzunluğunda olması gerektiğidir (Şekil 3.7). Bu kuralın diğer bir kontrol yöntemi ise alıcıdan bariyer ucuna kadar olan açının ve alıcıdan karayoluna dik çizgiden ölçülen açının en az 80 derece olması gerektiğidir [78].



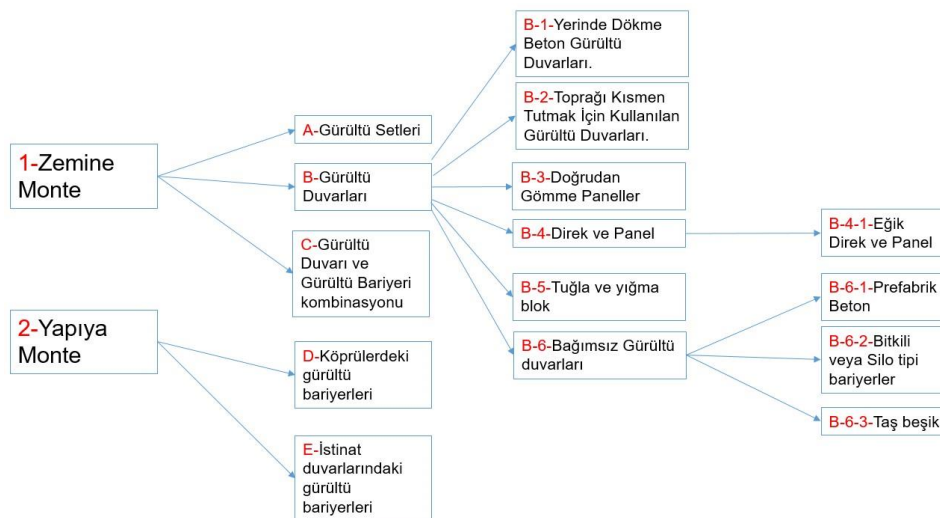
Şekil 3.7 : Bariyer uzunluğu [78].

3.3.4 Bariyerin yüksekliği

Gürültü bariyerlerinin yeterince yüksek ve yol görüşünü engelleyecek şekilde tasarlanması etkili olabilmesi için önemlidir. Gürültü bariyerinin yüksekliğini arttırmak ses azaltışında etkili olurken beraberinde başka sorunları da getirir. Bunlar gürültü bariyerinin yüksekliği arttıkça inşa etmenin zorluğu ile inşaat ve bakım maliyetlerinin artmasıdır. Gürültü bariyerleri inşa edilirken yapılacak olan tasarımda peyzaj ve akustik performansına dikkat en uygun yükseklikte gürültü bariyerleri planlanmalıdır[79]. Günümüzde, akustik ve gürültü kontrolü için birçok farklı yazılım programı mevcuttur. Bu çalışmada kullanılacak olan SoundPLAN programı, gürültü haritalama ve modelleme çalışmalarında kullanılmaktadır. Program özellikle karayolları ve demiryolları boyunca, mesken ve konutların minimum maliyetle korunmasını sağlamak amacıyla gürültü bariyerlerinin şeklinin optimize edilmesinde kullanılır. Bariyer tasarımında, bir gürültü bariyerinin bir ya da daha fazla alıcısındaki gürültü seviyesini minimum maliyetle azaltacak şekilde planlanması hedeflenir. Program, en uygun elemanı seçerek yeni gürültü seviyesini tüm alıcılar için hesaplar. Böylece en düşük maliyetli ve en az duvar yüzey alanına sahip duvar seçilir. 2 boyutlu ve 3 boyutlu görselleştirme özellikleri sayesinde, gürültü bariyerinin yapımı için optimize edilmiş düzenlemeler ve özelleştirmeler yapılabilir [81].

3.3.5 Bariyer çeşitleri

Gürültü bariyerleri zemine monte ve yapıya monte olmak üzere (Şekil 3.8) iki şekilde gruplandırılabilir.



Şekil 3.8 : Bariyer tipleri (yayından üretilmiştir.) [78].

1-Zemine Monteli gürültü bariyerleri; zemin içine yada üstüne yerleştirilerek teşkil edilen bariyer çeşididir.

A-Gürültü Setleri; Toprak, kaya,taş, moloz vb. gibi doğal toprak malzemelerden doğal olarak desteksiz bir şekilde inşa edilen gürültü bariyerlerine (Şekil 3.9) gürültü setleri adı verilir. Bu tür bariyerler genellikle proje sahasında mevcut olan fazla malzemelerle veya saha dışından taşınan malzemelerden inşa edilir. Düz plato alanı, banketin inşası için daha fazla alana ihtiyaç duyulmasına neden olurken, banketin bakımının kolay olmasını sağlar ve bitkilendirme ve hatta gürültü duvarı gibi özelliklerin yerleştirilmesi için bir alan sunar. Bariyer sisteminin yüksekliği artırılarak akustik etkinliği arttırmak için kullanılabilir[78].



Şekil 3.9 : Gürültü seti [78].

B- Gürültü Duvarları; Genellikle gürültü duvarı sistemleri, kuruldukları yerin dışında üretilir. Yani, bu tip gürültü duvarının tüm bileşenleri (temel bileşenleri hariç) bir tesiste üretilir, daha sonra proje sahasına nakledilir ve sahada monte edilir. Sahada üretilen gürültü duvarı sistemleri ise yalnızca yerinde dökme beton duvarları içerir. Bu tip gürültü bariyerleri şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

- Direk ve Panel Gürültü Duvarları (Şekil 3.10)
- Tuğla Ses Duvarı (Şekil 3.11)
- Yığma Blok Ses Duvarları (Şekil 3.12)

- Bağımsız Duran Gürültü Duvarları (prefabrik beton, bitkili/kutu tipi ve taş beşik gibi) (Şekil 3.13)
- Doğrudan Gömme Paneller (Şekil 3.14)
- Toprağı Kısmen Tutmak İçin Kullanılan Gürültü Duvarları (Şekil 3.15)
- Yerinde Dökme Beton Ses Duvarları (Şekil 3.16)



Şekil 3.10 : Direk ve panel gürültü duvarı [78].



Şekil 3.11 : Tuğla ses duvarı [78].



Şekil 3.12 : Yığma blok ses duvarı [78].



Şekil 3.13 : Bağımsız gürültü duvarı [78].



Şekil 3.14 : Doğrudan gömme panel ses duvarı [78].



Şekil 3.15 : Toprağı kısmen tutmak için kullanılan ses duvarı [78].



Şekil 3.16 : Yerinde dökme beton ses duvarı [78].

2-Yapıya monteli gürültü bariyerleri; köprüler üzerine (Şekil 3.17) ve istinat duvarlarına monte edilerek (Şekil 3.18) teşkil edilen bariyer çeşididir.



Şekil 3.17 : İzmir çevre yolu ,google earth görüntülenme tarihi : 09.2020, enlem : 38.442851°, boylam : 27.249247°



Şekil 3.18 : İstinat duvarına monte edilen ses bariyeri [78].

3.4 Yeşil Dalga



Şekil 3.19 : Gürültü kirliliğini azaltmanın 10 yolu [82].

Kentsel alanlardaki gürültüyü azaltmanın (Şekil 3.19) on farklı yolu önerilmiştir:

- Kentsel planlama.
- Yaşam alanlarının tasarımı.
- Yaşam alanlarında ses yalıtımı.
- Akıllı trafik yönetimi.
- Sessiz yol yüzeylerinin kullanımı.
- Tren fren bloklarının geliştirilmesi.
- Elektrikli araçlar.
- Sürüş tarzlarının değiştirilmesi.
- Gürültü bariyerleri.
- Ses manzarası konseptinin uygulanması.

Bu çözümlerin tek başına yeterli olmadığını ve ilerleme için farklı fırsatların ve beklentilerin hala mevcut olduğunu vurgulamak önemlidir. Bu önerilen seçenekler

arasında, "akıllı trafik yönetimi" (Şekil 3.20) olarak adlandırılan sistem, kentlerdeki trafik akışını sinyaller ve sensörler aracılığıyla yasalara uygun bir şekilde düzenleyen sistemlerdir. [82].



Şekil 3.20 : Akıllı trafik kontrol sistemleri [82].

- Şehirdeki ana yollardaki tüm sinyallerin iyileştirilmesi ve entegre edilmesi aşağıda belirtilen faydaları sağlamaktadır. Günlük trafik sıkışıklığının önemli ölçüde azaltılması; trafik akışlarının düzenlenmesi ve taleplere gerçek zamanlı yanıt verilerek trafik akışlarının optimize edilmesi.
- Şehirdeki kirliliğin azaltılması; dur-kalk araç kullanımının azaltılması ve çevreye verilen zararın en aza indirilmesi.
- Kavşaklara yaklaşan otobüslere öncelik verilmesi ve faz koordinasyonu ile trafik akışının iyileştirilmesi.
- Şehirde "yeşil dalga" oluşmasını sağlayan trafik ışıklarının kullanılmasıyla trafik akışının sürekliliğinin sağlanması.
- Özellikle trafik kazalarına daha etkin müdahale sağlanması (SianoveGonzález, 2021).

Sistemin sunduğu birçok faydanın yanı sıra, trafik ve seyahat verileriyle ilgili izleme ekipmanı kurmak ve daha detaylı bilgi toplamak için mükemmel bir fırsat sunmaktadır. Her trafik ışığı setinde, araç verilerinin (anonim olarak) iletilmesi için kullanılabilecek plaka tanıma kameraları veya Bluetooth dedektörleri ve kapalı devre

televizyon iletimi (uygunsa) bulunmalıdır. Akıllı Trafik Kontrol Sistemleri bileşenleri arasında, trafik ışıkları ve kuyruk dedektörleri (trafik sıkışıklığı açısından) ile yola gömülü kameralar ve merkezi kontrol sistemleri bulunmaktadır. Şehirdeki tüm ana yollarda trafik akışı kontrol sistemine tanımlanır ve sistem, trafik ışıklarını kontrol ederek trafiğin serbest akışını sağlar. Sistem, kişinin gerekli niteliklere sahip olup olmadığına karar vermek için gerçek bir durum modeli kullanır. Yazılım aracılığıyla, trafik ışıklarının herhangi birinin fazını değiştirme önceliği devreye alınabilir[82].

Akıllı Trafik Kontrol Sistemlerinde, örneğin, trafik düzenlemesinde otobüs tarifesine uygun hareket etmek veya kirliliği belirli bir konumda azaltmak gibi amaçlar doğrultusunda hareket edilir. Gelen trafik akışı kontrolü kullanılıyorsa, en uzak trafik ışığı setleri arteriyel veya radyal yollarda özel bir işlev görür ve teknik olarak "kapılar" veya "kontrol noktaları" olarak bilinirler. Şehre giren araçların akışını düzenlerler. Akıllı trafik yönetimi amacına yönelik bir yazılım örneği, bölünmüş ve çeşitli uygulamalarda kullanılan döngü ve ofset optimizasyon tekniği (SCOOT), Avrupa'nın birçok şehrinde trafik sinyallerini koordine etmek için yıllardır başarıyla kullanılmaktadır. Sistemin, manuel olarak da yönetilebilmesi ve ihtiyaca göre değişiklik yapılabilmesi önemlidir [82].

4. GÜRÜLTÜ HARİTASI VE ÖRNEK HARİTALAR

4.1 Gürültü Haritası

Gürültü haritası, belirli bir bölgedeki ses seviyesi dağılımının ve ses dalgalarının yayılımının grafiksel bir temsidir. Bu haritalar, belirli bir bölge veya şehirdeki gürültü seviyelerini belirlemek için yapılan ölçümlerin veya hesaplamaların sonucunda elde edilen verilerin eşyükselti çizgileri, renklendirme sistemi veya sayısal değerler kullanılarak haritalandığı bir araçtır. Genellikle stratejik ve çevresel olmak üzere iki tür gürültü haritası bulunmaktadır. Tek bir gürültü kaynağına dayalı olarak oluşturulan haritalar çevresel gürültü haritaları olarak adlandırılırken, birden fazla faktörün (karayolları, havalimanları, demiryolları, endüstriyel tesisler vb.) etkisiyle oluşturulan haritalar stratejik gürültü haritaları olarak bilinir. Bu haritalar, yeni planlama kararları alınmasında önemli bir rol oynar ve özellikle ulaşım güzergahlarında sağlıklı düzenlemeler yapılmasına yardımcı olur. Bu haritalar sayesinde trafik yoğunluğu, araç sayısı gibi ulaşım özellikleri kaydedilerek gürültünün gelecekteki etkisi hakkında detaylı bilgiler elde edilebilir. Gürültü haritalama sürecinin ilk adımı, incelenecek gürültünün kaynaklarını ve alanını belirlemektir. Gürültü kaynakları tanımlandıktan sonra, bölgenin demografik ve coğrafi verileri coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak sayısallaştırılır. Ardından, gürültü hesaplamaları için gerekli olan yol genişlikleri, yol tipleri, yol yüzey kaplamaları, şerit sayıları, yol yükseklikleri, trafik yoğunlukları ve hızları gibi veriler, modelleme programlarına aktarılır ve tematik gürültü haritaları oluşturulur. Gürültü haritalaması için gerekli olan veriler arasında CBS verileri (bina, coğrafi ve arazi bilgileri, gürültü kaynağı konumları, bina yükseklikleri, nüfus yoğunluğu, bina kullanımı vb.), gürültü emisyon verileri (araç, tren veya uçak türü ve sayısı), ulaşım araçlarının hızları, karayolları ve demiryolu hatlarının özellikleri, endüstriyel tesislerin ses gücü seviyeleri gibi bilgiler yer almaktadır [1].

Gürültü haritalarının oluşturulmasında, mevzuatta belirtilen hesaplama yöntemlerine dayanarak veriler kullanılmalıdır. Örneğin, demiryolu gürültüsü için Hollanda Ulusal

Hesaplama Yöntemi olan "Reken-Meetvoorschrift Railverkeerslawaa –RMR 2002", karayolu trafiği gürültüsü için CNOSSOS-EU Road (2015 veya 2021) veya Fransız Ulusal Hesaplama Yöntemi olan "NMPB-Routes –SETRA-CERTU-LCPC-CSTB", ve Fransız standardı olan "XPS 31-133" gibi yöntemler kullanılabilir. Ayrıca, havalimanları için ECAC.DOC.29 belgesinde belirtilen segmentasyon tekniği de kullanılabilir. Bu hesaplama yöntemleri ve standartlar, gürültü haritalarının doğru ve güvenilir bir şekilde oluşturulmasını sağlamak için önemlidir [22].

4.2 Örnek Haritalar

2002/49/EC Direktifi (END), Avrupa Birliği üye devletlerinde çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi için belirli gereksinimler getirmektedir. Bu direktif, Temmuz 2007'ye kadar 250.000 nüfuslu, Temmuz 2012'ye kadar ise 100.000 nüfuslu yerleşimlerde gürültü haritalarının oluşturulmasını talep etmektedir[83].

2002/49/EC Çevresel Gürültü Direktifi (END), üç ana prensibe dayanmaktadır:

- 1.Uyumlaştırma: Gürültü göstergeleri, gürültü değerlendirmesi, hesaplama yöntemleri, ölçüm yöntemleri, izleme, strateji ve mevzuat gibi gürültüye ilişkin bilgilerin toplanması.
- 2.Gürültü haritalarının oluşturulması: END, stratejik gürültü haritalaması yoluyla gürültüye maruz kalma durumunu belirlemeyi amaçlamaktadır.
- 3.Halkın bilgilendirilmesi ve gürültü azaltma stratejisi ve finansmanı: END, halkı mevcut gürültü durumu hakkında bilgilendirmeyi ve gürültü azaltma stratejisi ile finansmanını sağlamayı amaçlamaktadır.

END, Avrupa düzeyinde gürültü haritalama prosedürlerini uyumlaştırmayı ve çevresel gürültüye karşı vatandaşların korunmasını sağlamak için önemli bir adımdır. Bu direktif, çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi konusundaki ilk önemli girişimlerden biridir [83].



Şekil 4.1 : Modelleme yöntemiyle gürültü haritalama yapımının kavramsal şeması [83].

Avrupa düzeyinde gürültü haritalamasına ilişkin kapsamlı raporlar mevcuttur. Bunlardan biri, Birleşik Krallık Çevre, Gıda ve Köy İşleri Dairesi (DEFRA) tarafından yürütülen "Gürültü İklimi Değerlendirmesi: Ulusal ve Avrupa Uygulamalarının Gözden Geçirilmesi" çalışmasıdır. Bu rapor, Avrupa ülkelerindeki çeşitli gürültü mevzuatı ve ulusal, bölgesel ve yerel düzeydeki gürültü haritalama çabalarını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır.

Diğer bir örnek ise, IMAGINE projesinin bir parçası olan "State of the Art" raporudur. IMAGINE projesi, Gürültünün Genel Etkisinin Değerlendirilmesi için Geliştirilmiş Yöntemler anlamına gelir. Bu rapor, gürültü haritalarının üretimiyle ilgili farklı ülkelerden toplanan deneyimlere genel bir bakış sunmaktadır. IMAGINE projesi, uyumlaştırılmış hesaplama yöntemlerinin geliştirilmesine odaklanan HARMONOISE projesiyle yakından ilişkilidir.

Gürültü haritalama sürecinde, (Şekil 4.1) yöntem seçimi, ölçümler, modelleme, veri tanımı, emisyon değerleri hesabı ve gürültüden etkilenen kişi sayısının belirlenmesini içerir. Hesaplama için kullanılan veriler gürültü kaynaklarına, emisyonlara ve gürültünün yayılmasına dayanmaktadır.[83].

4.3 Uluslararası Örnekler

Uluslararası örnekler kapsamında Berlin ve Londra kent Gürültü haritaları örnek olarak seçilmiştir.

4.3.1 Berlin örneği

Almanya, Berlin'de gürültü haritaları ile ilgili Çevre Bakanlığı ve Berlin belediyesindeki gürültü sorumlularıyla temasa geçilerek hazırlanmış haritalar örnek olarak verilmektedir [83].

Berlin'deki karayolu trafiği verileri

Berlin'deki karayolu ağı toplamda yaklaşık 5.140 kilometre uzunluğundadır ve bu toplam ağın 1.302 kilometrelik kısmı için trafik gürültü haritaları onaylanmıştır. Bu seçilen alan genellikle ana trafik rotalarını, şehir içi bölgeleri, hız limiti 50 km/saat olan tüm caddeleri ve ayrıca tüm tramvay ağını içermektedir. Trafik gürültü haritası, hesaplanan gündüz (06:00-22:00) ve gece (22:00-06:00) saatleri arasındaki gürültü seviyelerini göstermektedir. Bu hesaplamalar, ülke genelinde geçerli olan RLS 90 teknik kılavuzuna göre yapılmıştır. Hesaplamaların temeli, bir rota bölümünün ortalama günlük trafik hacmidir (DTV). 1998 yılında kapsamlı trafik araştırmaları sonucunda belirlenen bu değer, mevsimsel dalgalanmalar nedeniyle kamyon trafiğinin genel trafik hacmi içindeki payını dikkate almaktadır.

Tramvay ağının tamamı da Trafik Gürültü Haritasına dahil edilmiş ve tramvay trafiğine ilişkin değerlendirme düzeyi, 2001 kış tarifesi (hizmet dışı olanlar dahil) temel alınarak SCHALL 03'e (demiryolu trafiği gürültüsü hesaplama yönetmeliği) göre hesaplanmıştır.

Demiryolu trafiği gürültü haritası 246 km uzunluğundaki yer üstü ana hattı S-Bahn ve metro (U-Bahn) ağını kapsamaktadır. Hesaplama modelinin kapsamadığı olağandışı özelliklerden dolayı istasyon alanları, mal yükleme alanları ve yol kavşakları dikkate alınmamıştır. Hesaplamanın temeli Alman Demiryolları'nın (Deutsche Bahn AG) ve BVG'nin 2003-2004 kış tarifesine dayanan operasyonel verileridir.

Bina parametreleri – binaların karayolundan uzaklığı gibi; bina türleri (açık; kapalı); bina cephelerinin yükseklikleri ve türleri (düz veya yapısal) "Otomatik Berlin Emlak Haritası, 2001"den (ALK) elde edilmiştir.

Yollarla ilgili parametreler - yol yüzeyinin yapısı, yolun bir çöküntü veya set üzerindeki konumu, gürültü önleyicilerin varlığı (duvarlar; setler), mevcut şerit miktarı, izin verilen maksimum hız verileri tüm yol ağı boyunca sonbaharda yapılan sürüş verilerine dayanmaktadır.

Yukarıda belirtilen parametrelerin mümkün olduğu kadar tam olarak dahil edilebilmesi için incelenen 1.302 km'lik ana yol ağı 7.494 bölüme ayrılmıştır. Daha sonra tipik özellikler belirlenmiş ve her bölüm için yol kenarı referansları alınmıştır[83].

Göstergeler ve Haritalar

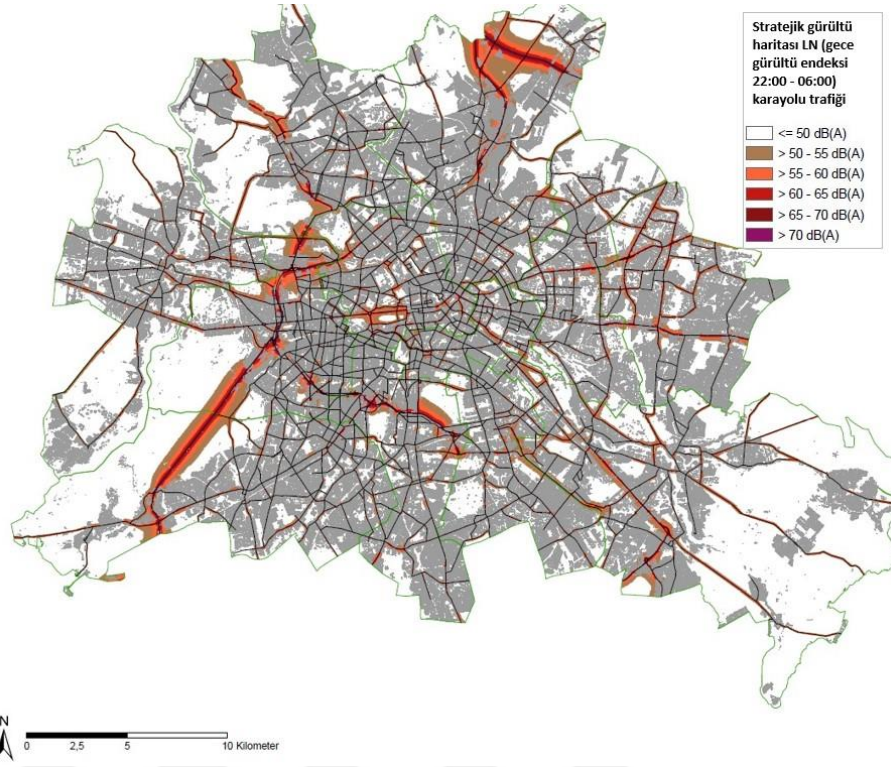
Gürültü Haritasında (Şekil 4.2), (Şekil 4.3) temsil edilen seviye sınıfları, 5 dB(A) sınıf genişliği ile trafik gürültüsünden etkilenen (Çizelge 4.1) bina cephelerinin önünde, ilgili yol bölümünü temsil eden bir mesafede, bina cephesi ile en yakın şerit eksen arasında kalan bölgede ve yerden 3,5 metre yükseklikteki emisyonları göstermektedir[83].

Çizelge 4.1 : Bina cephe emisyonları [83].

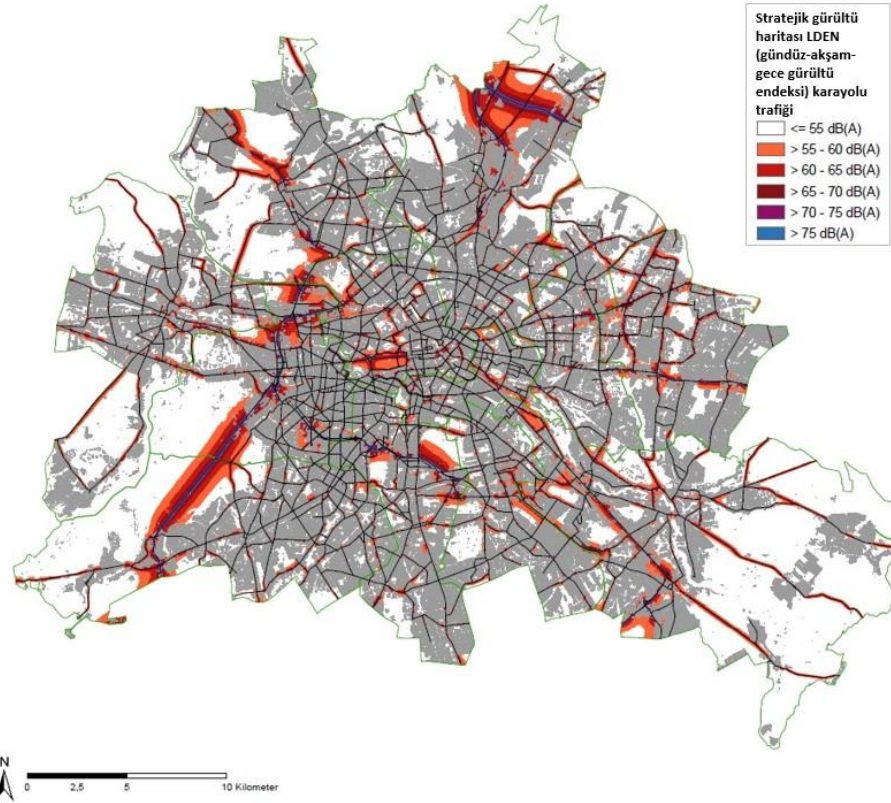
Lgag'a göre Karayolu gürültüsüne maruz kalan konut sakini sayısı					
Lgag dBA	>55-60	>60-65	>65-70	>70-75	>75
Kişi Sayısı	220200	155000	140200	112600	20800
Lgece'ye göre Karayolu gürültüsüne maruz kalan konut sakini sayısı					
Lgece dBA	>50-55	>55-60	>60-65	>65-70	>70-75
Kişi Sayısı	183800	146400	135300	56300	1400
Lgag'a göre Karayolu gürültüsüne maruz kalan konutlar,alanlar , hastane ve okullar					
	Toplam	>55	>65	>75	
Alan. km ²	892	277	98	22	
Konut Sayısı	1,881,800	359,300	151,500	11,500	
Okul Bina sayısı	2,483	442	95	1	
Hastane Bina Sayısı	762	140	34	-	

Berlin'de Çıkarılan Sonuçlar

Berlin Belediyesi'ndeki gürültü uzmanlarının görüşüne göre, gürültü hesaplamasının en zor ve maliyetli kısmı, gerekli tüm verilerin (coğrafi, geometrik, teknik, gündüz ve gece trafik hacimleri) toplanması ve işlenmesiydi. Binaların yükseklik bilgileri mevcut değildi ve bu nedenle bina sayısından tahmin edilmesi gerekiyordu. Trafik sayım verileri, gece ve gündüz ayrımı yapılmaksızın 24 saatlik bir ortalama alınarak elde edilmiştir. Hesaplama yapılan alanın büyük ölçekli olması nedeniyle, basitleştirilmiş bir "uzun düzlem" modeli seçilmiş ve yol trafik gürültüsü yalnızca yol kenarında bulunan binaların cepheleri için hesaplanmıştır.



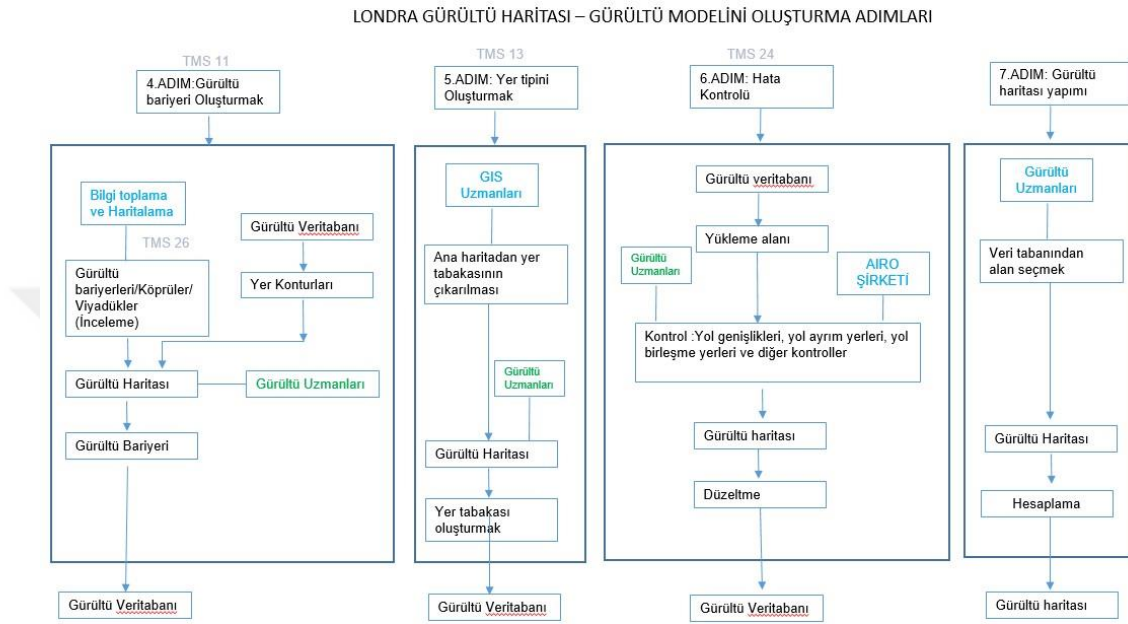
Şekil 4.2 : Stratejik gürültü haritası LN (gece gürültü endeksi 22:00 - 06:00) karayolu trafiği [83].



Şekil 4.3 : Stratejik gürültü haritası LDEN (gündüz-akşam-gece gürültü endeksi) karayolu trafiği [83].

4.3.2 Londra örneği

Londra Karayolu Trafik Gürültü Haritası, ulusal gürültü eylem planı stratejisinin bir parçasıdır ve ülke genelindeki karayolu trafik gürültü seviyesi hakkında bilgi sağlar. Gürültü haritasının oluşturulması için kullanılan genel çalışma şeması (Şekil 4.4)'de sunulmaktadır [83].



Şekil 4.4 : Gürültü modeli oluşturma adımları [83]

Londra Karayolu Trafik Verileri

Bu haritalama uygulaması, yerel erişim yollarını veya diğer herhangi bir yolu kapsamamaktadır. Londra Atmosfer Emisyonları Envanteri (LAEI), dahil edilecek yollar, yolların konumu ile trafik akışlarının ayrıntıları hakkında tahmini bilgiler sağlar. Bu bilgiler, gerekli coğrafi doğruluk sağlamak için işlenir ve trafik akışları, gürültü hesaplamaları için gerekli formata dönüştürülür. Proje kapsamında LAEI veri tabanından alınan 5.200 kilometrelik yol, 21.100 farklı trafik akışı ve 120.578 yol bölümüyle temsil edilmiştir. Ağ, yoğun trafik akışlı yolları temsil eder ve günde (sabah 6'dan gece yarısına kadar) 171.800 araç akışı bulunmaktadır. Hesaplama için kullanılan ortalama araç hızı saatte 20 km/saat ile 106 km/saat arasında değişmektedir. Yolda 2.300'den fazla gürültü bariyeri bulunmaktadır ve toplam bariyer uzunluğu yaklaşık 120 km'dir [83].

Projenin diğer bir gerekliliği de modellenen tüm yollara göre ve ana yollar için ayrı ayrı üretilen gürültü seviyeleri hakkında bilgi sağlamaktır. Ana yollar, Transport for London Road Network (TLRN) kapsamındaki yollar olarak tanımlanmış ve aşağıda

(Çizelge 4.2), parametreleri elde etmek için kullanılan veri kümelerinin adlarını sunmaktadır.

Çizelge 4.2 : Yol parametreleri veri ve kaynakları [83].

Gerekli Giriş Parametreleri	Kullanılan Mevcut veri seti
Yol Genişliği	OS Ana Haritası
Yol Merkez Çizgisi	OSCAR Mülk Yöneticisi
Yol Trafik akışı	Londra Atmosferik Emisyon Envanteri
Trafik Akışı çevrim faktörleri	Ulusal Trafik İstatikleri
Yol tipi (ana/diğer)	Londra Yol Ağı İçin Ulaşım (TLRN)
Yol tipi (tek/çift yönlü)	Gözlem
	Yeni veri kaynağı
Yol yüzey tipi, amaca yönelik inşa edilmiş gürültü bariyerlerinin konumu	İlçelerden istendi

Yollar Yıllık Ortalama Günlük Trafığe göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

- LAEI'de AADT akışının >16.438 olduğu ana yollar;
- $8.219 < \text{akış} < 16.438$ sağlayan ana yollar;
- Akış < 8.219 olan ana yollar;
- akış > 16.438 olduğu diğer yollar;
- $8.219 < \text{akış} < 16.438$ olduğu diğer yollar;
- akış < 8.219 olan diğer yollar.

Yol yüzeyi ile ilgili bilgiler Londra ilçelerinden bilgi alınmış ve yol yüzeyi türleri şunları içermektedir;

- Fırçalanmış beton;
- Dokulu beton;
- Fısıltı betonu;
- Yüzeyi işlenmiş beton;
- Yüzey kaplamalı Sıcak Haddelenmiş Asfalt;
- Gözenekli asfalt;

- İnce aşınma tabakası;
- Taş Mastik Asfalt.

Modelleme aşamasında her bir yol yüzeyi tipine, kullanım için bir gürültü düzeltme faktörü atanmıştır[83]. Meteorolojik koşullar dikkate alındığında yolların kuru olduğu ancak rüzgârın yoldan alıcı konuma doğru estiği varsayılmaktadır. Topoğrafik model 1,1 milyon köşe noktası (veri noktası) ile 138.000'den fazla sürekli çizgi içeriyordu. Zemin yükseklikleri ortalama deniz seviyesinin 4 m altından ortalama deniz seviyesinin 267 m üstüne kadar değişmektedir [83]. (Çizelge 4.3)'de modellemede kullanılan veri kümeleri ve verilerin bulunduğu bilgi kaynakları yer almaktadır.

Çizelge 4.3 : Gürültü yayılma parametrelerinin veri setleri ve kaynakları [83].

Gerekli Giriş Parametreleri	Kullanılan Mevcut veri seti
Yan eğim konumu ve genişlikleri, Akustik olarak sert zeminli alanlar(su kütleleri vb.)	İşletim Sistemi MasterMap
Doğal zemin topoğrafyası	Arazi Formu Profili Yeni veri kaynağı
İnsan Yapımı topoğrafya (yan eğimler, yükseklikler)	Stereo görüntülerin Fotogrametrik olarak yorumlanması (yollar için TLRN'de)
Amaca yönelik inşa edilmiş gürültü bariyerlerinin konumu	İlçe veri talebi

Bu proje için kullanılan CBS verileriyle çalışabilme yeteneğine sahip yazılım WS Atkins Noise Map 2000 SE'dir. Programa aşağıdaki veriler girilerek hesaplamalar yapılmıştır.

Gürültü kaynağı:

- Araç akış hızı;
- Ağır araçların yüzdesi (yüksüz ağırlığı > 1525 kg olan araçlar olarak tanımlanır);
- Ortalama taşıt hızı;
- Yolun eğimi;
- Yol yüzey özellikleri;
- Gürültünün yayılma yolu:

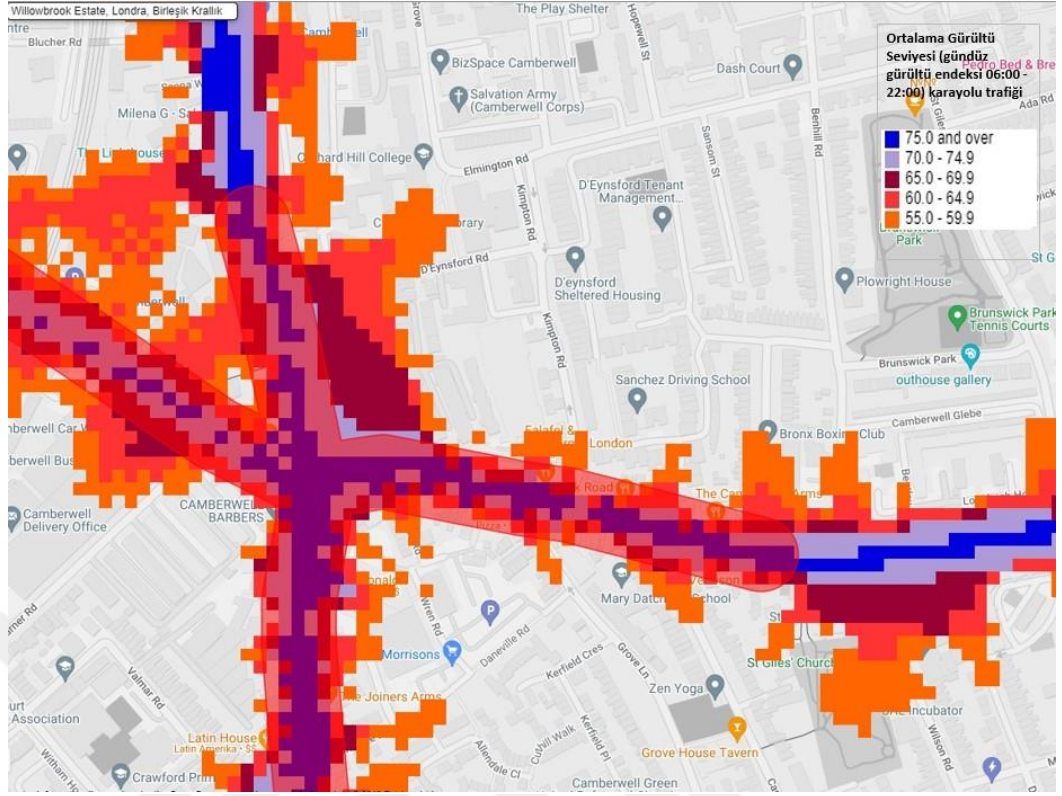
- Alıcının kaynaktan dikey olarak mesafesi;
- Zemin yüzeyinden yayılmanın ortalama yüksekliği;
- Zemin yüzeyinin akustik özellikleri;
- Kaynağın alıcıdan görüş açısı;
- Görüş hattını kesen bariyerler üzerindeki yol farkı;
- Kaynağa yakın yansıtıcı yüzeyler[83].

Göstergeler ve Harita

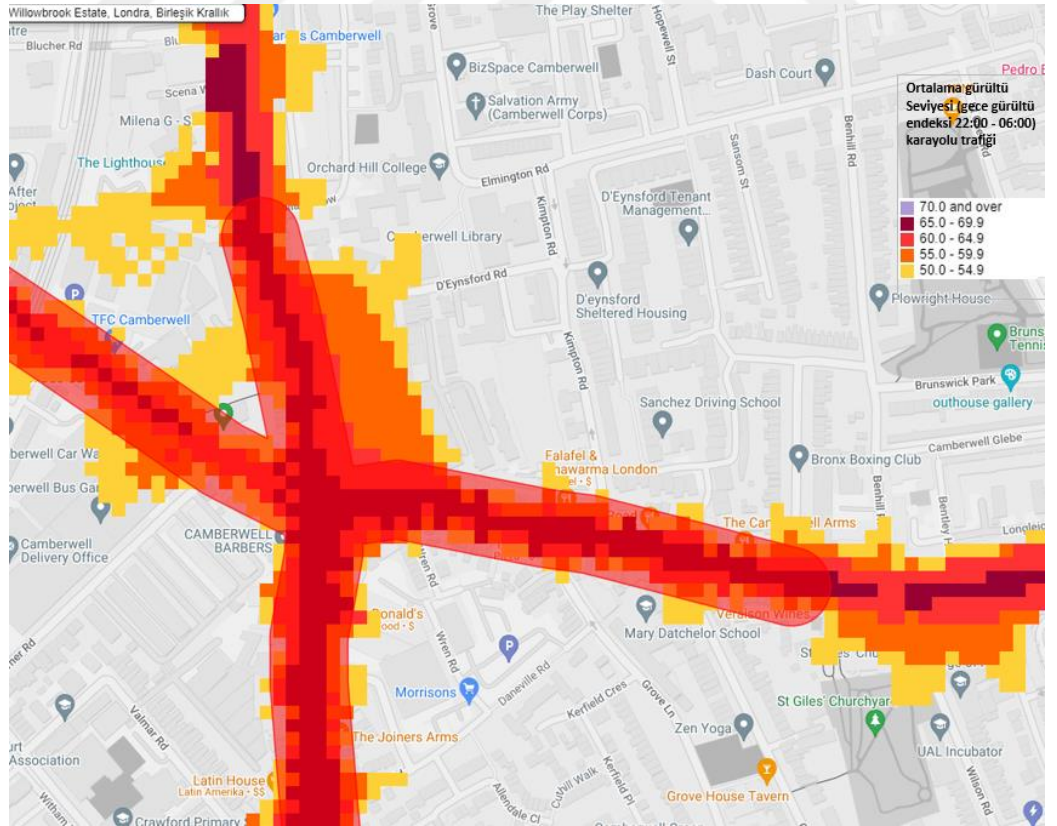
CRTN yöntemine göre yapılan hesaplamalarda, LA10(18saat) veya LA10(1saat) değerleri hesaplanmıştır. Bu projede elde edilen sonuçlar, Ulaşım Araştırma Laboratuvarı (TRL) tarafından geliştirilen prosedüre ve END'e göre, Lgündüz, Lakşam, Lgece ve Lgag olarak değiştirilmiştir. Hesaplamalar, 10 metre aralıklı, 4 metre yüksekliğindeki kare bir ızgara kullanılarak gerçekleştirilmiştir. [83].

Londra'dan Çıkarılan Sonuçlar

Birmingham Gürültü Haritası deneyimine dayanarak, verilerin elde edilmesi en büyük zorluk olarak belirlenmiştir. Londra projesinde ise, veri toplama odak noktası yol boyunca zemin profiline yöneliktir. Koridorlar, yolun yükseltilmesi veya kesilmesi zamanlarını, boyutunu ve setlerin kapsamını belirler ki bu özellikler sesin yayılımını etkiler ve dolayısıyla gürültü etkisini belirler. Londra İlçeleri, yol yüzeyi tipi hakkında önemli bilgiler sağlar ve sessiz yol yüzeylerinin kullanılması gibi politikaların uygulanmasını sağlar. Ancak, harita verilerinin güncelliğinin sağlanması ve veri kümelerinin birleştirilmesi zaman alıcıdır. Gürültü hesaplama yazılımı kullanılarak Londra'nın 3 boyutlu dijital modeli oluşturulmuş (Şekil 4.5), (Şekil 4.6) ve gelecekteki haritalamalar için sürecin iyileştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Sonuçlar, mevcut ulusal karayolu trafik gürültüsü tahmin yöntemlerine dayanmaktadır ve yol tipine bağlı olarak farklı formüller gerektirebilir. Sonuç olarak, karayolu trafiği gürültüsünün etkisi ve nerede meydana geldiği hakkında stratejik bir gösterge elde edilmiştir, bu da gürültü kontrolü politikalarının gözden geçirilebileceği bir platform sağlar. Gelecekteki haritaların kalitesinin artırılması için coğrafi verilerin kalite kontrolü iyileştirilmelidir [83].



Şekil 4.5 : Ortalama gürültü seviyesi haritası (gündüz- gürültü endeksi) karayolu trafiği [83].



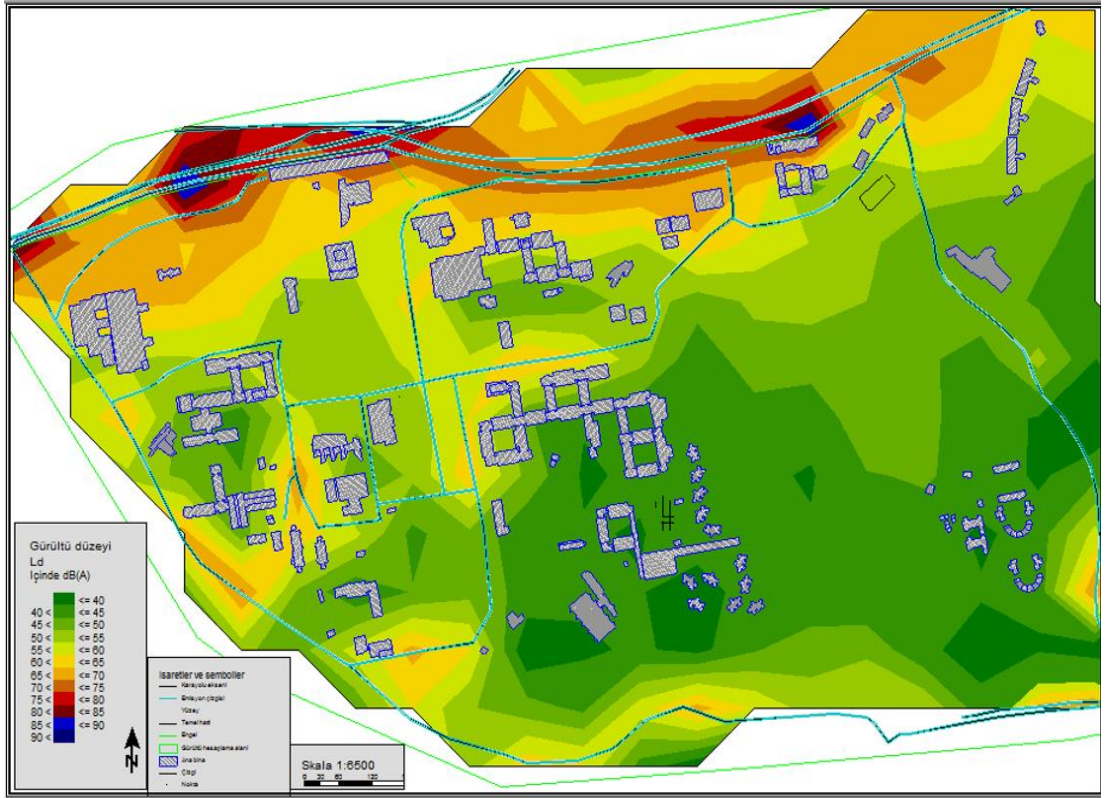
Şekil 4.6 : Ortalama gürültü seviyesi haritası (gece gürültü endeksi) karayolu trafiği [83].

4.4 Ulusal Örnekler

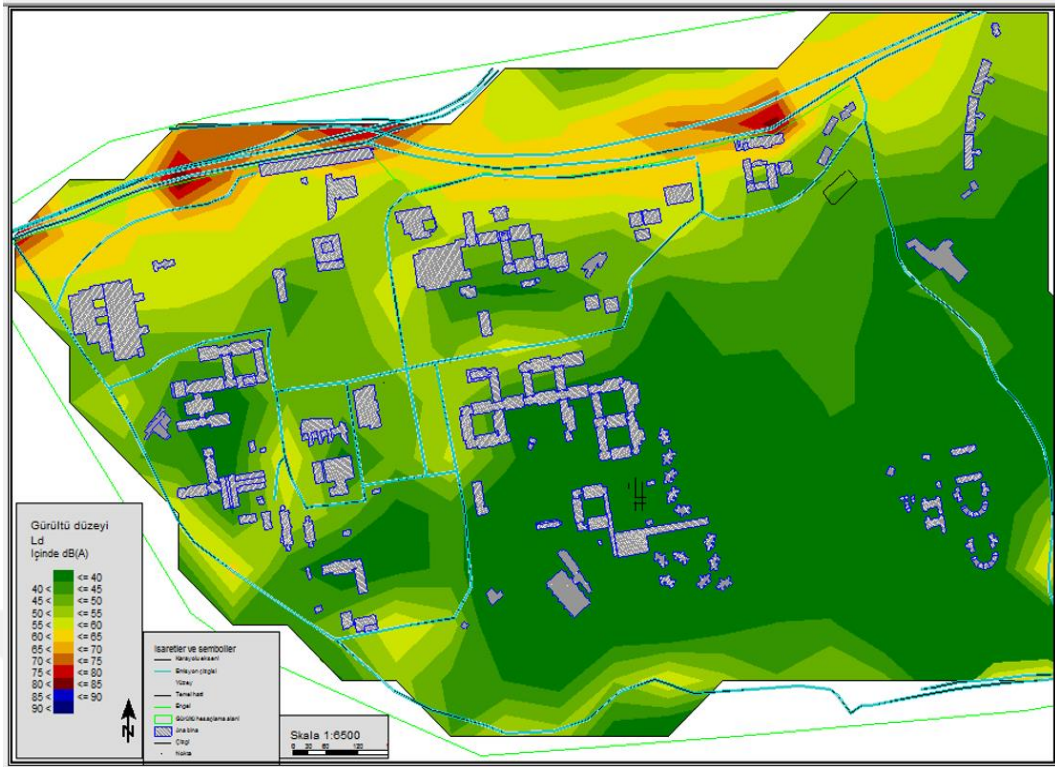
Ulusal örnekler kapsamında ülkemizdeki Üniversite kampüs alanlarından olan; İTÜ Maslak kampüs alanı ve Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe kampüs alanı örnek olarak seçilmiştir.

4.4.1 İTÜ Maslak kampüsü örneği

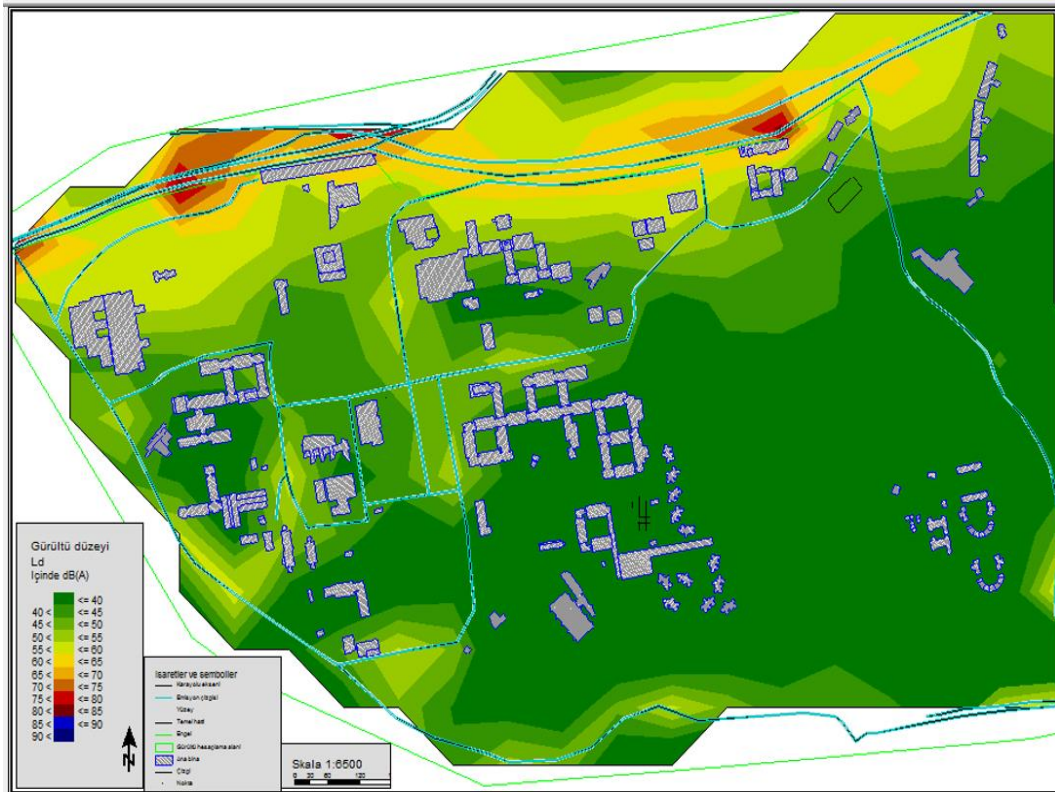
İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Maslak Kampüsü alanı için yapılan çalışmada, üniversite kampüs alanındaki tüm binalar, tesisler ve yollar, gürültüye duyarlı alanlar olarak sınıflandırılmıştır. Özellikle, kampüs çevresindeki Büyükdere Caddesi ve İstinye Bayırı gibi ana yolların neden olduğu gürültünün bu binalara olumsuz etkisi belirlenerek gerekli önlemlerin alınabilmesi amacıyla (Şekil 4.7), (Şekil 4.8), (Şekil 4.9), (Şekil 4.10)'de gösterilen gürültü haritaları oluşturulmuştur [84].



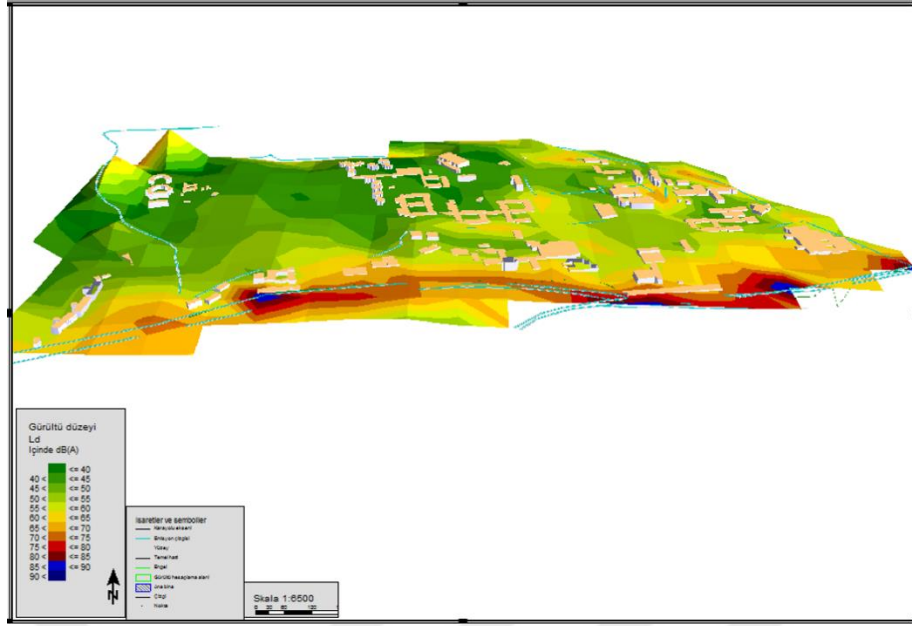
Şekil 4.7 : İTÜ Maslak kampüsü, gürültü haritası – $L_{gündüz}$ değerleri [84].



Şekil 4.8 : İTÜ Maslak kampüsü, gürültü haritası – Lakşam değerleri [84].



Şekil 4.9 : İTÜ Maslak kampüsü, gürültü haritası – L_{gece} değerleri [84].



Şekil 4.10 : İTÜ Maslak kampüsü, gürültü haritası – Üç boyutlu, $L_{gündüz}$ değerleri [84].

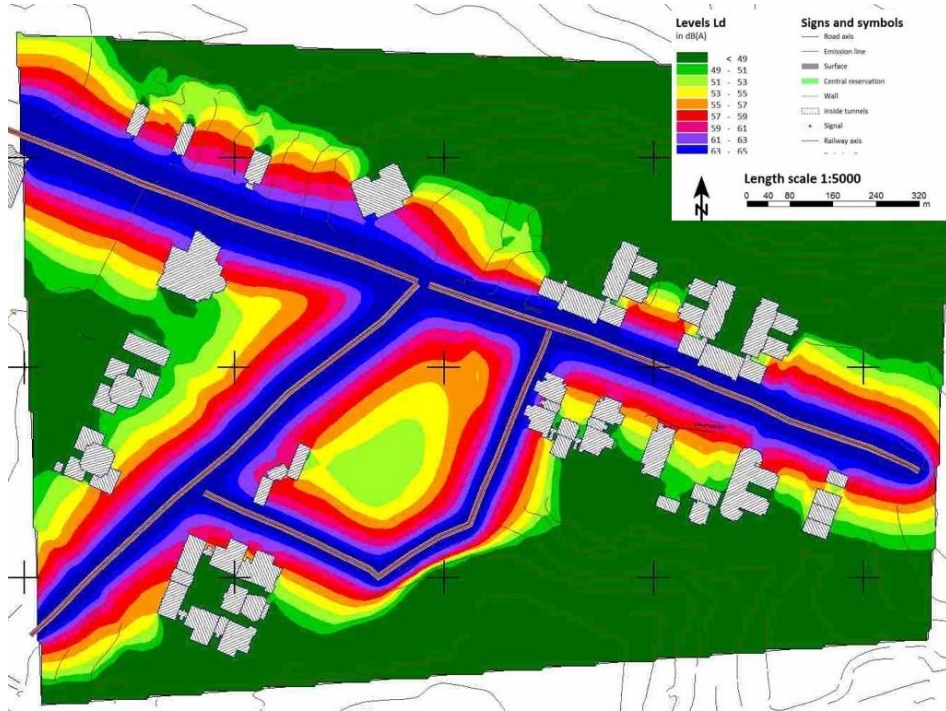
İTÜ maslak Kampüs alanında yapılan Gürültü haritalama çalışması incelendiğinde; eğitim, idari ve yurt binaları gibi yapılar gürültüye karşı özellikle hassastır. Bu yapıların, mevcut yolların yakınındaki konumlarından dolayı gündüz, akşam ve gece saatlerinde; gündüz 65 dB, akşam 60 dB ve gece 55 dB sınır değerlerini aşmaması gerekmektedir. Özellikle gündüz saatleri önemlidir, çünkü bu saatlerde hem eğitim hem de iş için binalar yoğun olarak kullanılmaktadır. Gündüz gürültü haritalarında, 65 dB sınırını aşan bina sayısı sadece 3'tür ve 5 bina kısmen bu sınırdan etkilenmektedir. Binlerce yapıya sahip kampüs genelinde, sınırı aşan bina sayısı oldukça azdır ve bu binalar için dış cephe yalıtımı gibi bireysel önlemler alınabilir. Ayrıca, gündüz saatlerinde genel gürültü seviyeleri çoğunlukla 55-60 dB arasında seyreder ki bu da kabul edilebilir bir düzeydir. Akşam ve gece saatlerinde ise, yurtlar ve kütüphane gibi sınırlı kullanım alanlarındaki gürültü seviyeleri genellikle 55 dB'nin altında kalmaktadır [84].

Sonuç olarak, Büyükdere ve İstinye Bayırı Caddeleri'nden kaynaklanan karayolu gürültüsü, İTÜ Maslak Kampüsü'nü olumsuz etkilememektedir ve kampüs içindeki binalar genellikle belirlenen limit değerlerini aşmamaktadır. Ancak, gündüz saatlerinde sınırı aşan binalar için bireysel yalıtım önlemleri alınabilir. Ayrıca, kampüs genelinde yapımı devam eden okul duvarlarının kalınlaştırılması ve yükseltilmesi çalışmaları, caddeye yakın binaları etkileyen gürültü seviyesini azaltıcı yönde etkiye bulunacaktır [84].

4.4.2 DEU Tınaztepe kampüsü örneği

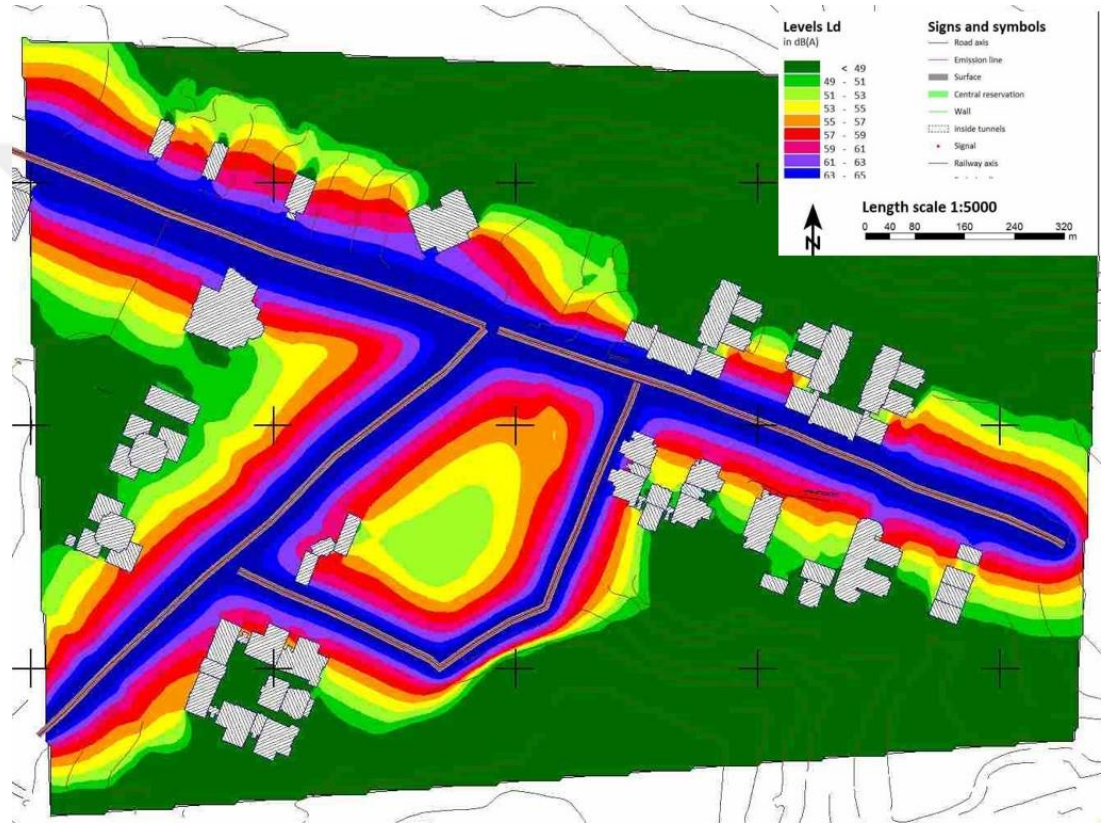
Yapılan çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi'nin Tınaztepe Yerleşkesi'nde gerçekleştirilmiştir. Bu ana kampüs, 2019 yılı itibarıyla 450 hektarlık bir alana yayılmış olup, derslikler, idari binalar, kütüphane, spor salonu, sosyal tesisler, ilköğretim okulu, araştırma görevlileri lojmanları gibi yaklaşık 100'e yakın yapıya ev sahipliği yapmaktadır. Kampüse ulaşım genellikle karayolu üzerinden sağlanmakta olup, özellikle sabah 08:00-10:00, öğlen 12:00-13:00 ve öğleden sonra 16:30-17:30 gibi saatlerde trafik en yoğun seviyededir. Çalışma kapsamında, araç geçişlerinin yoğun olduğu ve değişim noktası olan kavşaklar belirlenmiştir. Araç sayımları, bu kavşaklarda farklı saat dilimlerinde yapılmıştır. Kavşakta A, B ve C olmak üzere üç noktada araç sayımı yapılmıştır.

Otobüs ve diğer ağır vasıtalar kampüs içinde belirli güzergahları takip etmektedir. Araç sayımları, SoundPLAN 7.3 programına girilmiştir. Araçların geçtiği yollar ve binaların özellikleri gibi veriler de yazılıma işlenmiştir. Gürültü haritalarının oluşturulması için bu program kullanılmıştır. Çalışmada, AB Çevre Gürültü Direktifi'ne uyumlu olarak gündüz, akşam ve gece için eşdeğer gürültü düzeyleri tanımlanmıştır. Bu değerler, çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliğinde belirlenen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır[1].



Şekil 4.11: L_{gag} ızgaralı gürültü haritası [1].

(Şekil 4.11)'deki "L_{gag} (gündüz - akşam - gece)" İzgaralı gürültü Haritası, günlük toplam rahatsızlığı göstermektedir. Mavi-mor renkler en yüksek gürültü etkisini, kırmızı - sarı - yeşil tonları ise azalan etkiyi temsil eder. Bu haritaya göre, kampüste en fazla gürültüye maruz kalan alanlar kütüphane, makine ve tekstil mühendisliği binaları ile sosyal tesislerdir, gürültü seviyeleri 63-65 dB (A) arasındadır. Ancak, Denizcilik Fakültesi bölgesi en az etkilenen alanlardan biridir, gürültü seviyesi 49-51 dB (A) aralığındadır. Bunun temel nedeni, bu bölgedeki yoğun ağaçlandırma ve az araç trafiğidir [1].



Şekil 4.12 : L_{gündüz} ızgaralı gürültü haritası [1].

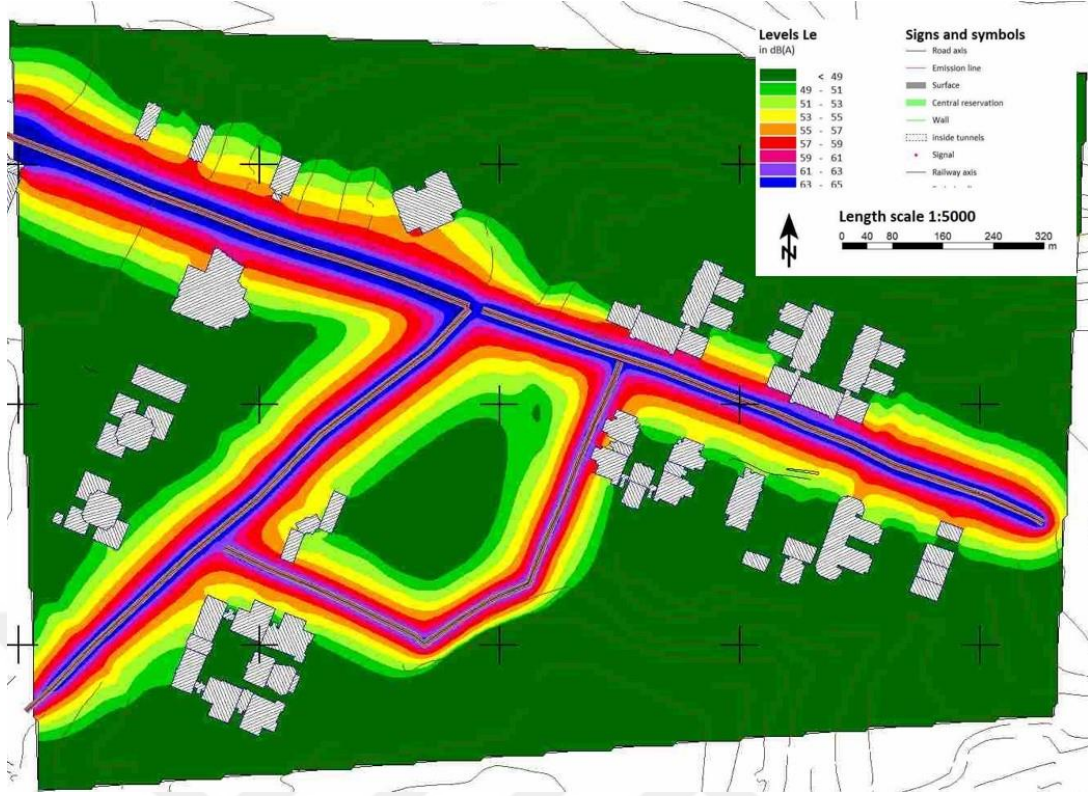
(Şekil 4.12)'de 07.00-19.00 saatlerini kapsayan gündüz zaman dilimindeki etkilenme düzeyini gösteren L_{gündüz} ızgaralı gürültü haritası sunulmaktadır. Haritaya göre, Tekstil Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Jeoloji Mühendisliği ve Kütüphane gibi alanlar en yüksek etkilenme düzeyine sahiptir (63-65 dB(A)). Yemekhane girişi ve sosyal tesislerin bulunduğu bölge de yüksek etkilenme gösterir (61-63 dB(A)). Diğer yandan, Fen Fakültesi, Çevre - İnşaat Mühendisliği Bölümleri, Mimarlık Fakültesi ve İşletme Fakültesi'nin bulunduğu alanlarda etkilenme düzeyi 57-59 dB(A) aralığındadır. Denizcilik Fakültesi ise en az etkilenen bölgede yer

alır (49-51 dB(A)), bu durumun ana yol güzergahından uzak olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Lejantta belirtilen <49 dB(A) etkilenme düzeyine sahip alanlar ise ormanlık arazilerdir ve bu bölgelerde gürültü etkilenme düzeyi düşüktür [1].



Şekil 4.13 : Lgündüz cephe gürültü haritası [1].

(Şekil 4.13)'de gündüz için cephe gürültü haritası sunulmuştur. Bilgisayar Mühendisliği binasının zemin katındaki cephelerde 63 dB(A) sınırını aşan gürültü tespit edilmiştir. Güneybatı, güney ve doğu cephelerinde sırasıyla 63,8, 65,1, 63,9 dB(A) seviyelerinde gürültü belirlenmiştir. Kütüphane binasının zemin katındaki kuzey ve doğu cephelerinde gürültü seviyeleri 63.5-64.6 dB(A) arasındadır. Mimarlık Fakültesi'nde batı cephesinde 65,1 dB(A) gürültü seviyesi ölçülmüştür. Ayrıca, Mühendislik Fakültesi'ndeki ortak dersliklerde güney ve batı cephelerinde sınır değer üzerinde gürültü tespit edilmiştir (63-64,1 dB(A)).



Şekil 4.14 : Lakşam ızgaralı gürültü haritası [1].

(Şekil 4.14)'de akşam saatlerinde (19.00-23.00 zaman dilimi) belirlenen etkilenme düzeyini göstermektedir. Gündüz saatlerine kıyasla daha düşük gürültü düzeyleri tespit edilmiştir. Örneğin, Tekstil, Makine, Elektrik-Elektronik ve Jeoloji Mühendislikleri ile Kütüphane ve Sosyal Tesislerin ön cephelerinde gündüz 63-65 dB(A) aralığında olan gürültü düzeyi, akşam 57-59 dB(A) olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, Fen, Çevre – İnşaat, Mimarlık ve İşletme Fakülteleri için gündüz saatlerinde 57-59 dB(A) olan gürültü düzeyi akşam saatlerinde azalmıştır. Ancak, kampüste 2. öğretim yürütülen birimler nedeniyle etkilenmenin azalarak da olsa devam ettiği gözlemlenmiştir [1].



Şekil 4.15 : Lgece ızgaralı gürültü haritası [1].

Gece süresi (23.00-07.00 zaman dilimi) için oluşturulan ızgaralı gürültü haritası (Şekil 4.15)'de sunulmuştur. Kampüste herhangi bir faaliyetin olmaması ve araç geçişinin minimum düzeyde olması nedeniyle gürültü etkilenmesi çok düşüktür. Ancak, çalışma yapıldığı dönemde kampüs içinde araçların 24 saat boyunca otobana geçiş yapabilmesi nedeniyle, yol güzergâhında 57-59 dB(A) seviyesinde gürültü belirlenmiştir [1].

Çalışmada sonuç olarak; öğrencilerin konsantrasyonunu korumak için önerilen önlemler şunlardır; (a) yerleşkeye giren araçlara hız sınırları getirilmesi, (b) toplu taşıma sistemlerine öncelik verilmesi ve yerleşke içinde ring servisleri oluşturulması, (c) limit değerlerin üzerinde gürültüye maruz kalan binaların özellikle gürültü kaynağına bakan cephelerinde yalıtım ve çift cam uygulamaları yapılması, ve (d) gürültü kaynağına yakın olan mekanların (derslikler, laboratuvarlar vb.) konumlarının gözden geçirilmesi önerilmiştir. Ayrıca, arazinin ormanlık bir alanda bulunmasının, oluşan ve oluşabilecek gürültüyü azaltmada önemli bir katkı sağladığı ve doğal bir gürültü perdesi görevi gördüğü belirtilmiştir. Bu nedenle, yerleşkede ağaçlandırma çalışmalarının sürdürülmesi tavsiye edilmiştir [1].

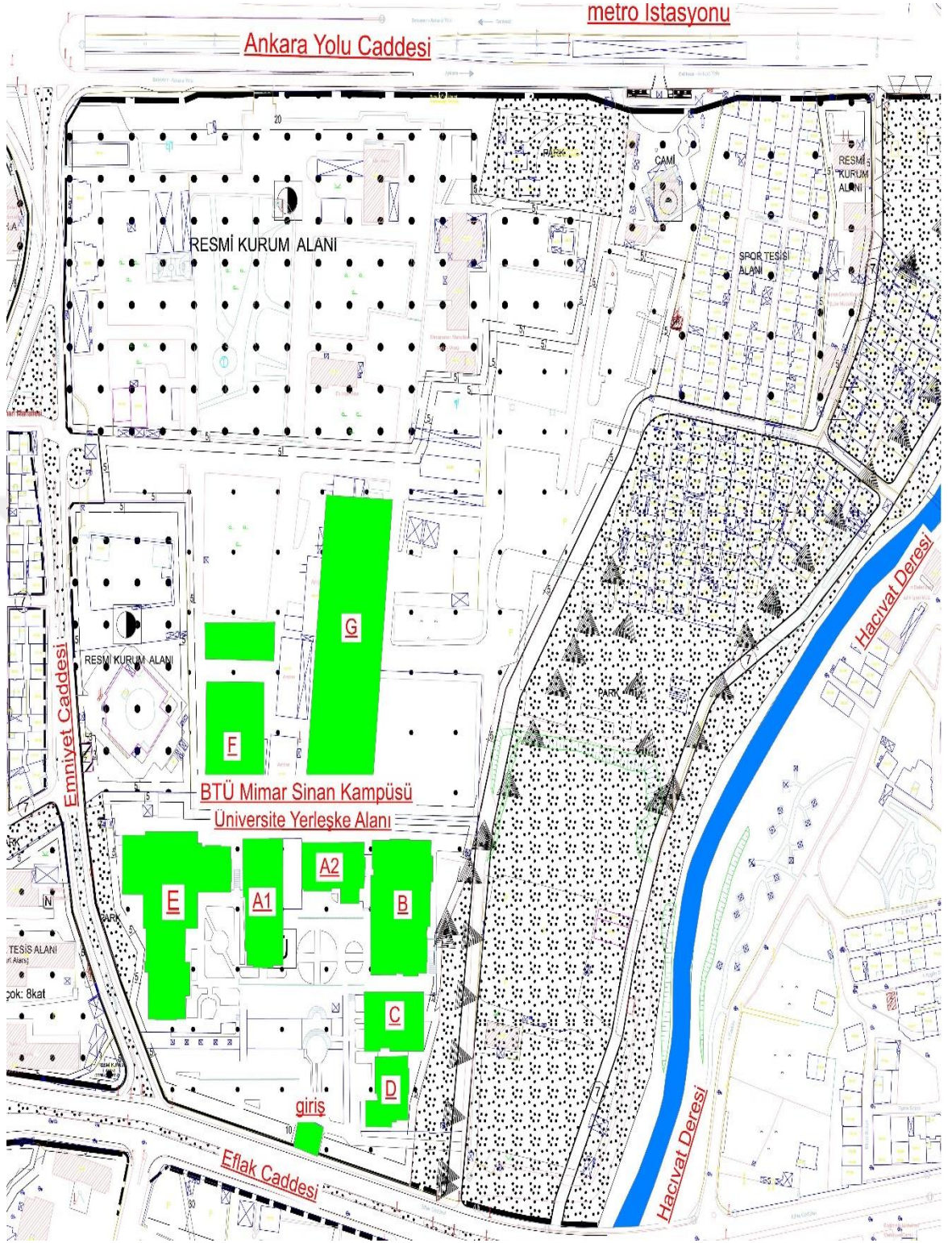
5. BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MİMAR SİNAN KAMPÜS ALANI GÜRÜLTÜ HARİTASI

5.1 SaundPlan Gürültü Haritalama Uygulaması

Bugünün teknolojik ortamında, akustik ve gürültü kontrolü için bir dizi farklı yazılım programı bulunmaktadır. Bu çalışmada tercih edilen SoundPLAN programı, gürültü haritalama ve modelleme çalışmalarında kullanılmaktadır. Özellikle karayolları ve demiryolları boyunca, konut ve meskenlerin en az maliyetle korunmasını sağlamak amacıyla gürültü bariyerlerinin optimize edilmesinde kullanılır. Bariyer tasarımı, gürültü seviyesini minimum maliyetle azaltacak şekilde bariyerin şekli planlanır. Program, en uygun elemanı seçerek yeni gürültü seviyesini tüm alıcılar için hesaplar, böylece en ekonomik ve en az duvar yüzey alanına sahip duvar seçilir. 2 boyutlu ve 3 boyutlu görselleştirme özellikleri sayesinde, gürültü bariyerinin yapımı için optimize edilmiş düzenlemeler ve özelleştirmeler yapılabilmektedir [81].

5.2 Mimar Sinan Kampüs Alanının Teknik Özellikleri

Bursa Teknik Üniversitesi Mimar Sinan Yerleşkesi, Bursa'nın doğusunda, Yıldırım İlçesi Mimar Sinan Mahallesi'nde bulunmaktadır. Yerleşke, (Şekil 5.1) Ankara Yolu caddesi kuzeyinde ve Eflak Caddesi güneyinde konumlanmıştır. Ankara Yolu'nda bulunan metro hattı, batı ve doğu yönleri toplu taşıma hizmeti sağlamaktadır. Yerleşkenin batı ve kuzey kesimlerinde valilik birimleri bulunmaktadır; diğer yönleri ise Şevket Yılmaz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, rekreasyon alanları, dini tesis ve yurtlar yer almaktadır. Kampüste eğitim ve sosyalkullanım için binalar bulunmakta olup, toplamda 115 dönümlük bir kampüs alanı mevcuttur. Yerleşkenin güneydoğusunda, Hacivat Deresi yer almaktadır.



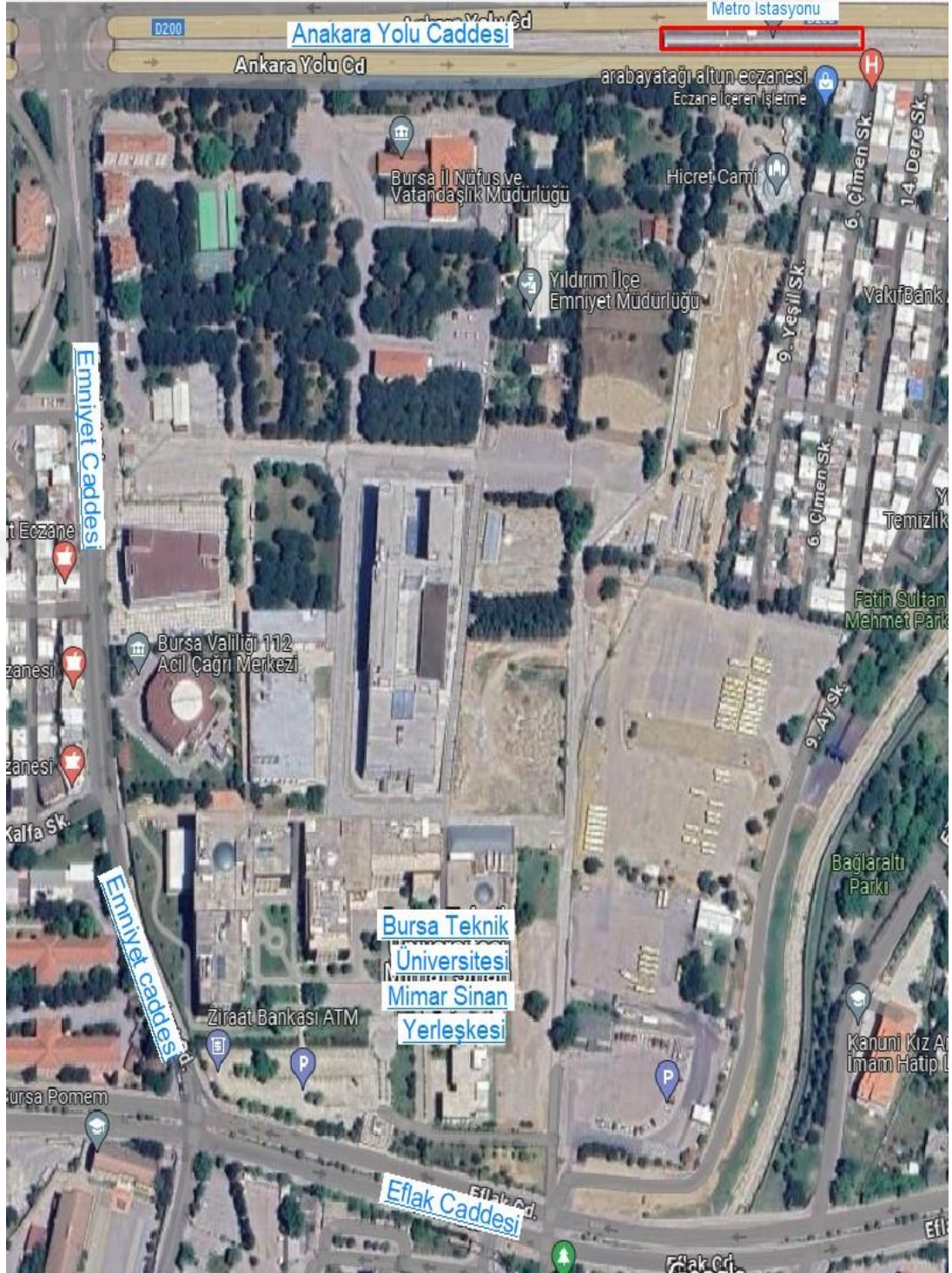
Şekil 5.1 : Bursa Teknik Üniversitesi - Mimar Sinan yerleşkesi vaziyet imar planı

Kampüs içerisinde A,E,G Bloklarda Fakülteler, B Bloкта yemekhane, C Bloкта kütüphane ve D Bloкта rektörlük binası ve diğer bloklarda İdari binalar ve sosyal tesisler bulunmaktadır (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 : Yerleşke bina alanları ve bölümler.

Bina	Kat Sayısı (Bodrum dahil)	Toplam kapalı alan(m ²)	Toplam Açık Alan (m ²)	Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi	Orman Fakültesi	Denizcilik Fakültesi	Diğer
A BLOK	B+Z+1+2+3+4	16,641.00			Orman Endüstri Mühendisliği, Orman Mühendisliği, Peyzaj Mimarlığı	Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, Gemi İnşaat ve Gemi Makinaları Mühendisliği bölümü	
B BLOK	B+Z+1	7,137.00					Yemekhane
C BLOK	B+Z+1	2,584.00					Kütüphane
D BLOK	Z+1	1,757.00					Rektörlük
E BLOK	B+Z+1+2+3+4	19,576.00	115,934.00	Biyomühendislik, Çevre Mühendisliği, Fizik Bölümü, Gıda Mühendisliği, Kimya Bölümü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Polimer ve Malzeme Mühendisliği			
F1 BLOK	Z+1+2	2,121.00					
F2 BLOK	B+Z	4,364.00					
L1 BLOK	Z	418.00					
G BLOK	B+Z+1+2+3+4	24,926.00		Bilgisayar Mühendisliği, Elektronik Mühendisliği, Endüstri Mühendisliği, Havacılık ve Uzay Mühendisliği, İnşaat Mühendisliği, Kimya Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Matematik Bölümü, Mekatronik Mühendisliği			

Üniversiteye ulaşımında kampüsün kuzeyinde yürüme mesafesinde yer alan metro hattına ek olarak karayolu ulaşımında;otobüs,minübüs ve binek araçlar yoğun olarak kullanılmaktadır. Kampüs çevresinde trafik sabah 07:00-10:00,öğlen 12:00-14.00 ve okul ve mesi saatleri bitiş saati olan akşam 16:30 – 18:00 saatleri arasındır. Kampüs ve çevresini gösterir uydu görüntüsü (Şekil 5.2)’de yer almaktadır.



Şekil 5.2 : Bursa Teknik Üniversitesi Mimar Sinan yerleşkesi, google earth görüntüsü (görüntülenme tarihi : 12.02.2024).

5.3 SoundPLAN Programında Kullanılacak Verilerin Hazırlanması

Giriş sayfası gösterilen (Şekil 5.3) SoundPLAN programında gürültü haritalama sürecinde; SoundPlan programında kullanılacak olan harita plan altlığı, yol genişlik ve

yol özellikleri, gürültüye neden olan yollardaki araç sayılarının belirlenmesi ve çalışma alanındaki nüfus verileri temin edildi.



Şekil 5.3 : SoundPLAN gürültü haritalama programı giriş sayfası.



Şekil 5.4 : Halihazır harita ve tabaka lejandları.

Harita çalışmasında kullanılacak halihazır harita Bursa Büyükşehir Belediyesinden alındı. Haritada güncel olmayan kampüs içerisindeki binaların arazi alımları yapılarak

haritaya işlendi. Haritanın revizyonu ve düzenlenmesi sırasında Netcad programı kullanıldı. Sound plan programında kullanılacak olan veriler özelliklerine uygun olarak tabakalarına ayrıldı. İlk durumdaki harita ve tabaka yapısını gösterir lejand örneği (Şekil 5.4)'de gösterilmektedir.

SoundPlan programında kullanılacak olan verilerin toplanması tamamlandığında SoundPlan programı açılarak yeni bir proje oluşturularak (Şekil 5.5) Gürültü haritasının yapımına başlanılmaktadır.

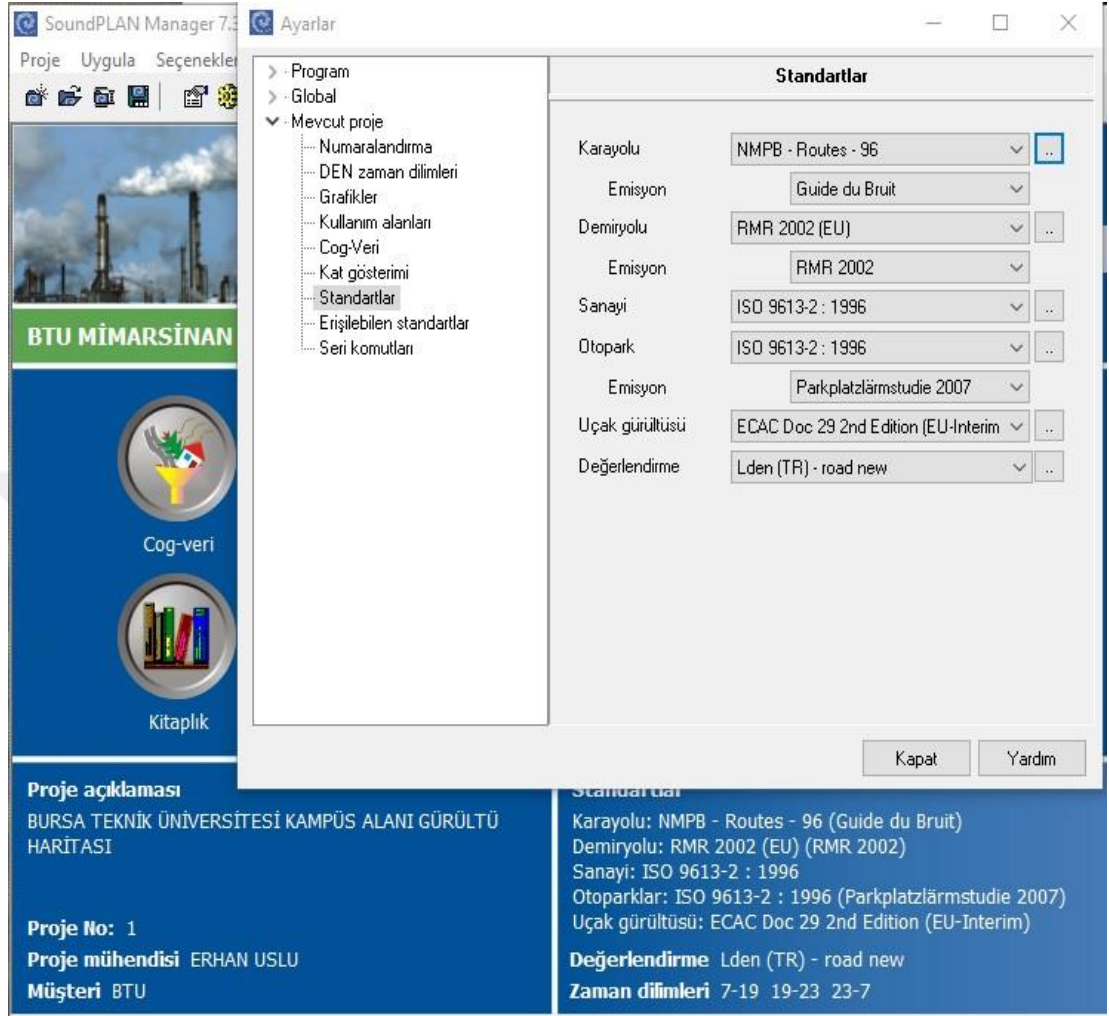
The screenshot shows the 'Proje oluştur' (Create Project) dialog box in the SoundPlan software. The dialog box is titled 'Proje oluştur' and has a standard Windows window with minimize, maximize, and close buttons. The fields are as follows:

- Location: E:\DATA\ERHAN\YUKSEK_LISANS_29_03_24\PROJE
- Proje adı: BURSA
- Başlık: BTU MİMARŞİNAN KAMPÜS ALANI
- Proje No: 1
- Proje mühendisi: ERHAN USLU
- Müşteri: BTU
- Açıklama: BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS ALANI GÜRÜLTÜ HARİTASI
- Koordinat sistemi: Turkey TUREF/TM30 Transverse Mercator
- Referans sistemi: ETRS89 (Europe), geocentric, GRS80
- Doğuya doğru (X): 0.00
- Kuzeye doğru (Y): 0.00
- Şerit / Bölge: 0

At the bottom right, there are three buttons: 'Tamam' (OK), 'İptal' (Cancel), and 'Yardım' (Help). The 'Tamam' button is highlighted with a blue border.

Şekil 5.5 : Yeni proje oluşturulması.

Proje standartları (Şekil 5.6) belirlenmesinde Karayolu için, NMPB-Routes 96 gürültü tahmin modeli kullanılmaktadır.



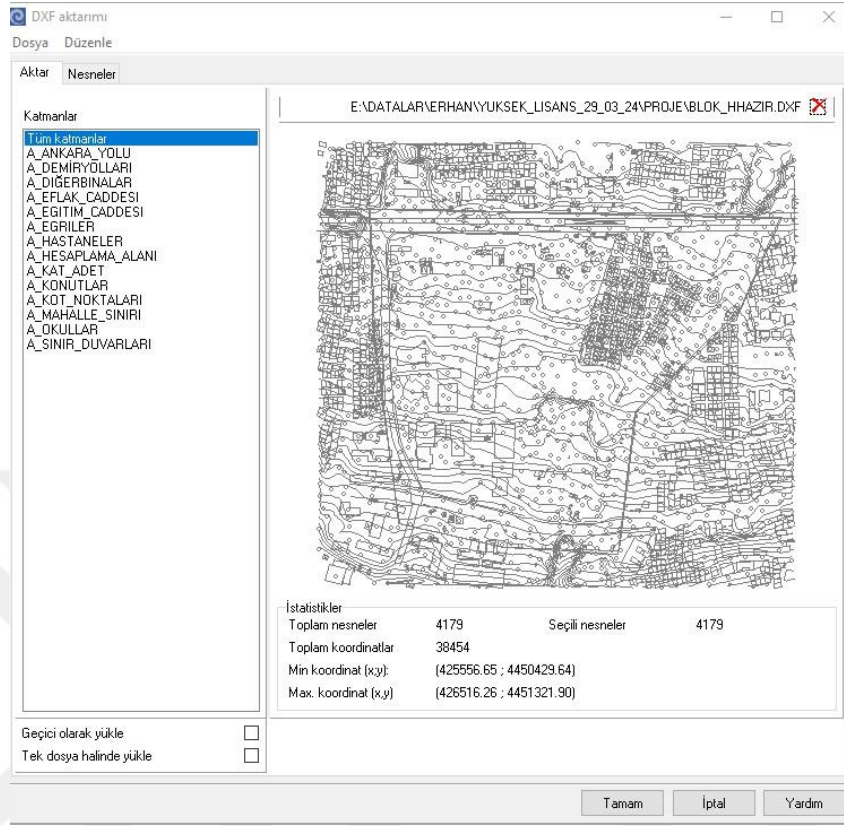
Şekil 5.6 : Proje standartlarının oluşturulması.

Gürültü haritasının yapımına SoundPLAN anasayfada Coğrafi verilerin oluşturulması ile devam edilir. Programa önceden oluşturulan Autocad formatındaki haritadaki veriler tabakalarına göre seçilerek aktarılır ve aktarımın ardından seçilerek programın işlem yapmasına olanak sağlayacak şekilde nesne tipleri dönüştürülür (Şekil 43).

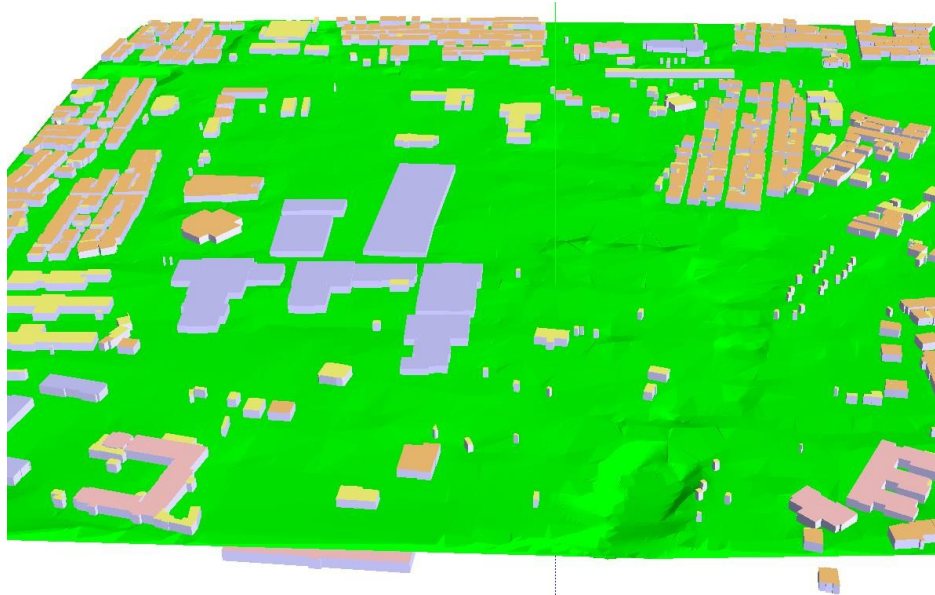
Arazi kotları ve eşyüksekti eğrilerinin programa aktarılmasının (Şekil 5.7) ve ardından Sayısal Zemin Modeli hesabı yapılır (Şekil 5.8).

Binalar, Konutlar, yardımcı binalar, Okullar ve Hastaneler oluşturulduktan sonra Binaların kat adetleri, yükseklikleri ve nüfus verileri; Mimar Sinan Mahallesi nüfus katsayısı : 3,7 ve 3269 kişi olarak girilmiş Zemin Etkisi faktörü: 0.60; Kampüs etrafında bulunan duvar yüksekliği : 1.75 metre , Araç sayıları araç hızları ve yol

genişlik ve yol kaplama bilgileri (Çizelge 5.2)’de gösterilen verilere göre SoundPLAN programına Karayolu özellikleri olarak tanıtılmıştır.



Şekil 5.7 : Halihazır harita verilerinin soundPLAN programına aktarılması ve tanıtılması.



Şekil 5.8 : Sayısal zemin modeli oluşturulduktan sonra binaların ve arazinin 3 boyutlu görünümü.

Çizelge 5.2 : Araç sayıları ve yol verileri.

*Yıllık Ortalama Günlük Trafik										**Hız sınırlamaları			***Yol Özellikleri					****Yol kaplama cinsi
Yolun Adı	Ağır Taşıt Sayısı(Adet)				Hafif Taşıt Sayısı(Adet)				Genel Toplam	Araç Hız Sınırları(km/s)		Yol Genişliği(m)		şerit sayısı(adet)			Asfalt Cinsi	
	gündüz	akşam	gece	toplam	Gündüz	akşam	gece	toplam		Hafif Araç	Ağır Araç	sağ	orta refüj	sol	sağ	sol		
Ankara Yolu caddesi	4580	1017	58	5655	9633	3299	265	13197	18852	82	70	15.5	9	15.5	3	3	Mastik Asfalt	
Eğitim caddesi	2060	457	27	2544	4334	1484	120	5938	8482	30	30	5.5	2	5.5	2	2	Mastik Asfalt	
Eflak Caddesi	3664	814	46	4524	7706	2639	212	10557	15081	30	30	9.5	4	9.5	3	3	Mastik Asfalt	

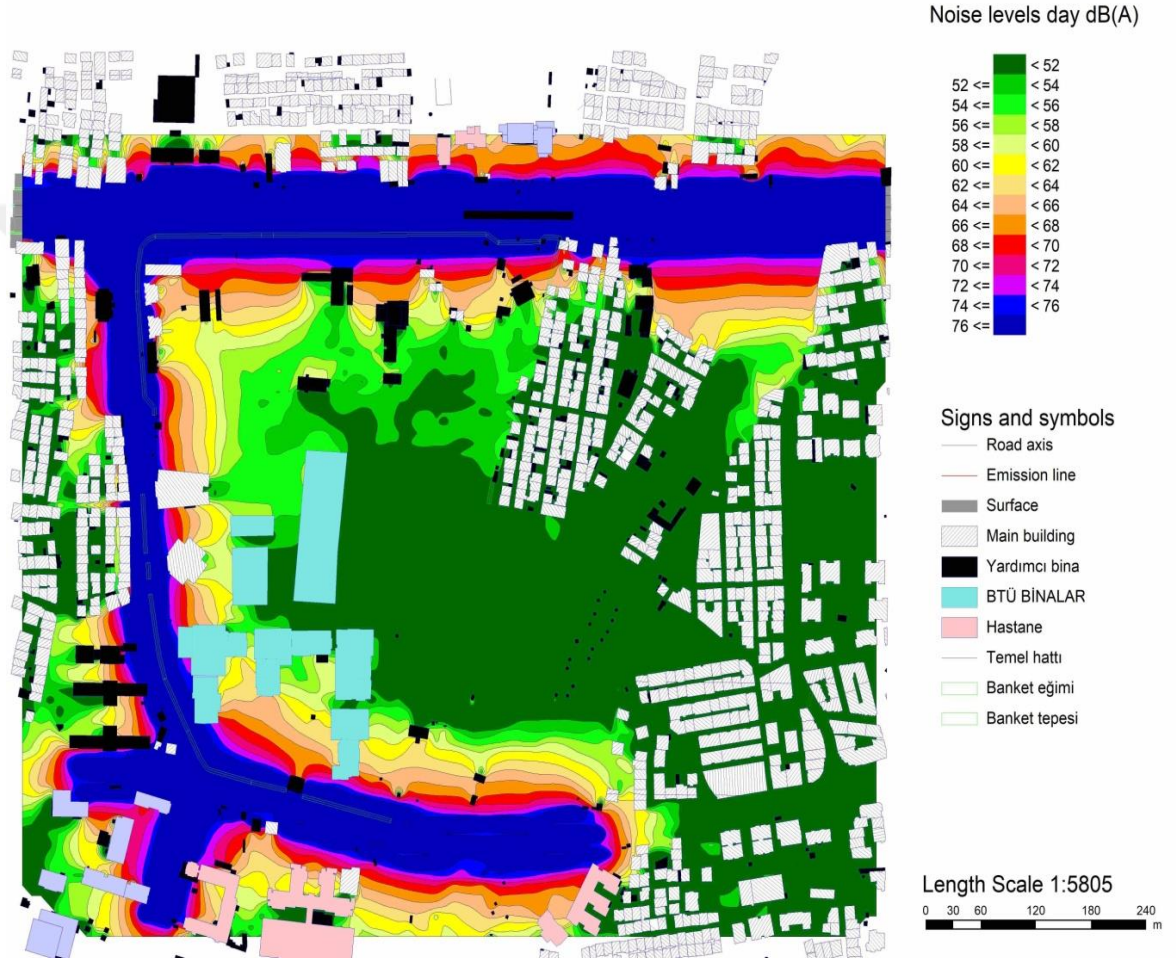
Not: *Araç yıllık ortalama Günlük Trafik verileri Karayolları Genel Müdürlüğü Trafik Başmühendisliği Ulaşım Etütleri şefliği (YOGT) 2023 yılı taşıt Sayım ölçüm değerleri üzerinden alınmıştır.

**Büyük Şehir Belediyesi UKOME' den alınmıştır.

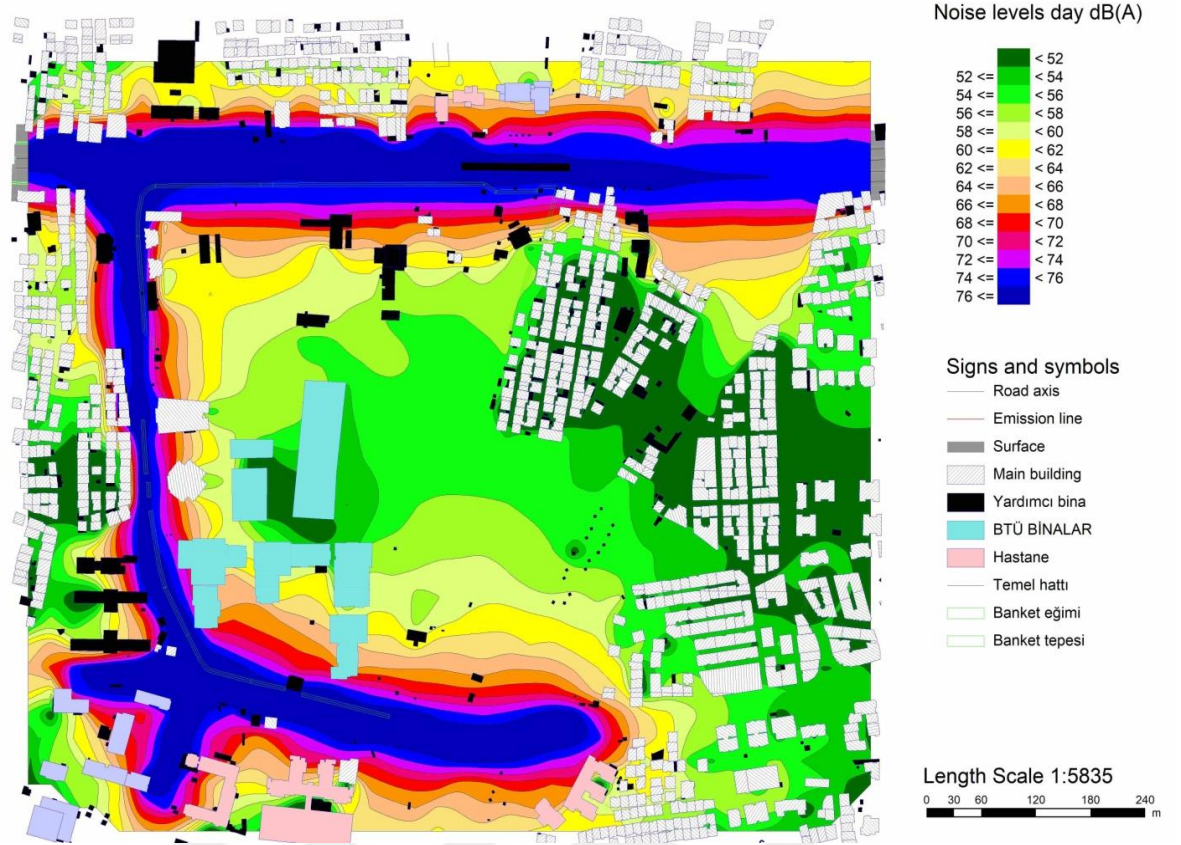
*** Arazide tespit edilmiştir.

****Büyük Şehir Belediyesi Gürültü Eylem Planı raporundan alınmıştır.

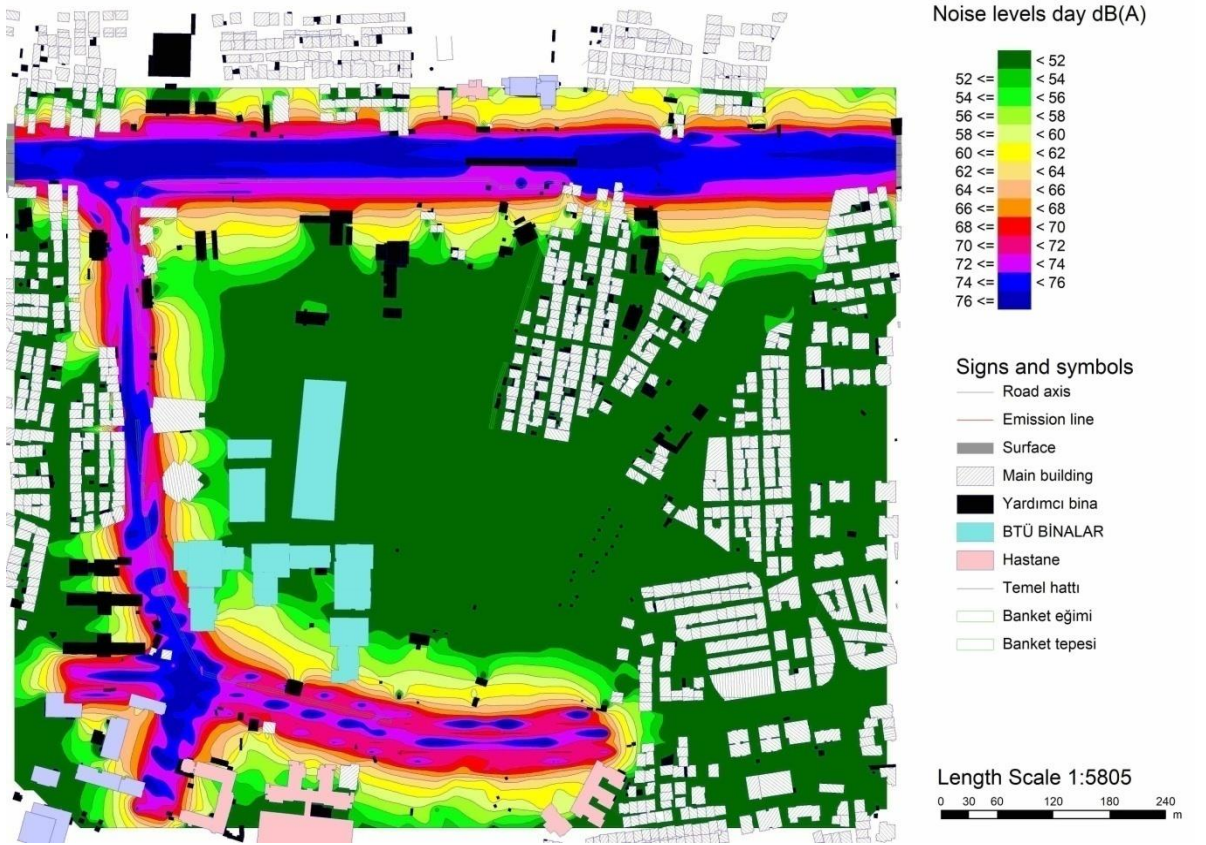
Coğrafi verilerin oluşturulmasının ardından, Izgaralı Gürültü haritasında Max tarama çapı: 1000, Yansıma bilgisi :1 Izgara aralığı : 10 ve alan büyüklüğü :3*3 olarak seçilmiştir. SoundPLANana menüde Hesaplama Modülü ile Izgaralı Gürültü Haritası ve Cephe Gürültü Haritası Hesaplamaları yapılmıştır. Hesaplamaların ardından oluşan haritalar aşağıda gösterilmektedir. (Şekil 5.9), (Şekil 5.10), (Şekil 5.11), (Şekil 5.12), (Şekil 5.13), (Şekil 5.14).



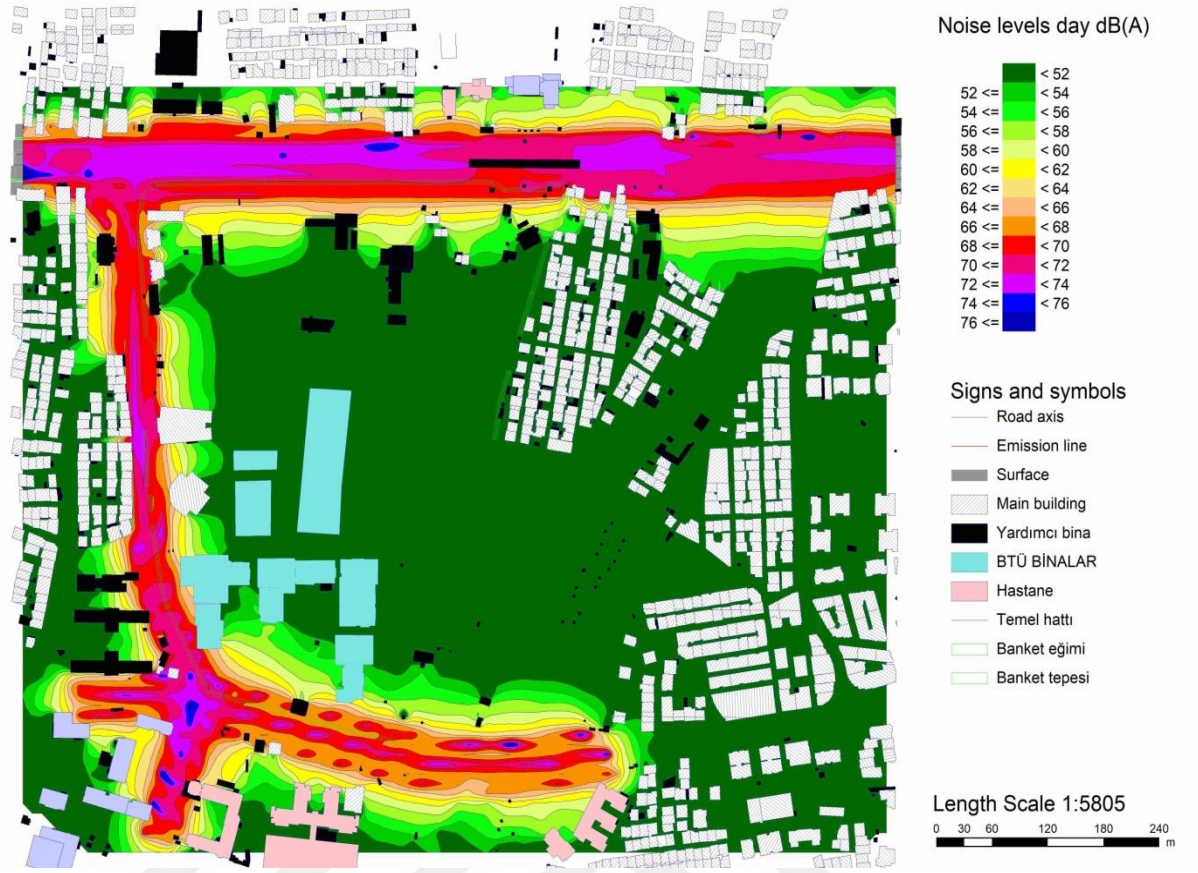
Şekil 5.9 : Bursa Teknik Üniversitesi L_{gag} gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası.



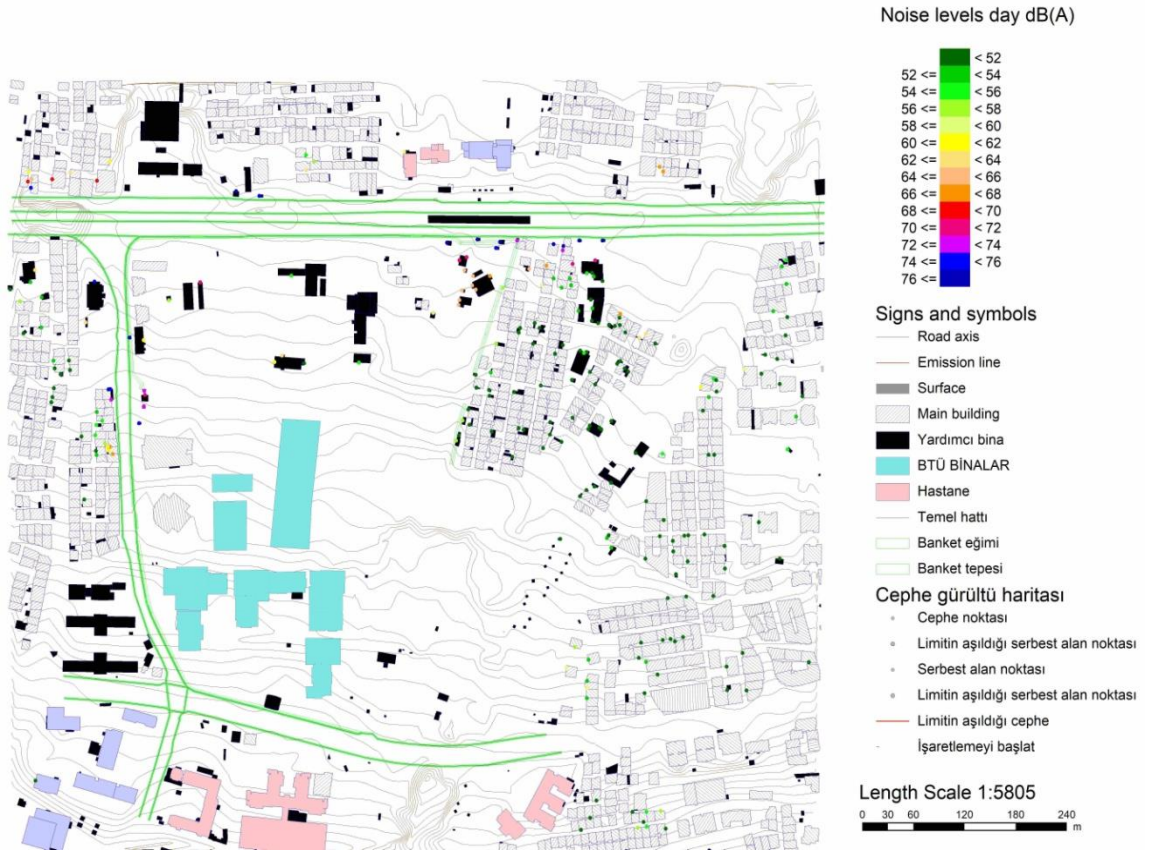
Şekil 5.10 : Bursa Teknik Üniversitesi L_{gündüz} gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası



Şekil 5.11 : Bursa Teknik Üniversitesi L_{akşam} gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası



Şekil 5.12 : Bursa Teknik Üniversitesi Lgecegürültü seviyesi ızgara gürültü haritası



Şekil 5.13 : Bursa Teknik Üniversitesi Lgag gürültü seviyesi cephe gürültü haritası



Şekil 5.14 : Bursa Teknik Üniversitesi L_{gsg} gürültü seviyesi nüfus etkilenmesini gösterir ızgara gürültü haritası.

5.4 Ölçümler ve Ölçüm Cihazı

Çalışmada kullanılan Svantek 949 (Şekil 5.15) ses ve titreşim analiz cihazı, genel akustik ölçümlerden çevresel gürültü izlemeye ve mesleki sağlık güvenliği ölçümlerine kadar geniş bir kullanım yelpazesine hitap etmektedir. Cihaz dijital bir yapıya sahiptir ve Tip 1 ses ve titreşim ölçümlerini gerçekleştirebilmektedir. Tip 1 ses seviyesi ölçümü; yapılan ölçümlerde hassasiyet olması gereken laboratuvar ve saha ölçümlerinde, yapılan ölçümün resmi nitelik taşıması için kullanılan cihazın en az Tip 1 koşullarını sağlaması gereken seviye olarak belirtilmektedir. Cihaz ile üç farklı (Şekil 5.16) akustik veya titreşim profili ile bağımsız ölçümler yapılabilir. Her bir profil, ses seviyesi, maksimum ve minimum seviyeler gibi birçok önemli parametreyi ölçebilir ve gelişmiş zaman geçmişi kaydı ile ölçülen sinyal hakkında detaylı bilgi sunar. Bu bilgiler, cihazın kalıcı 8 MB veya 48 MB (opsiyonel) dahili hafızasına kaydedilir ve USB 1.1 arayüzü ve SvanPC+ yazılımı ile kolayca aktarılabilir.

SVAN 949'da, tüm gerekli ağırlıklandırma filtreleri (A, C, Wk, Wc, Wh gibi) bulunmaktadır. RMQ dedektörü, Titreşim Doz Değeri (VDV) ölçümünü doğrudan gerçekleştirebilir. Ayrıca, cihaz gerçek zamanlı 1/1 ve 1/3 oktav analizi, FFT analizi, yankı süresi ölçümü ve tonalite ölçümü gibi gelişmiş işlemlere de sahiptir.

SVAN 949'un sağlam ve hafif tasarımı, tüm çalışma günü boyunca zorlu çevresel koşullarda kullanımı kolaylaştırır. Özellikle dört standart AA alkalin pil ile 12 saatten fazla operasyonel süre sunar. Ayrıca, elde taşınabilir olmasıyla da kullanıcıya kolaylık sağlar.

Özellikler:

20 kHz bantta Tip 1 ses veya titreşim ölçümleri,

Üç bağımsız profil ile paralel ölçümler

Kalıcı hafıza ve USB arayüzü ile veri transferi

İnsan Titreşimi ölçümleri ve diğer gelişmiş analiz seçenekleri

Hafif ve dayanıklı tasarım, kolay kullanım

Entegrasyon zamanı 24 saate kadar programlanabilir

Uzun pil ömrü ve taşınabilirlik [85].

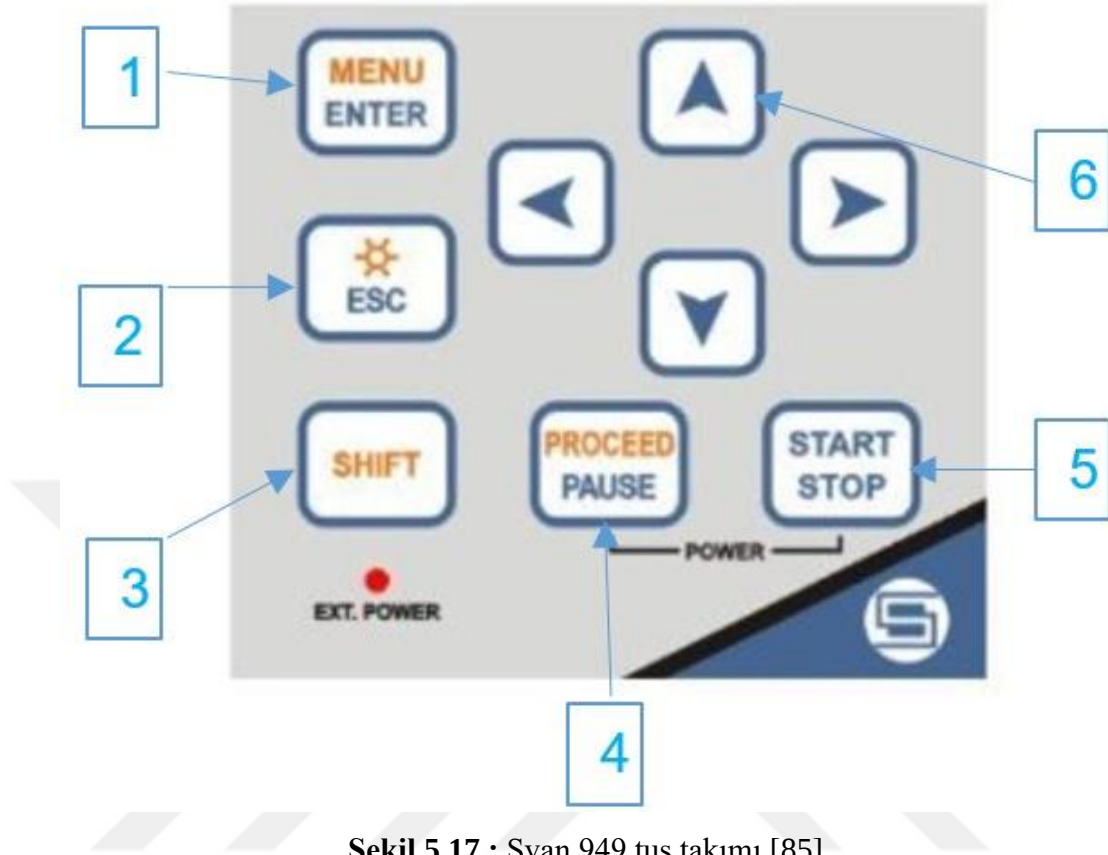


Şekil 5.15 : Svantek 949 Ses ve titreşim ölçüm cihazı [85].



Şekil 5.16 : Tek profilde ana sonuç, 3 profilde ana sonuçlar, 1/3 oktav spektrumu ölçümü [85].

Cihaz tuşlarının (Şekil 5.17) kullanımından bahsedecek ve tuşları numaralandıracak olursak;



Şekil 5.17 : Svan 949 tuş takımı [85].

1 Nolu Enter tuşu ile;seçilen işlem moduna girmek veya kontrol seçeneklerini onaylamak için kullanılır.

2 Nolu ESC tuşu ile;kontrol listelerini, alt listeleri veya pencereleri kapatır. Bu tuş, ENTER tuşunun tam tersi olarak hareket eder. Pencere kapatıldığında, ESC tuşuna basıldığında, yapılan herhangi bir değişiklik yoksayılır.

3 Nolu SHIFT tuşu ile; cihazının kontrol tuşlarının görünümü SHIFT bir tuşun ikinci işlevi (tuşta belirtilen renkle yazılmış) SHIFT tuşuna basıldığında kullanılabilir.

4 Nolu PROCEED, PAUSE tuşu ile; PAUSE tuşu, ölçüm sürecini geçici olarak duraklatmayı sağlar. Ardışık olarak PAUSEtuşuna basılması son bir saniyelik ölçüm sonucunu siler. Bu şekilde ölçümün son 15 saniyesi iptal edilebilir.

PROCEED tuşu,PAUSEtuşuna basılarak geçici olarak durdurulan ölçüm sürecini devam ettirmek için (SHIFT düğmesi ile birlikte basıldığında) kullanıcıya olanak sağlar.

5 nolu START, STOP tuşu ile; ölçüm sürecini başlatmak veya durdurmak için kullanılır. Cihaz ölçüm yapmadığında veya ölçüm yapıyorsa onu durdurmak için kullanılabilir. Bu tuşun modunu da ayarlamak mümkündür. Ölçümleri başlatmak veya durdurmak için tuşun SHIFTile aynı anda basılması gerekmektedir.

6 Nolu Yön tuşları ile; SHIFTile birlikte basılarak kullanıcıya ekranın ve klavyenin arka ışığını açıp kapatmasını sağlar. Yatay yönde etkin konumda olan seçenekleri seçmek (örneğin, filtre LIN, A veya C, Entegrasyon süresi), sonuçlarının sunum modlarında görüntülenecek ölçüm sonucunu seçmek (örneğin PEAK, MAX, MIN vb.), spectrum plot ve istatistikler modlarında imleci kontrol etmek, parametrelerin sayısal değerlerini değiştirmek, metin düzeni modlarında karakter eklemek veya silmek, gerçek zamanlı saat ve zamanlayıcı programlama yapılabilir.[85]

5.4.1 Ses düzeyi ölçümü

Cihaz fabrikasyon olarak ISO 9001 standartlarına göre kalibre edilmiş olarak ilk kullanıma başlamasının ardından TS- ISO 1996-2 standartlarına göre iki yılda bir kez kalibrasyonun yapılması gerekiyor. Çalışmada kullanılan cihazın özel bir akredite laboratuvar tarafından kalibrasyonu tamamlanmıştır.

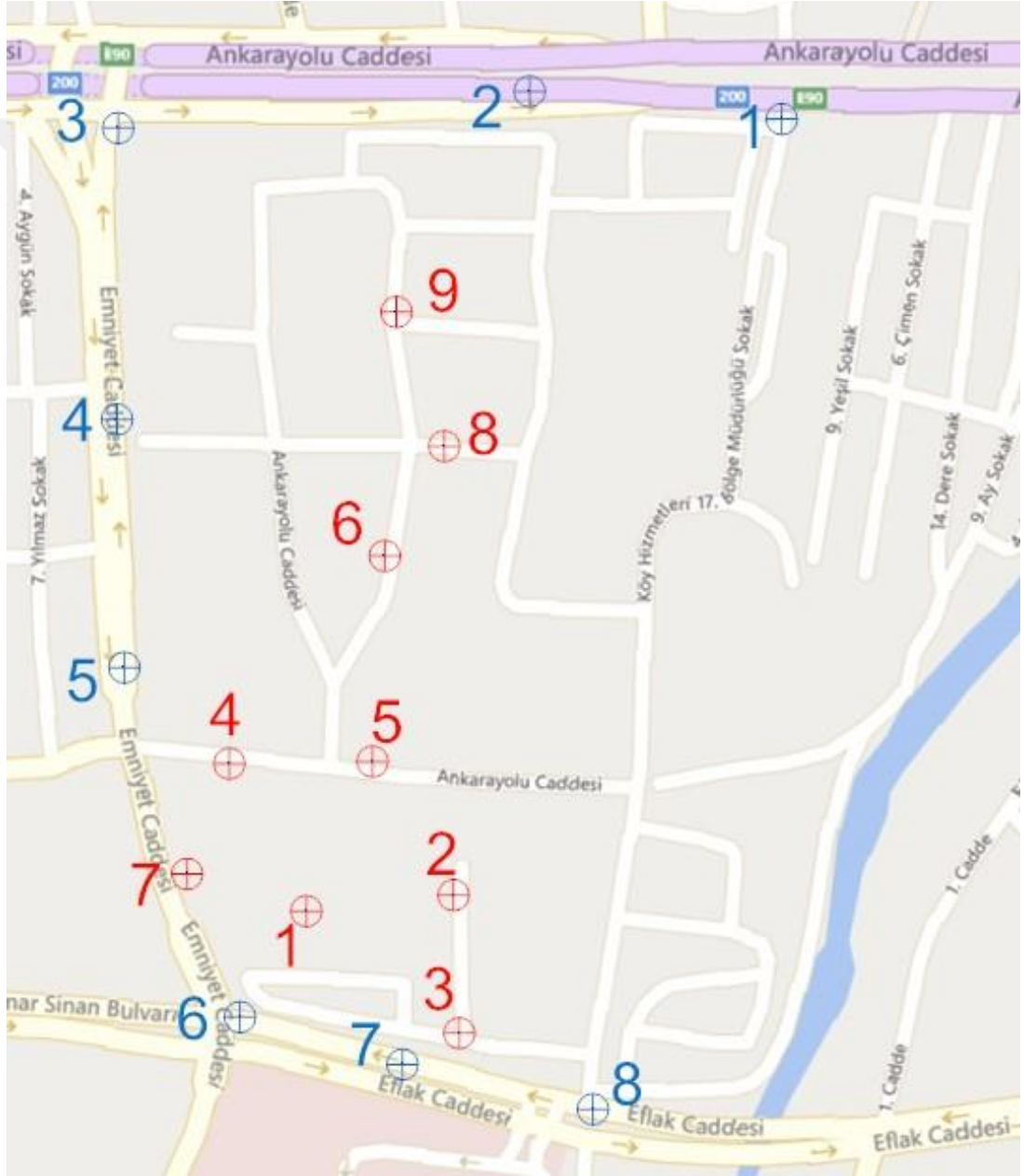
Cihaz yanında harici olarak kullanılan kalibrasyon cihazı (Şekil 5.18) ile ilk ölçüm yapılarak arazide belirlenilen noktalarda ölçümlere başlanıldı.



Şekil 5.18 : Kalibrasyon cihazı ve cihaz ölçümleri.

5.4.2 Ölçüm noktaları ve ölçülen değerler

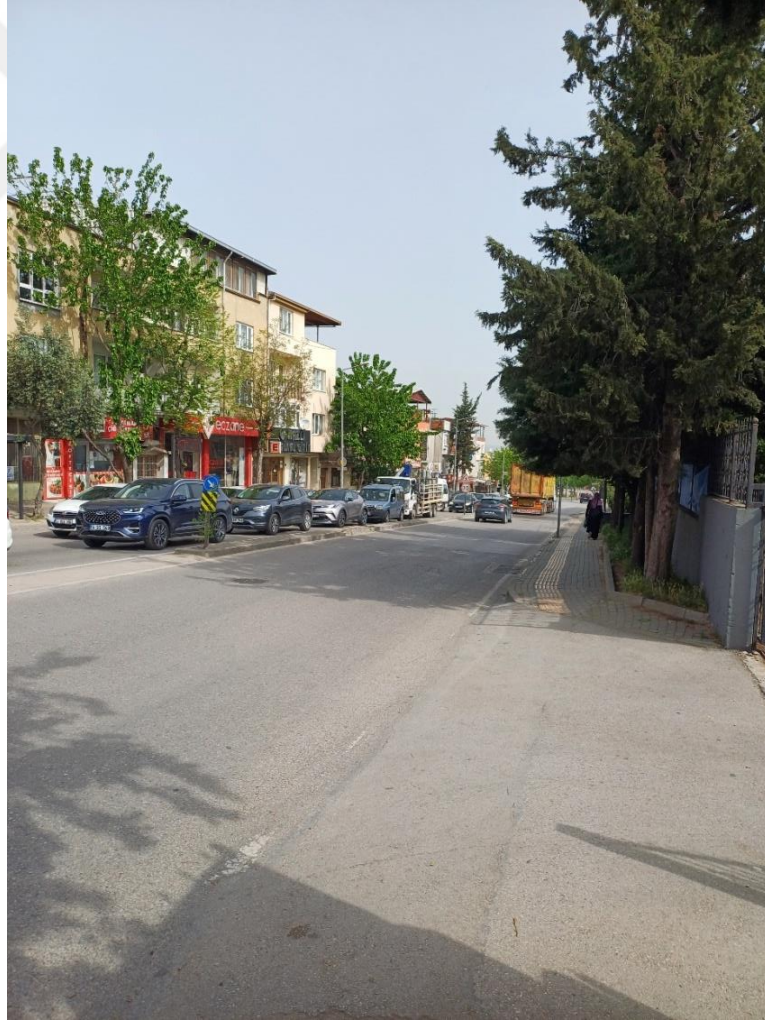
Ölçüm yapılan noktalar (Şekil 5.19)'de gösterilmektedir. Kampüs alanı dışında; Ankara yolu Caddesi, (Şekil 20), Eğitim Caddesi (Şekil 21) ve Eflak caddesi (Şekil 22)'de olmak üzere sekiz adet nokta, kampüs alanı içerisinde ise dokuz adet nokta belirlenerek hafta içerisinde yağışsız bir havada, rüzgarın 5 Km/ saatin altında olduğu hava şartlarında, sabah 08.00 ile akşam 19.00 arasında TS (ISO 1996 – 2) ile TS 9315 (ISO 1996 – 1) Standartlarına göre yapılmış olup, ölçümlerde 4. Bölümde özellikleri anlatılan Svantek 949 Ses Seviyesi Ölçüm cihazı kullanılmıştır.



Şekil 5.19 : Ölçüm noktaları.



Şekil 5.20 : Ankara yolu caddesi.



Şekil 5.21 : Eğitim caddesi.



Şekil 5.22 : Eflak caddesi.

Kampüs alanı dışındaki ölçüm noktalarının (Çizelge 5.3) özellikleri aşağıda özetlenmektedir;

Birinci nokta, Ankara yolu Caddesinin kampüse yaya girişinin olduğu kuzeydoğu tarafında Mimar Sinan Metro altgeçit girişi ve trafo binasının arasında karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yoktur.

İkinci nokta, Ankara yolu Caddesinin Yıldırım Nüfus Müdürlüğü'nün bulunduğu duvar ile Ankara yolu Caddesi arasında karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte üç tarafı açık, arkada yaklaşık 3 metre gerisinde tel örgülü ince bir duvar bulunmaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yoktur.

Üçüncü nokta, Ankara yolu Caddesinin eğitim caddesine dönüş kavşağında yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yaklaşık % 2'dir.

Dördüncü nokta, Eğitim caddesinde Kampüse araç ve yaya girişinin bulunduğu batı giriş kapısı önünde yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yaklaşık % 3'dür.



Şekil 5.23 : Kampüs içi ölçüm yapılan 4. nokta MERLAB önü.

Beşinci nokta, Eğitim caddesinde Kampüse ait gerektiğinde araç girişi için kullanılan kapalı durumdaki batı giriş kapısı önünde yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yaklaşık % 3'dür.

Altıncı nokta, Eğitim caddesinin Eflak caddesine dönen yol ile kampüs duvarı arasında dört yol kenarında yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yaklaşık % 4'dür.

Yedinci nokta, Eflak caddesi ile Kampüs güney ana giriş kapısı önünde yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte

dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yoktur.

Sekizinci nokta, Eflak caddesi ile Kampüsün Yıldırım Otobüs Park alanına dönüş yapılan kısımda yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yoktur.

Kampüs alanı içerisindeki ölçüm noktalarının (Çizelge 5.4) özellikleri aşağıda özetlenmektedir;

Birinci nokta, Kampüs içerisinde E blok ve A bloğu gören meydana yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yoktur.

İkinci nokta, Kampüs içerisinde kütüphaneye çıkan merdivenlerin ve A Blok ve B bloğu gören meydana yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yoktur.

Üçüncü nokta, Kampüs içerisinde kampüsün güneybatı kısmında otopark ile D blok ve C bloğa dönen yolun girişi önündeyer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yoktur.

Dördüncü nokta, (Şekil 5.23) Kampüs içerisinde kampüsün batı kısmında E blok arkasında MERLAB önünde yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yoktur.

Beşinci nokta, Kampüs içerisinde kampüsün orta kısmında A blok arkasında G blok önünde yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yoktur.

Altıncı nokta, Kampüs içerisinde kampüsün orta kısmında Cafe ile G blok arasında bulunan yolda yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride

yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yaklaşık % 2' dir.

Yedinci nokta, Kampüs içerisinde kampüsün batı kısmında E blok ile Eğitim caddesi arasında öğrencilerin dinlenmesi amacı ile yapılan çardakların bulunduğu bölgede yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yoktur.

Sekizinci nokta, Kampüs içerisinde kampüsün kuzey kısmında G blok kuzey girişi önünde bulunan yolda yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yoktur.

Dokuzuncu nokta, Kampüs içerisinde kampüsün kuzey kısmında kampüsün Nüfus Müdürlüğü Kuzey çıkışının bulunduğu yolda yer almaktadır. Noktanın bulunduğu yer karayolundan 2 metre içeride yerden 1.5 metre yükseklikte dört tarafı açık yansıtıcı yada yutucu özellik gösterebilecek etken bulunmamaktadır. Ölçüm yapılan noktadaki yolun eğimi yaklaşık % 1' dir.

Çizelge 5.3 : Kampüs alanı dışındaki noktalar ölçüm sonuçları.

ITRF 96 Koordinat			Meteorolojik Veriler						LAF	LAF	LAF	
(+/- 2 metre)												
Ölçüm						Rüzgar	zaman					Ölçüm
Noktası	Y	X	tarih	Nem(%)	Rüzgar yönü	Hızı(km/s)	aralığı	LAeq	90.0	max	min	Süresi
1	426079	4451138	18.03.2024	69	GD	3	sabah	83.2	80.8	87.4	63.8	09.22-09.27
				67	GD	3	öğlen	80.2	77.6	88.9	62.6	13.38-13.43
				61	GD	3	akşam	80.7	78.1	87.6	62.0	16.38-16.43
			19.03.2024	60	GD	3	sabah	84.4	81.8	88.8	63.3	09.20-09.25
				65	GD	3	öğlen	80	77.3	89.3	62.8	13.40-13.45
				53	GD	3	akşam	82.7	79.9	89.0	61.2	16.48-16.53
			20.03.2024	44	GD	3	sabah	83.5	80.9	88.0	62.5	09.12-09.17
				48	GD	4	öğlen	80.4	77.8	87.4	61.5	13.40-13.45
				51	GD	4	akşam	79.8	77.2	87.6	61.8	17.18-17.23
			21.03.2024	70	GD	4	sabah	85.7	83.1	87.6	61.8	09.02-09.07
				78	GD	4	öğlen	80.1	77.5	87.4	61.8	13.38-13.43
				77	GD	4	akşam	80.7	78.1	88.3	61.9	17.28-17.33
			22.03.2024	68	KD	3	sabah	83.3	80.9	87.3	63.3	09.12-09.17
				75	KD	3	öğlen	80.3	77.7	89.4	62.9	14.28-14.33
				71	KD	3	akşam	81.7	79.0	88.1	61.5	17.25-17.30
2	425934	4451154	18.03.2024	72	GD	3	sabah	85.1	82.7	87.8	63.4	09.37-09.42
				70	GD	3	öğlen	79.2	76.6	88.4	61.9	13.49-13.54

Çizelge 5.4 (devam) : Kampüs alanı dışındaki noktalar ölçüm sonuçları.

ITRF 96 Koordinat (+/- 2 metre)			Meteorolojik Veriler					LAF		LAF	LAF	
Ölçüm Noktası	Y	X	tarikh	Nem(%)	Rüzgar yönü	Rüzgar Hızı(km/s)	zaman aralığı	LAeq	90.0	max	min	Ölçüm Süresi
3	425698	4451133	19.03.2024	64	GD	3	akşam	83.3	80.7	87.4	61.1	16.54-16.59
				60	GD	3	sabah	82.9	80.5	87.2	63.4	09.35-09.40
				66	GD	3	öğlen	79.3	76.6	89.6	62.2	13.50-13.55
			20.03.2024	53	GD	3	akşam	82.2	79.5	89.0	61.7	17.08-17.13
				44	GD	3	sabah	84.7	82.1	88.6	62.2	09.25-09.30
				48	GD	4	öğlen	79.1	76.6	88.3	63.0	13.55-14.00
			21.03.2024	52	GD	4	akşam	81.9	79.3	88.6	62.1	17.33-17.38
				70	GD	4	sabah	84.7	81.9	89.1	61.6	09.18-09.23
				77	GD	4	öğlen	79	76.5	88.4	63.2	13.56-14.01
			22.03.2024	77	GD	4	akşam	82.7	80.2	88.0	63.1	17.48-17.53
				68	KD	3	sabah	82.1	79.5	87.3	61.6	09.29-09.34
				76	KD	3	öğlen	79.4	76.9	87.4	62.7	14.39-14.44
			18.03.2024	71	KD	3	akşam	81.3	78.8	87.6	62.7	17.39-17.44
				72	GD	3	sabah	78.9	76.4	87.8	63.0	09.50-09.55
				70	GD	3	öğlen	67	64.4	89.3	62.8	14.11-14.16
			19.03.2024	64	GD	3	akşam	76.5	73.9	88.0	62.4	17.11-17.16
				59	GD	3	sabah	79.7	77.1	89.4	63.6	09.45-09.50
				66	GD	3	öğlen	67.1	64.3	89.6	61.6	13.59-14.04
			20.03.2024	53	GD	3	akşam	76.1	73.4	89.9	62.8	17.24-17.29
				44	GD	3	sabah	79.1	76.6	87.9	62.6	09.37-09.42
				48	GD	4	öğlen	66.9	64.1	89.7	61.6	14.15-14.20
			21.03.2024	52	GD	4	akşam	76.7	74.3	87.5	63.8	17.48-17.53
				70	GD	4	sabah	79.9	77.4	87.2	62.6	09.30-09.35
				78	GD	4	öğlen	67	64.5	87.2	61.8	14.17-14.22
			22.03.2024	77	GD	4	akşam	77.1	74.7	87.5	63.4	17.58-18.03
				68	KD	3	sabah	78.6	75.8	89.8	62.0	09.45-09.50
				76	KD	3	öğlen	67.1	64.3	89.2	61.1	14.58-15.03
			18.03.2024	71	KD	3	akşam	75.7	73.1	87.4	61.8	17.57-18.02
				72	GD	3	sabah	67.9	65.3	88.4	62.4	10.02-10.07
				71	GD	3	öğlen	64.1	61.4	89.4	62.3	14.21-14.26
			19.03.2024	64	GD	3	akşam	65.7	63.3	87.5	63.1	17.23-17.28
				60	GD	3	sabah	65.7	63.1	88.6	62.7	09.52-09.57
				66	GD	3	öğlen	64.4	61.7	89.2	62.2	14.12-14.17
			20.03.2024	52	GD	3	akşam	62.6	60.0	88.9	62.6	17.34-17.39
				44	GD	3	sabah	66.7	64.0	89.3	62.6	09.46-09.51
				48	GD	4	öğlen	63.8	61.3	89.0	63.6	14.26-14.31
21.03.2024	52	GD	4	akşam	65.2	62.6	87.2	61.5	17.59-18.04			
	70	GD	4	sabah	65.2	62.6	87.7	62.0	09.42-09.47			
	78	GD	4	öğlen	64.2	61.4	89.0	61.4	14.29-14.34			
22.03.2024	77	GD	4	akşam	64.1	61.6	87.7	62.7	18.13-18.18			
	68	KD	3	sabah	67.2	64.8	87.0	63.0	09.58-10.03			
	76	KD	3	öğlen	64	61.4	87.3	61.1	15.11-15.16			
18.03.2024	71	KD	3	akşam	65.3	62.5	89.9	62.2	18.12-18.17			
	72	GD	3	sabah	56.5	53.8	79.6	53.0	10.12-10.17			
	70	GD	3	öğlen	57.7	55.1	78.4	52.1	14.31-14.36			
19.03.2024	64	GD	3	akşam	54.8	52.2	77.8	51.5	17.36-17.41			
	60	GD	3	sabah	56	53.5	77.1	52.2	10.05-10.10			
	66	GD	3	öğlen	57.5	54.8	78.8	51.9	14.22-14.27			
20.03.2024	53	GD	3	akşam	54.1	51.6	77.2	51.7	17.47-17.52			
	44	GD	3	sabah	57.6	55.0	78.3	52.4	09.58-10.03			
	48	GD	4	öğlen	57.9	55.2	79.9	52.7	14.39-14.44			
21.03.2024	52	GD	4	akşam	55.5	52.8	78.5	51.7	18.11-18.15			
	70	GD	4	sabah	56.4	53.8	77.9	51.7	09.54-09.59			
	78	GD	4	öğlen	57.8	55.1	78.9	51.6	14.39-14.44			
22.03.2024	77	GD	4	akşam	54.2	51.6	78.5	52.6	18.26-18.31			
	68	KD	3	sabah	57.2	54.5	79.2	51.9	10.11-10.16			
	76	KD	3	öğlen	57.6	55.1	77.9	52.4	15.23-15.28			
18.03.2024	71	KD	3	akşam	55.4	52.6	79.0	51.3	18.27-18.32			
	72	GD	3	sabah	73.6	71.0	77.5	51.5	10.24-10.29			
	70	GD	3	öğlen	76	73.3	78.5	51.8	14.43-14.48			
19.03.2024	64	GD	3	akşam	70.7	67.9	79.3	51.2	17.49-17.54			
	60	GD	3	sabah	73.1	70.3	79.5	51.7	10.17-10.22			
	66	GD	3	öğlen	75.9	73.4	77.0	51.8	14.38-14.43			
20.03.2024	53	GD	3	akşam	70.1	67.4	79.9	52.9	17.59-18.04			
	44	GD	3	sabah	74.7	71.9	79.6	51.4	10.09-10.14			

Çizelge 5.5 (devam) : Kampüs alanı dışındaki noktalar ölçüm sonuçları.

ITRF 96 Koordinat (+/- 2 metre)			Meteorolojik Veriler					LAF			LAF		LAF	
Ölçüm Noktası	Y	X	tarih	Nem(%)	Rüzgar yönü	Rüzgar Hızı(km/s)	zaman aralığı	LAeq	90.0	max	min	Ölçüm Süresi		
7	425861	4450596	21.03.2024	48	GD	4	öğlen	76.1	73.5	78.7	52.2	14.49-14.54		
				52	GD	4	akşam	71.3	68.6	78.1	51.2	18.21-18.26		
				70	GD	4	sabah	73.5	71.0	77.1	51.7	10.11-10.16		
				78	GD	4	öğlen	75.8	73.2	78.1	52.2	14.51-14.56		
			22.03.2024	77	GD	4	akşam	70.5	67.7	79.8	51.7	18.39-18.44		
				68	KD	3	sabah	74.3	71.9	77.1	53.0	10.24-10.29		
				76	KD	3	öğlen	76.2	73.5	79.5	52.8	15.37-15.42		
				71	KD	3	akşam	70.9	68.4	77.5	52.8	18.42-18.47		
			18.03.2024	72	GD	3	sabah	73.7	71.1	78.8	53.0	10.32-10.37		
				70	GD	3	öğlen	71.4	68.7	78.0	51.3	14.51-14.56		
				64	GD	3	akşam	70.4	67.8	78.5	52.6	17.59-18.04		
				60	GD	3	sabah	72.1	69.3	79.2	51.2	10.20-10.25		
			19.03.2024	66	GD	3	öğlen	71.2	68.7	77.6	52.9	14.47-14.52		
				53	GD	3	akşam	69	66.4	77.5	51.5	18.03-18.08		
				20.03.2024	44	GD	3	sabah	73.3	70.6	78.3	51.8	10.19-10.24	
					48	GD	4	öğlen	71.6	69.0	78.8	52.5	14.59-15.04	
			21.03.2024		52	GD	4	akşam	70	67.5	77.8	52.8	18.29-18.34	
					69	GD	4	sabah	72.5	69.7	79.4	51.9	10.19-10.24	
				78	GD	4	öğlen	71.3	68.6	78.0	51.3	14.59-15.04		
				77	GD	4	akşam	70.1	67.6	77.8	52.8	18.48-18.52		
			22.03.2024	67	KD	3	sabah	72.9	70.3	78.0	51.7	10.33-10.38		
				76	KD	3	öğlen	71.5	68.7	79.8	52.0	15.46-15.51		
				71	KD	3	akşam	68.9	66.2	79.3	52.3	18.49-18.54		
				18.03.2024	72	GD	3	sabah	72.2	69.4	79.9	51.7	10.40-10.45	
70	GD	3	öğlen		70.5	67.9	77.8	51.5	14.59-15.04					
64	GD	3	akşam		69	66.4	78.6	52.8	18.11-18.16					
19.03.2024	60	GD	3		sabah	72.9	70.2	78.4	51.8	10.28-10.33				
	66	GD	3	öğlen	70.1	67.5	79.0	52.6	14.56-15.01					
	20.03.2024	53	GD	3	akşam	68.1	65.5	78.5	52.4	18.13-18.18				
		44	GD	3	sabah	71.3	68.6	78.9	51.9	10.29-10.34				
48		GD	4	öğlen	70.9	68.3	77.4	51.6	15.09-15.14					
21.03.2024		52	GD	4	akşam	69.6	66.9	79.4	51.9	18.39-18.44				
	70	GD	4	sabah	72.4	69.7	78.4	51.2	10.27-10.32					
	78	GD	4	öğlen	70.4	67.8	77.1	51.0	15.07-15.12					
	77	GD	4	akşam	68.5	65.8	79.8	52.5	18.56-19.01					
22.03.2024	67	KD	3	sabah	71.8	69.3	77.4	52.2	10.42-10.47					
	74	KD	3	öğlen	70.6	67.8	79.9	51.6	15.56-16.01					
	69	KD	3	akşam	69.3	66.6	78.4	51.1	18.59-19.04					

Çizelge 5.6 : Kampüs alanı içerisindeki noktalar ölçüm sonuçları.

ITRF 96 Koordinat (+/- 2 metre)			Meteorolojik Veriler					LAF	LAF	LAF		
Ölçüm Noktası	Y	X	tarih	Nem(%)	Rüzgar yönü	Rüzgar Hızı(km/s)	zaman aralığı	LAeq	90.0	max	min	Ölçüm Süresi
1	425806	4450684	18.03.2024	72	GD	3	sabah	62.1	60.7	69.6	55.1	07.54-07.59
				70	GD	3	öğlen	57.8	55.1	81.5	54.4	12.01-12.06
				64	GD	3	akşam	59.3	56.9	80.3	55.9	15.29-15.34
			19.03.2024	60	GD	3	sabah	62.1	61.0	64.6	53.5	07.50-07.55
				66	GD	3	öğlen	57.6	56.4	67.1	55.2	12.00-12.05
				53	GD	3	akşam	58.2	56.5	70.3	53.8	15.19-15.24
			20.03.2024	44	GD	3	sabah	61.4	60.2	67.8	55.6	07.55-08.00
				48	GD	4	öğlen	58	57.1	64.3	55.4	12.02-12.07
				52	GD	4	akşam	60.3	58.1	75.9	53.7	15.32-15.37
			21.03.2024	70	GD	4	sabah	62.1	59.6	80.4	55.8	07.56-08.01
				78	GD	4	öğlen	57.7	55.6	73.8	53.2	12.02-12.07
				77	GD	4	akşam	58.6	55.9	81.1	54.1	15.28-15.33
			22.03.2024	68	KD	3	sabah	61.9	60.0	73.5	55.0	07.51-07.56
				76	KD	3	öğlen	57.9	57.0	64.0	55.0	12.02-12.07

Çizelge 5.7 (devam): Kampüs alanı içerisindeki noktalar ölçüm sonuçları.

ITRF 96 Koordinat (+/- 2 metre)			Meteorolojik Veriler					LAF			LAF		LAF		
Ölçüm Noktası	Y	X	tarih	Nem(%)	Rüzgar yönü	Rüzgar Hızı(km/s)	zaman aralığı	LAeq	90.0	max	min	Ölçüm Süresi			
2	425890	4450693	18.03.2024	71	KD	3	akşam	59.2	56.5	82.4	55.5	15.18-15.23			
				73	GD	3	sabah	60.7	57.8	83.8	54.8	08.03-08.08			
				70	GD	3	öğlen	57.7	55.6	75.6	54.8	12.09-12.14			
			19.03.2024	64	GD	3	akşam	57.9	55.4	80.0	54.6	15.39-15.44			
				60	GD	3	sabah	59.6	58.3	66.9	53.9	07.59-08.04			
				66	GD	3	öğlen	57.5	56.0	69.7	54.4	12.09-12.14			
			20.03.2024	53	GD	3	akşam	57.1	55.0	76.0	54.8	15.29-15.34			
				44	GD	3	sabah	58.7	56.5	75.3	53.2	08.06-08.11			
				48	GD	4	öğlen	57.9	56.4	69.2	54.2	12.12-12.17			
			21.03.2024	52	GD	4	akşam	58	56.2	73.8	55.9	15.43-15.48			
				70	GD	4	sabah	60.1	58.3	71.9	54.1	08.06-08.10			
				78	GD	4	öğlen	57.6	56.1	69.0	53.9	12.12-12.17			
			22.03.2024	77	GD	4	akşam	57	55.7	67.3	53.9	15.38-15.43			
				68	KD	3	sabah	60.3	58.4	72.6	53.4	08.03-08.08			
				76	KD	3	öğlen	58.1	55.9	76.1	54.1	12.13-12.18			
			3	425894	4450614	18.03.2024	71	KD	3	akşam	56	54.8	68.4	56.0	15.28-15.33
							72	GD	3	sabah	68.7	66.9	72.9	55.2	08.11-08.16
							70	GD	3	öğlen	58.1	56.0	76.4	55.5	12.19-12.24
19.03.2024	64	GD				3	akşam	65.5	63.0	78.3	53.6	15.49-15.54			
	60	GD				3	sabah	64.4	63.3	66.0	54.9	08.09-08.14			
	66	GD				3	öğlen	58.3	55.8	81.0	55.9	12.19-12.24			
20.03.2024	53	GD				3	akşam	61.8	60.5	68.8	55.5	15.39-15.44			
	44	GD				3	sabah	64.9	62.5	79.1	55.0	08.17-08.22			
	48	GD				4	öğlen	57.8	56.2	70.4	54.4	12.23-12.28			
21.03.2024	52	GD				4	akşam	61.5	60.6	64.5	55.6	15.54-15.59			
	70	GD				4	sabah	64.7	63.5	65.8	54.0	08.16-08.21			
	78	GD				4	öğlen	58	56.7	67.4	54.0	12.22-12.27			
22.03.2024	77	GD				4	akşam	61.8	60.8	64.1	54.5	15.49-15.54			
	68	KD				3	sabah	64.5	62.0	78.0	53.2	08.09-08.14			
	76	KD				3	öğlen	58.2	55.4	83.2	55.1	12.24-12.29			
4	425762	4450768				18.03.2024	71	KD	3	akşam	61.9	59.4	80.1	55.5	15.39-15.44
							71	GD	3	sabah	59.9	58.3	67.0	51.1	08.19-08.24
							69	GD	3	öğlen	53.7	51.8	72.2	52.9	12.29-12.34
			19.03.2024	64	GD	3	akşam	58.6	57.4	64.2	52.5	15.59-16.04			
				60	GD	3	sabah	59.9	58.8	63.0	51.9	08.19-08.24			
				65	GD	3	öğlen	53.8	52.5	65.0	52.0	12.29-12.34			
			20.03.2024	53	GD	3	akşam	58.7	55.5	82.6	51.0	15.50-15.55			
				44	GD	3	sabah	59.8	56.5	85.6	52.8	08.27-08.32			
				47	GD	4	öğlen	53.6	51.9	70.0	52.7	12.33-12.38			
			21.03.2024	52	GD	4	akşam	57.8	54.7	83.1	51.7	16.05-16.10			
				70	GD	4	sabah	59.7	58.0	69.0	52.1	08.26-08.31			
				77	GD	4	öğlen	54.1	50.5	88.3	52.4	12.32-12.37			
			22.03.2024	77	GD	4	akşam	58.8	55.6	85.0	52.9	15.59-16.04			
				68	KD	3	sabah	60.7	57.3	85.8	51.3	08.19-08.24			
				76	KD	3	öğlen	53.3	51.8	67.6	52.9	12.34-12.39			
			5	425844	4450769	18.03.2024	71	KD	3	akşam	58.9	56.0	80.0	51.2	15.51-15.56
							72	GD	3	sabah	60.6	57.9	78.7	51.6	08.29-08.34
							70	GD	3	öğlen	52.8	49.7	82.6	52.0	12.39-12.44
19.03.2024	63	GD				3	akşam	59.6	57.5	73.9	52.6	16.09-16.14			
	60	GD				3	sabah	61.4	58.5	80.7	51.7	08.29-08.34			
	66	GD				3	öğlen	53	51.7	65.4	52.1	12.39-12.44			
20.03.2024	53	GD				3	akşam	59.3	56.2	82.2	51.2	15.59-16.04			
	44	GD				3	sabah	60.2	58.0	74.2	52.2	08.37-08.42			

Çizelge 5.8 (devam) : Kampüs alanı içerisindeki noktalar ölçüm sonuçları.

ITRF 96 Koordinat (+/- 2 metre)			Meteorolojik Veriler					LAF				Ölçüm Süresi
Ölçüm Noktası	Y	X	tarih	Nem(%)	Rüzgar yönü	Rüzgar Hızı(km/s)	zaman aralığı	LAEq	90.0	max	min	
6	425851	4450887	18.03.2024	47	GD	4	öğlen	52.6	51.3	64.9	52.1	12.44-12.49
				52	GD	4	akşam	59.9	56.9	82.4	52.3	16.15-16.20
				70	GD	4	sabah	60.5	58.3	73.5	51.4	08.36-08.41
				78	GD	4	öğlen	52.7	50.5	73.4	51.8	12.42-12.47
				77	GD	4	akşam	59.6	56.8	80.9	52.8	16.10-16.15
				68	KD	3	sabah	59.9	58.2	69.7	52.7	08.29-08.34
				76	KD	3	öğlen	52.9	50.4	76.5	51.3	12.44-12.49
				71	KD	3	akşam	59.7	56.5	83.2	51.2	16.02-16.07
				72	GD	3	sabah	61.4	59.2	73.5	51.6	08.39-08.44
				70	GD	3	öğlen	57.8	56.0	70.7	52.7	12.49-12.54
				63	GD	3	akşam	59.9	58.1	70.6	52.9	16.19-16.24
				60	GD	3	sabah	61.2	58.8	76.1	52.1	08.42-08.47
				66	GD	3	öğlen	57.6	55.7	70.4	51.5	12.49-12.54
				53	GD	3	akşam	60.8	59.2	67.5	51.9	16.09-16.14
				44	GD	3	sabah	61.7	58.5	85.3	53.0	08.47-08.52
				48	GD	4	öğlen	58	55.6	75.5	51.7	12.54-12.59
				52	GD	4	akşam	59.5	58.4	63.2	51.9	16.25-16.30
				70	GD	4	sabah	61.5	60.4	63.6	52.2	08.46-08.46
				78	GD	4	öğlen	57.5	54.5	81.6	51.7	12.53-12.58
				76	GD	4	akşam	60.5	56.9	87.6	51.3	16.21-16.26
				68	KD	3	sabah	61.6	60.4	63.7	51.3	08.41-08.46
				76	KD	3	öğlen	58.1	55.9	73.2	51.5	12.57-13.02
				71	KD	3	akşam	60	57.9	72.6	51.9	16.15-16.20
7	425738	4450705	18.03.2024	70	GD	3	sabah	60.4	58.8	69.4	53.1	08.46-08.51
				67	GD	3	öğlen	64	62.3	70.1	52.8	12.56-13.01
				61	GD	3	akşam	57.9	56.4	68.3	53.7	16.27-16.32
				60	GD	3	sabah	60.1	57.6	78.8	53.5	08.29-08.34
				66	GD	3	öğlen	63	61.1	72.6	53.9	12.39-12.44
				52	GD	3	akşam	57.8	55.9	70.1	51.4	15.59-16.04
				44	GD	3	sabah	60.7	58.2	76.1	51.2	08.34-08.39
				48	GD	4	öğlen	65.1	63.1	71.5	51.9	12.43-12.48
				52	GD	4	akşam	58	55.8	73.5	51.8	16.14-16.19
				70	GD	4	sabah	60.2	57.9	75.6	52.6	08.36-08.41
				78	GD	4	öğlen	64.5	62.0	78.0	53.3	12.41-12.46
				77	GD	4	akşam	57.5	55.0	77.4	52.0	16.09-16.14
				68	KD	3	sabah	60.6	58.1	78.1	53.5	08.28-08.33
				76	KD	3	öğlen	63.6	61.2	75.2	51.2	12.43-12.48
				71	KD	3	akşam	58.3	56.0	75.4	52.2	15.59-16.04
8	425885	4450950	18.03.2024	72	GD	3	sabah	62.2	60.1	73.3	52.0	08.54-08.59
				70	GD	3	öğlen	56.5	54.6	70.6	51.3	13.05-13.10
				64	GD	3	akşam	60.9	59.5	67.1	53.0	16.37-16.42
				60	GD	3	sabah	62	59.9	74.0	53.1	08.39-08.44
				66	GD	3	öğlen	56.4	54.7	68.9	51.6	12.49-12.54
				53	GD	3	akşam	61	58.8	74.2	52.4	16.09-16.14
				44	GD	3	sabah	62.4	61.0	66.4	52.1	08.44-08.49
				48	GD	4	öğlen	56.6	54.9	71.3	54.0	12.53-12.58
				52	GD	4	akşam	60.8	58.7	71.8	51.2	16.24-16.29
				70	GD	4	sabah	62.8	61.2	68.6	52.2	08.46-08.51
				78	GD	4	öğlen	56.7	55.1	67.8	51.8	12.51-12.56
				77	GD	4	akşam	61.1	59.5	67.3	51.2	16.19-16.24
				68	KD	3	sabah	61.6	59.3	74.5	52.0	08.38-08.43
				76	KD	3	öğlen	56.3	54.8	68.4	53.8	12.53-12.58
				71	KD	3	akşam	60.7	59.0	69.9	52.8	16.09-16.14

Çizelge 5.9 (devam) : Kampüs alanı içerisindeki noktalar ölçüm sonuçları.

ITRF 96 Koordinat (+/- 2 metre)			Meteorolojik Veriler					LAF LAF LAF				Ölçüm Süresi
Ölçüm Noktası	Y	X	tarih	Nem(%)	Rüzgar yönü	Rüzgar Hızı(km/s)	zaman aralığı	LAeq	90.0	max	min	
9	425858	4451027	18.03.2024	72	GD	3	sabah	58.6	57.1	66.3	51.5	09.03-09.08
				70	GD	3	öğlen	53.8	51.4	76.6	52.6	13.14-13.19
				64	GD	3	akşam	56.9	55.4	66.4	51.5	16.46-16.51
			19.03.2024	60	GD	3	sabah	58.2	56.2	72.2	52.3	08.49-08.54
				66	GD	3	öğlen	53.9	51.3	77.4	51.3	12.58-13.03
				53	GD	3	akşam	56.5	54.6	72.5	53.4	16.18-16.23
			20.03.2024	44	GD	3	sabah	59	57.1	70.9	52.3	08.54-08.59
				48	GD	4	öğlen	53.7	51.4	76.0	52.9	13.03-13.08
				52	GD	4	akşam	57.3	55.3	72.4	52.4	16.34-16.39
			21.03.2024	70	GD	4	sabah	58	56.5	68.3	53.7	08.56-09.01
				78	GD	4	öğlen	53.5	52.1	67.0	52.8	12.59-13.04
				76	GD	4	akşam	57	55.1	71.0	51.6	16.29-16.34
			22.03.2024	68	KD	3	sabah	59.4	57.7	68.6	51.9	08.48-08.53
				76	KD	3	öğlen	54.1	51.7	76.0	52.3	13.03-13.08
				70	KD	3	akşam	56.8	55.0	71.1	53.4	16.19-16.24

6. GÜRÜLTÜ HARİTALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1 Ölçüm Noktalarının Analizi

Ölçüm sonuçlarının değerlendirmesinde SoundPLAN programı ile hazırlanan Izgaralı Gündüz seviyesini gösteren gürültü haritası ile arazide ölçümü yapılan ses basınç düzeylerine göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Arazi ölçümlerinde tripot kullanılmamış ölçümler yerden yaklaşık 1.5 metre yükseklikte yapılmış ve SoundPlan programında yapılan gürültü haritalarında standart rapor değeri 4 metre olması gerekmesine rağmen ölçüm ve harita birliği olabilmesi için zeminden yükseklik 1.5 metre olarak alınmış ve hesap bu şekilde yapılmıştır. SoundPlan programında gündüz saati dilimi 07.00-19.00 arasında kalmaktadır. Arazi ölçümü saatleride buna uygun olarak düzenlemiş ve dBA olarak yapılan ölçümler SoundPlan verileri ile karşılaştırılmıştır. (Çizelge 6.1)

Çizelge 6.1 : Ölçüm sonuç ve soundplan gündüz ızgaralı gürültü haritası karşılaştırma çizelgesi.

Kampüs alanı dışındaki ölçüm noktaları		
ÖLÇÜM NOKTALARI	ÖLÇÜM SONUCU, dBA	SoundPLAN Lgündüz Haritası Sonuçları, dBA
1	82	74<=<76
2	82	76<=
3	74	76<=
4	65	76<=
5	57	76<=
6	74	76<=
7	71	76<=
8	71	76<=
Kampüs alanı içindeki ölçüm noktaları		
ÖLÇÜM NOKTALARI	ÖLÇÜM SONUCU, dBA	SoundPLAN Lgündüz Haritası Sonuçları, dBA
1	59	66<=<68
2	58	62<=<64
3	62	72<=<74
4	57	64<=<66
5	58	54<=<56
6	60	56<=<58
7	61	74<=<76
8	60	56<=<58
9	56	58<=<60

6.2 Kampüs Alanı Dışındaki Noktalar

Kampüs dışında Ankara yolu caddesinde bulunan 1 ve 2 nolu noktaların SoundPLAN’da hesaplanan ses seviyelerinin arazi ölçüm değerlerinden 5-6 dbA kadar düşük çıktığı belirlenmiştir. Belirlenen düşüklüğün sebebi olarak SoundPLAN hesaplamalarında Ankara yolunda bulunan ve tren geçiş anında 10-12 dbA’ya kadar Gürültü seviyesinin artmasına neden olan Hafif Raylı Sistem Metro hattının hesaplamalara dahil edilmemesi olarak açıklanabilmektedir.

Kampüs dışında Ankara yolu Caddesi ve Eğitim caddesi Kavşağında kalan 3 nolu nokta ölçümü ile SoundPlan hesaplama verisi örtüşmektedir.

Kampüs dışında Eğitim caddesinde bulunan 4 ve 5 nolu noktanın Ölçüm değerleri SoundPLAN hesaplama değerlerinden 10 dBA kadar düşük çıkmakta bunun nedeni olarak ölçüm yapılan noktalara trafik ışıklarının yakın olması ve kırmızı ışıkta araçların yavaşlaması ve durması olarak açıklanabilir.

Kampüs dışında Eğitim caddesi ve Eflak caddesi Kavşağında kalan 6 nolu noktanın Ölçüm değeri ile SoundPLAN hesaplama verisi örtüşmektedir.

Kampüs dışında Eflak caddesinde bulunan 7 ve 8 nolu noktanın Ölçüm değerleri SoundPLAN hesaplama değerlerinden 5 dBA kadar düşük çıkmakta bunun nedeni olarak ölçüm yapılan noktalara trafik ışıklarının yakın olması ve kırmızı ışıkta araçların durması olarak açıklanabilir. Kampüs alanı dışındaki ölçüm yapılan 4 ve 5 nolu noktalar hariç tüm noktalar Çevresel Gürültü Kontrol yönetmeliğinde belirtilen Gündüz Gürültü düzeyi sınır değeri olan 65 dbA’nın üstünde çıkmaktadır.

6.3 Kampüs Alanı İçindeki Noktalar

Kampüs alanı içerisinde bulunan ve Eğitim binası, idari bina ve kütüphane gibi yapıların tümü gürültü açısından hassas konumdaki yapılardır. SoundPLAN programında 1,2,3 ve 4 nolu noktalarda hesaplanan değerlerin arazide yapılan ölçüm sonuçlarının 5-6 dbA kadar üstünde olduğu bunun nedenininde kampüs dışında yollarda ölçüm değerlerinin düşük çıkmasına neden olan trafik ışıklarının bulunması ve trafiğin durması olarak açıklanabilmektedir.

Kampüs içinde bulunan 5,6,8 ve 9 nolu noktanın Ölçüm değeri ile SoundPLAN hesaplama verisi örtüşmektedir.

Kampüs alanı içerisinde bulunan 7 nolu noktanın Ölçüm değeri SoundPLAN hesaplama verisinden 10-12dBA kadar düşük çıkmakta bunun nedeni olarak kampüs dışında bulunan 5 nolu noktanında ölçüm değerinin düşük çıkmasına neden olan trafik ışıklarının yakın olması ve kırmızı ışıktaki araçların yavaşlaması ve durması olarak açıklanabilir.

Kampüs içerisinde ölçüm yapılan tüm noktalar Çevresel Gürültü Kontrol yönetmeliğinde belirtilen Gündüz Gürültü düzeyi sınır değeri olan 65 dbA'nın altında çıkmakta ve aşım olmamaktadır.

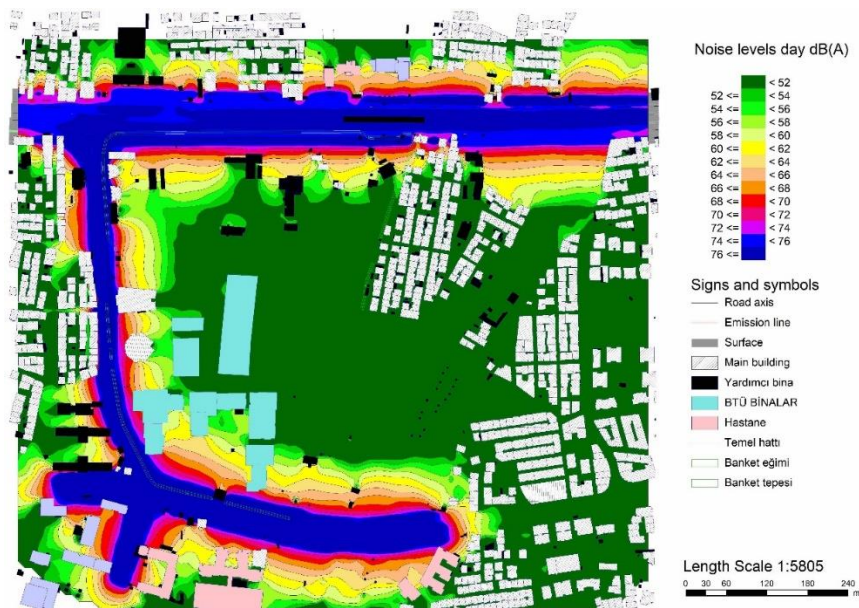


7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kampüs içerisindeki gürültü ölçüm değerlerinin Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliğinde belirtilen 65dBA Gürültü düzeyi sınırını aşmadığı görülmekle birlikte ölçülen değerlerin sınır değerlere yakın olması ve kampüs içerisinde daha sessiz ve konforlu alanlar oluşturabilmek amacı ile mevcut duruma göre SoundPLAN’da oluşturulan haritada farklı senaryolarda kabüller yapılarak haritalar hazırlandı.

7.1 Kampüs Çevresinde Bariyer Uygulaması Yapılması Durumunda

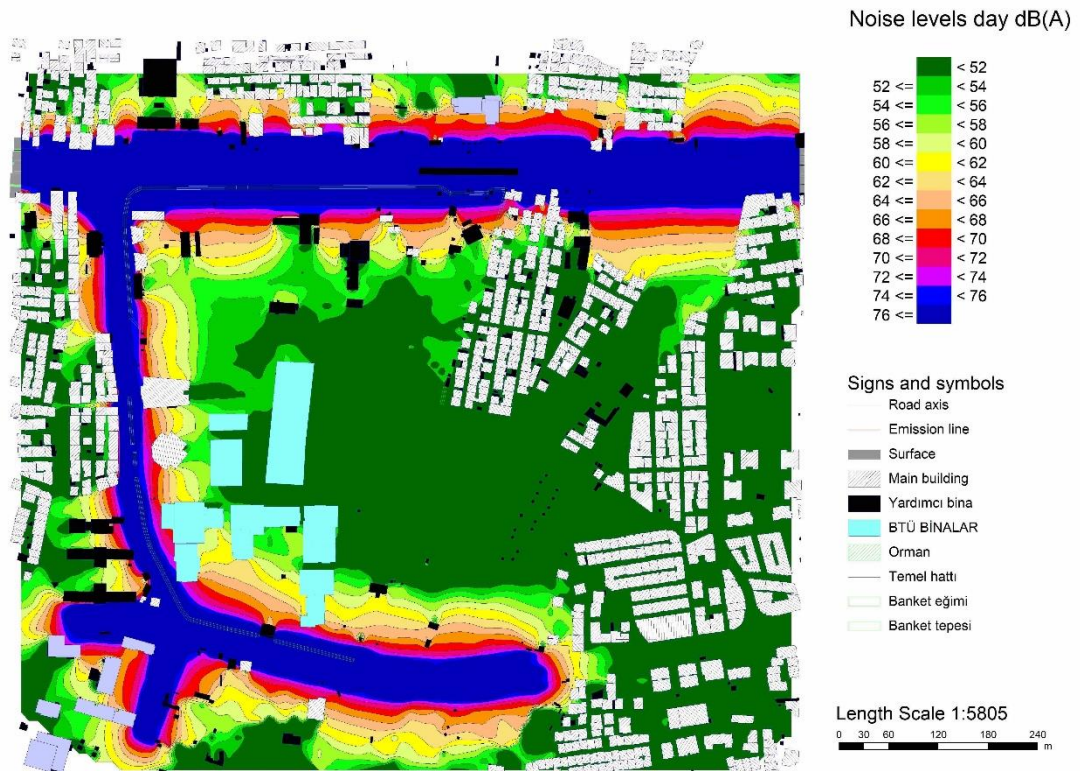
Ankara Yolu Caddesi ,Eğitim Caddesi ve Eflak caddesi kenarında Kampüs Sınırlarında bulunan duvarların 1190 metre uzunluğunda 4 metre yükseklikte 3-4mm kalınlığında Lamine cam gürültü bariyeri ile çevrilip SoundPLAN da hesaplama yapıldığında (Şekil 7.1)’de gösterilen harita elde edilmiştir. Haritada yapılan bariyer uygulaması sonucunda , kampüs alanı içerisindeki Gürültü seviyesinin 58-60 dBA’dan 52dBA seviyesinin altına düştüğü görülmüştür. Bariyer uygulamasının dezavantajı Eğitim caddesi ve Eflak Caddesinde kampüsün bulunduğu yolun karşısında bulunan konut ve ticari alanlardaki gürültü seviyesini 2-3 dBA arttırmaktadır.



Şekil 7.1 : Bursa Teknik Üniversitesi Lgündüz gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası bariyer konması durumunda.

7.2 Kampüs Çevresinde Ağaç Dikim Uygulaması Yapılması Durumunda

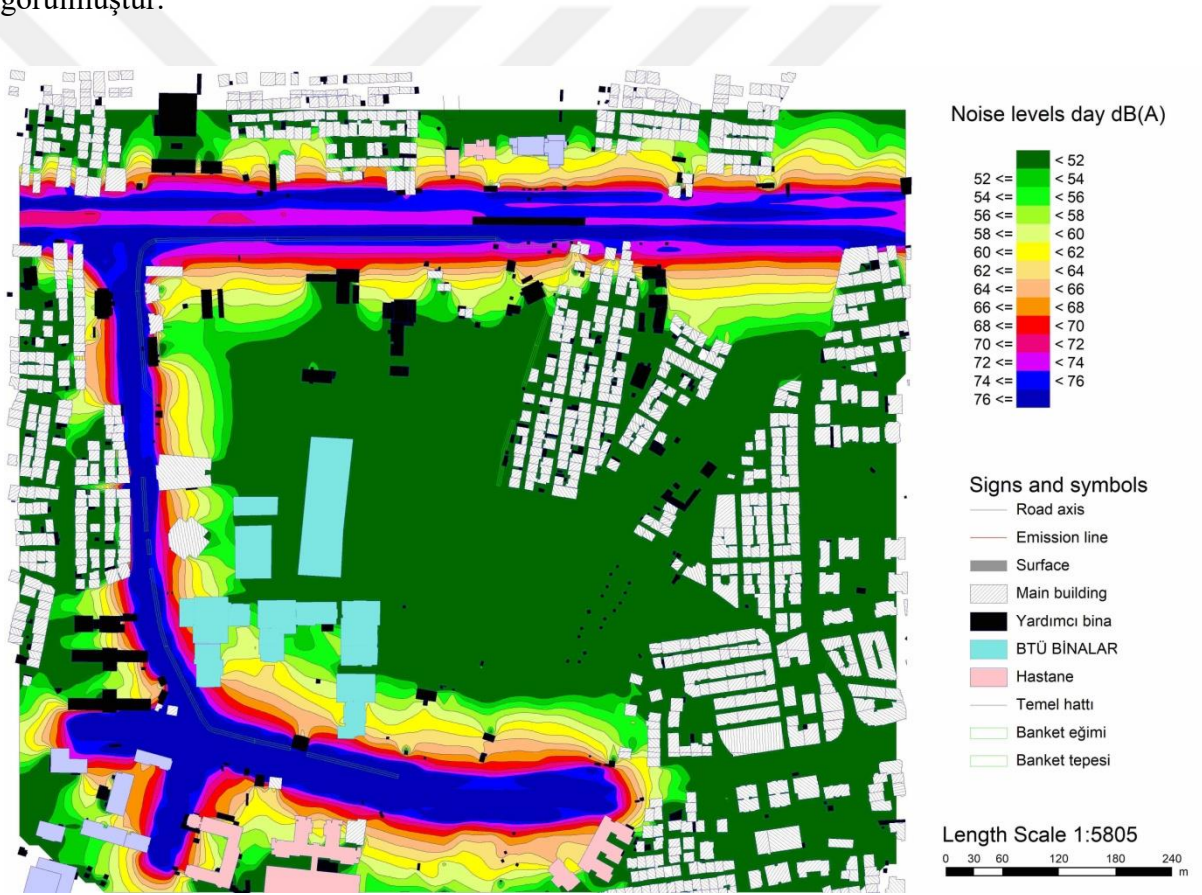
Ankara Yolu Caddesi ,Eğitim Caddesi ve Eflak caddesi kenarında Kampüs Sınırlarında bulunan duvar kenarlarında kampüs içerisinde 972 metre uzunluğunda 2 metre genişliğindeki bir koridorda 2 metre ön ve iki metre arkada V şeklinde (yaklaşık 1000 adet) Selvi türü 10 metre yükseklikte ağaç dikimi yapıldığı varsayılarak SoundPLAN da hesaplama yapıldığında (Şekil 7.2)'de gösterilen harita elde edilmiştir. Haritada yapılan Ağaç dikim uygulaması sonucunda , kampüs alanı içerisindeki Gürültü seviyesinin 58-60 dBA'dan 52dBA seviyesinin altına düştüğü görülmüştür. Ağaç dikim uygulamasında dikilen ağaçların fidan aşamasında 3 metre ve her yıl 1-1.5 metre uzadığı kabulü ile 8-10 senelik dönemde maksimum verimi sağlayacağı öngörülebilir. Baiyer uygulamasına göre avantajı Eğitim caddesi ve Eflak Caddesinde kampüsün bulunduğu yolun karşısında bulunan konut ve ticari alanlardaki gürültü seviyesine olumsuz etkisinin olmamasıdır.



Şekil 7.2 : Bursa Teknik Üniversitesi Lgündüz gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası kampüs etrafında ağaç dikimi yapılması durumunda.

7.3 Kampüs Çevresinde Yolların Gözenekli Asfalt Yapılması Durumunda

Ankara Yolu Caddesi ,Eğitim Caddesi ve Eflak caddesinin Yol yüzey yapısı mevcut durumda mastik asfalttır. Yüzey yapısı belirtilen yolların tümünün yol yüzey yapısı Gözenekli Asfalt olarak tanımlanıp SoundPLAN da hesaplama yapıldığında (Şekil 7.3)'de gösterilen harita elde edilmiştir. Haritada yapılan gözenekli asfalt uygulaması sonucunda , Emisyonun kaynağı olan yollarda direk kaynakta 2-3dBA gürültü seviyesi düşmüş ve kampüs alanı içerisindeki Gürültü seviyesinin 58-60 dBA'dan 52dBA seviyesinin altına düştüğü görülmüştür. Gözenekli asfalt uygulaması yapılması neticesinde Gürültü emisyon bant aralığı daraldığı için Kampüs alanı dışında ve Komşu ticari tesisler, konutlar ve hastanelerde gürültü seviyesinin 2-3 dBA düştüğü görülmüştür.

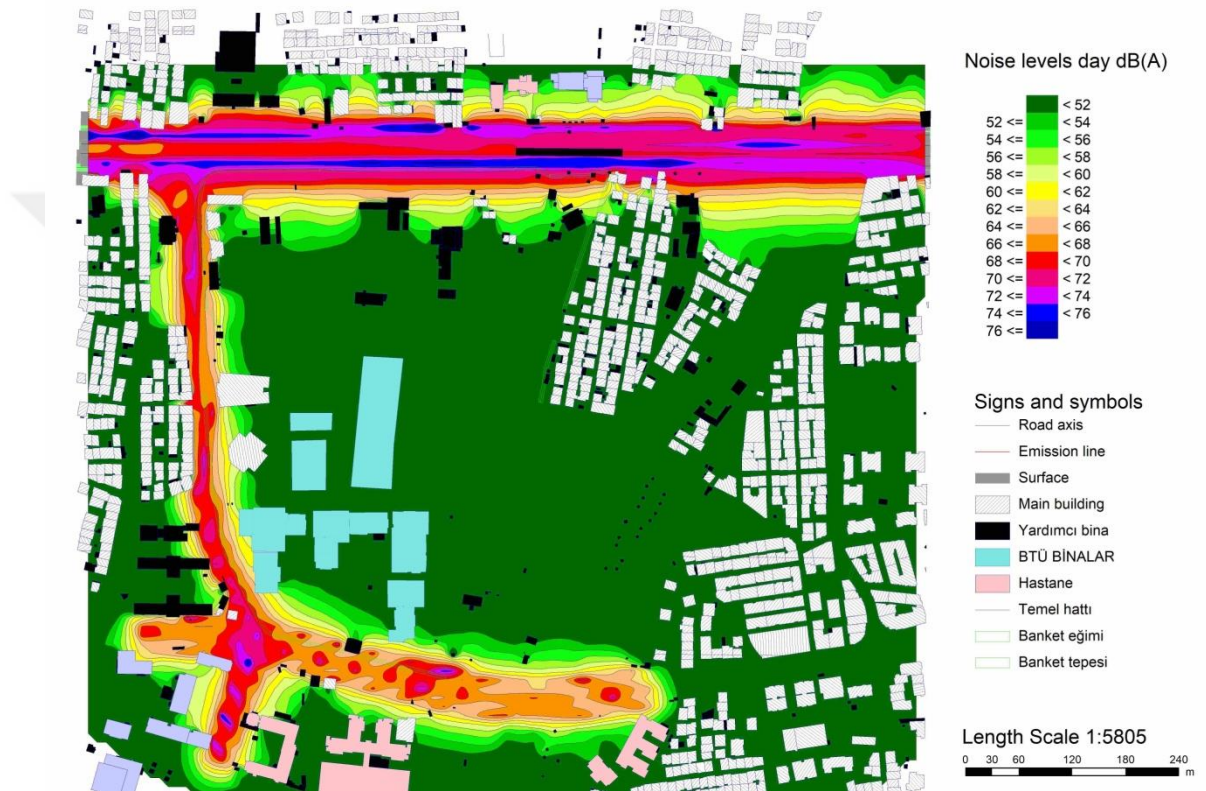


Şekil 7.3 : Bursa Teknik Üniversitesi Lgündüz gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası gözenekli asfalt yapılması durumunda.

7.4 Kampüs Çevresinde Yolların Ağır Taşıt Trafikine Kapatılması Durumunda

Ankara Yolu Caddesi ,Eğitim Caddesi ve Eflak caddesinden geçen Ağır taşıtlara 07-19 saatleri arasında yasak konması ve hafif taşıtlara göre SoundPLAN da hesaplama

yapılması neticesinde (Şekil 7.4)'de gösterilen harita elde edilmiştir. Haritada yapılan ağır taşıt yasağı uygulaması ile Emisyonun kaynağı olan yollarda direk kaynakta 6-12dBA gürültü seviyesi düşmüş ve kampüs alanı içerisindeki Gürültü seviyesinin 58-60 dBA'dan 52dBA seviyesinin altına düştüğü görülmüştür. Ağır taşıtlara kısıt konulması neticesinde Gürültü emisyon bant aralığı daraldığı için kampüsün yola yakın eğitim verilen E Blok ve Kampüs alanı dışında komşu ticari tesisler, konutlar ve hastanelerde gürültü seviyesinin 6-12 dBA düştüğü görülmüştür.

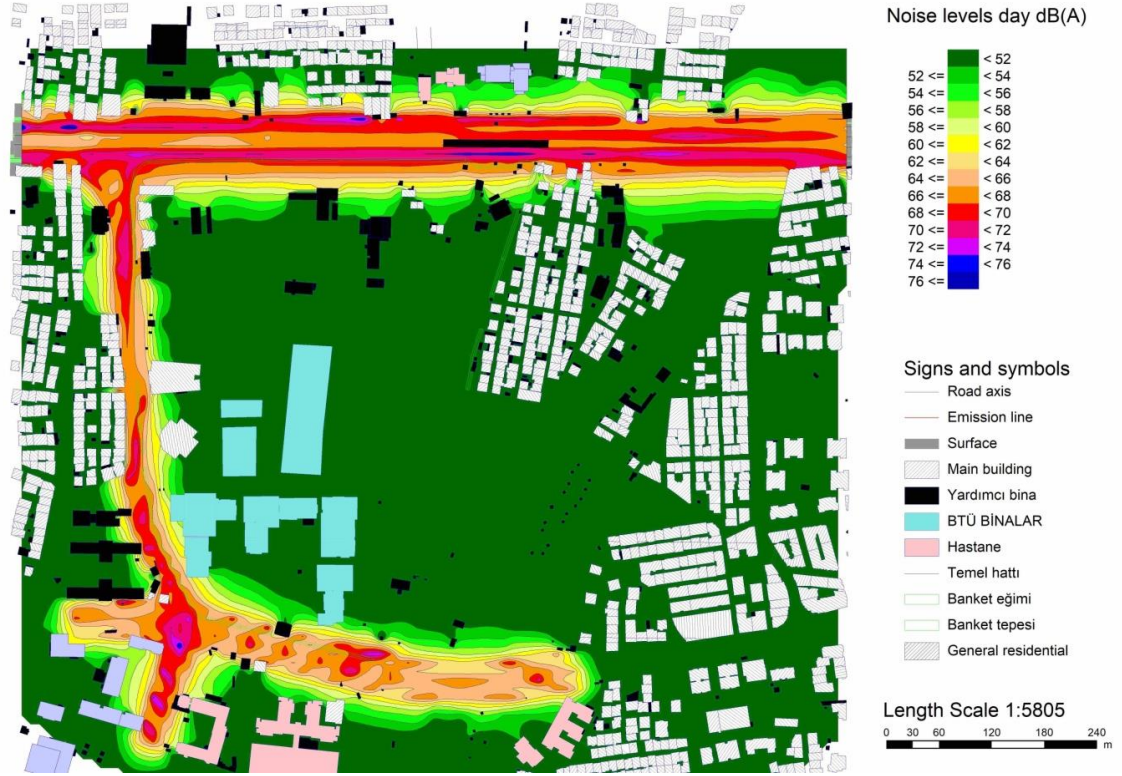


Şekil 7.4 : Bursa Teknik Üniversitesi L_{gündüz} gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası ağır taşıtların yasaklaması durumunda.

7.5 Kampüs Çevresinde Yolların Ağır Taşıt Trafikine Kapatılması ve Gözenekli Asfalt Yapılması Durumunda

Ankara Yolu Caddesi ,Eğitim Caddesi ve Eflak caddesinden geçen Ağır taşıtlara 07-19 saatleri arasında yasak konması ve mastik asfalt olan yol yüzey yapısının gözenekli asfalta çevrilerek hafif taşıtlara göre SoundPLAN da hesaplama yapılması neticesinde (Şekil 7.5)'de gösterilen harita elde edilmiştir. Haritada yapılan ağır taşıt yasağı uygulaması ile Emisyonun kaynağı olan yollarda direk kaynakta 9-14dBA gürültü seviyesi düşmüş ve kampüs alanı içerisindeki Gürültü seviyesinin 58-60 dBA'dan 52dBA seviyesinin altına düştüğü görülmüştür. Ağır taşıtlara kısıt konulması ve

gözenekli asfalt yapılması neticesinde Gürültü emisyon bant aralığı daraldığı için kampüsün yola yakın eğitim verilen E Blok ve Kampüs alanı dışında komşu ticari tesisler, konutlar ve hastanelerde gürültü seviyesinin 9-14 dBA düştüğü görülmüştür.

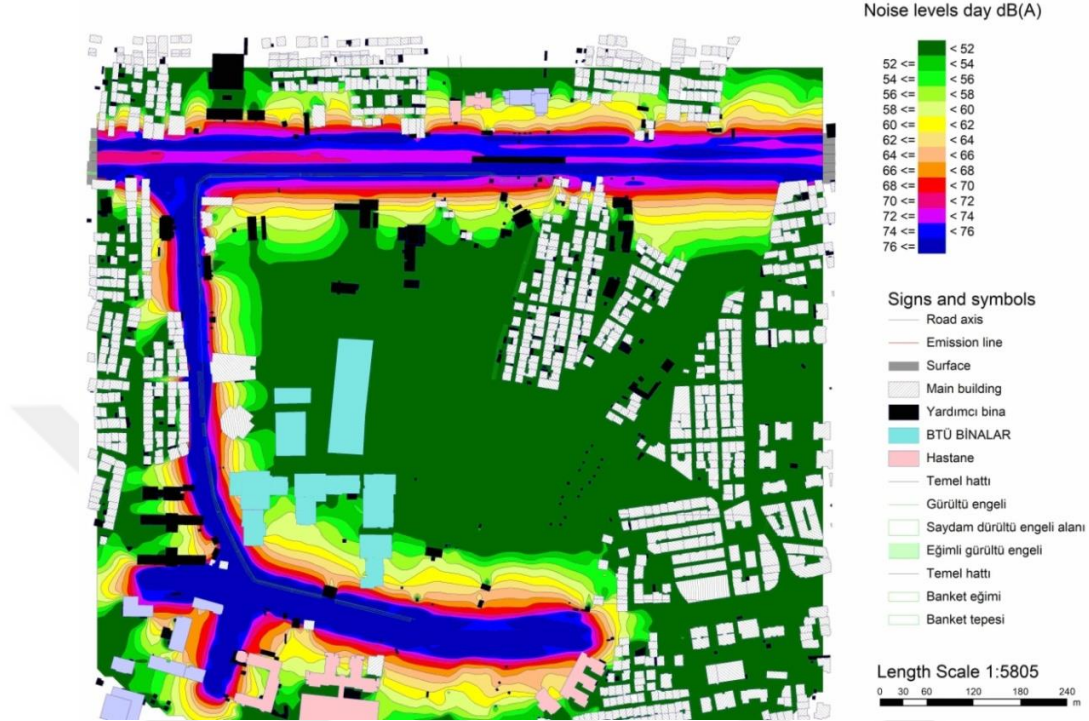


Şekil 7.5 : Bursa Teknik Üniversitesi Lgündüz gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası ağır taşıtların yasaklaması ve gözenekli asfalt yapılması durumunda.

7.6 Kampüs Çevresinde Yolların Gözenekli Asfalt yapılması ve Kampüs Sınırlarında Bariyer Uygulaması Yapılması Durumunda

Ankara Yolu Caddesi ,Eğitim Caddesi ve Eflak caddesinin Yol yüzey yapısı mevcut durumda mastik asfalttır. Yüzey yapısı belirtilen yolların tümünün yol yüzey yapısı Gözenekli Asfalt olarak ve Kampüs Sınırlarında bulunan duvarların 1190 metre uzunluğunda 4 metre yükseklikte 3-4mm kalınlığında Lamine cam gürültü bariyeri ile tanımlanıp SoundPLAN da hesaplama yapıldığında (Şekil 7.6)'da gösterilen harita elde edilmiştir. Haritada yapılan gözenekli asfalt uygulaması sonucunda , Emisyonun kaynağı olan yollarda direk kaynaktan 2-3dBA gürültü seviyesi düşmüş ve bariyer ile birlikte özellikle yola yakın E Blok ve kampüs alanı içerisindeki Gürültü seviyesinin 58-60 dBA'dan 52dBA seviyesinin altına düştüğü görülmüştür. Gözenekli asfalt uygulaması yapılması neticesinde Gürültü emisyon bant aralığı daraldığı için

hernekadar 2-3dBA'lık bir düşüş olsada Kampüs alanı dışında ve Komşu ticari tesisler, konutlar ve hastanelerde gürültü seviyesinin bariyerin yansıtıcı etkisi nedeni ile olumsuz etkilenecek ile 1-2 dBA düştüğü görülmüştür.

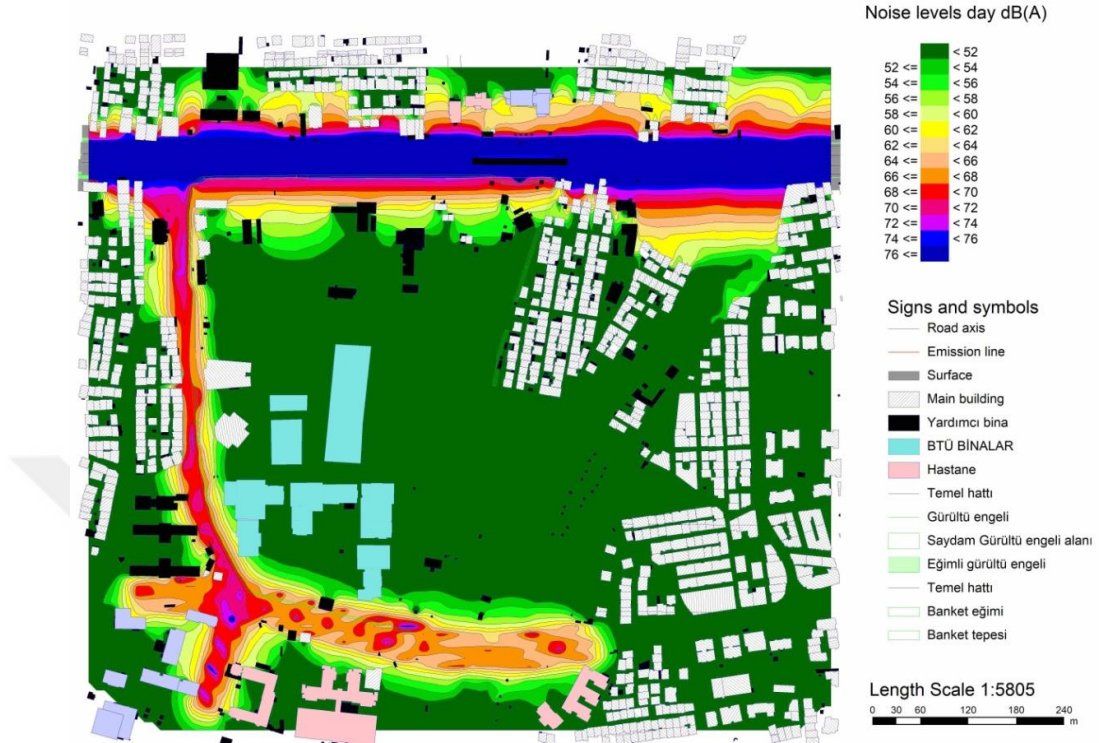


Şekil 7.6 : Bursa Teknik Üniversitesi Lgündüz Gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası bariyer ve gözenekli asfalt yapılması durumunda.

7.7 Kampüs Çevresinde Yolların Ağır Taşıt Trafikine Kapatılması ve Kampüs Sınırlarına Bariyer Uygulanması Yapılması Durumunda

Ankara Yolu Caddesi ,Eğitim Caddesi ve Eflak caddesinden geçen Ağır taşıtlara 07-19 saatleri arasında yasak konması ve kampüs sınırlarında bulunan duvarların 1190 metre uzunluğunda 4 metre yükseklikte 3-4mm kalınlığında Lamine cam gürültü bariyeri ile tanımlanıp SoundPLAN da hesaplama yapılması neticesinde (Şekil 7.7)'de gösterilen harita elde edilmiştir. Haritada yapılan ağır taşıt yasağı uygulaması ile Emisyonun kaynağı olan yollarda direk kaynaktan 6-12dBA gürültü seviyesi düşmüş ve ilave olarak bariyer uygulaması yapıldığı için kampüsün yola yakın eğitim verilen E Blok kenarında 56-58 dBA'ya ve kampüs alanı içerisindeki Gürültü seviyesinin 58-60 dBA'dan 52dBA seviyesinin altına düştüğü görülmüştür. Ağır taşıtlara kısıt konulması neticesinde Gürültü emisyon bant aralığı daraldığından gürültü seviyesi 6-12 dBA düşmüş oldasa bariyer uygulamasında yapıldığı için bariyerin yansıtıcı özelliği

nedeniyle Kampüs alanı dışında komşu ticari tesisler, konutlar ve hastanelerde gürültü seviyesinin 4-10 dBA düştüğü görülmüştür.

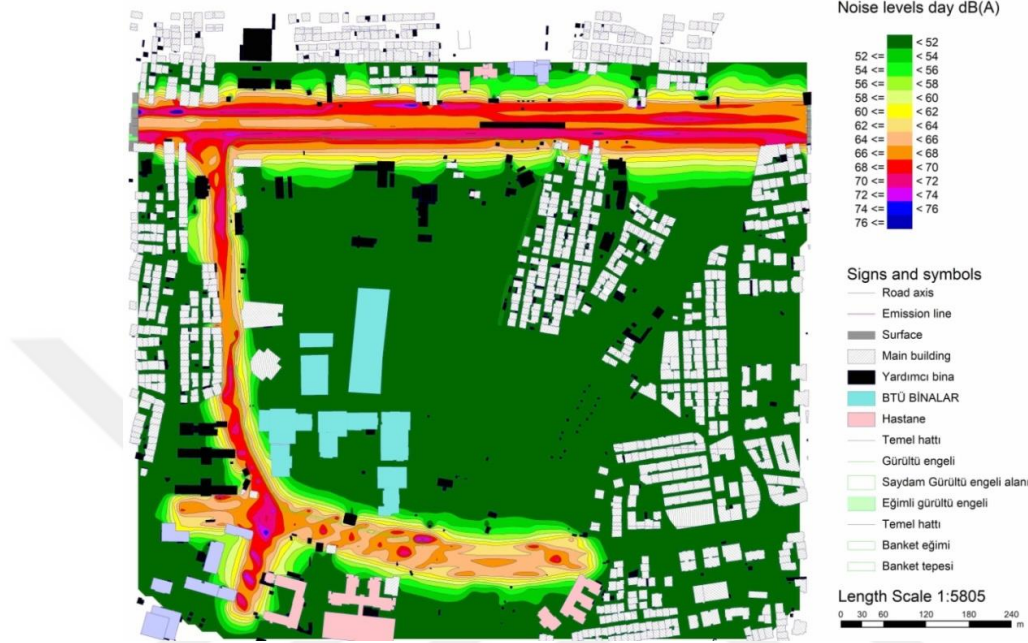


Şekil 7.7 : Bursa Teknik Üniversitesi L_{gündüz} gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası ağır taşıtların yasaklaması ve bariyer yapılması durumunda.

7.8 Kampüs Çevresinde Yolların Ağır Taşıt Trafikine Kapatılması ve Kampüs Sınırlarına Bariyer Uygulaması Yapılması ve Gözenekli Asfalt Yapılması Durumunda

Ankara Yolu Caddesi ,Eğitim Caddesi ve Eflak caddesinden geçen Ağır taşıtlara 07-19 saatleri arasında yasak konması ve kampüs sınırlarında bulunan duvarların 1190 metre uzunluğunda 4 metre yükseklikte 3-4mm kalınlığında Lamine cam gürültü bariyeri ve yol yüzey yapısının Gözenekli asfalt olarak tanımlanıp SoundPLAN da hesaplama yapılması neticesinde (Şekil 7.8)'de gösterilen harita elde edilmiştir. Haritada yapılan ağır taşıt yasağı uygulaması ve gözenekli asfalt uygulaması ile Emisyonun kaynağı olan yollarda direk kaynaktan 8-15dBA gürültü seviyesi düşmüş ve ilave olarak bariyer uygulaması yapıldığı için kampüsün yola yakın eğitim verilen E Blok kenarında 54-56 dBA'ya ve kampüs alanı içerisindeki Gürültü seviyesinin 58-60 dBA'dan 52dBA seviyesinin altına düştüğü görülmüştür. Ağır taşıtlara kısıt konulması ve gözenekli asfalt yapılması neticesinde Gürültü emisyon bant aralığı

daraldığından gürültü seviyesi 8-15 dBA düşmüş oldusa bariyer uygulamasıda yapıldığı için bariyerin yansıtıcı özelliği nedeniyle Kampüs alanı dışında komşu ticari tesisler, konutlar ve hastanelerde gürültü seviyesinin 6-12 dBA düştüğü görülmüştür.

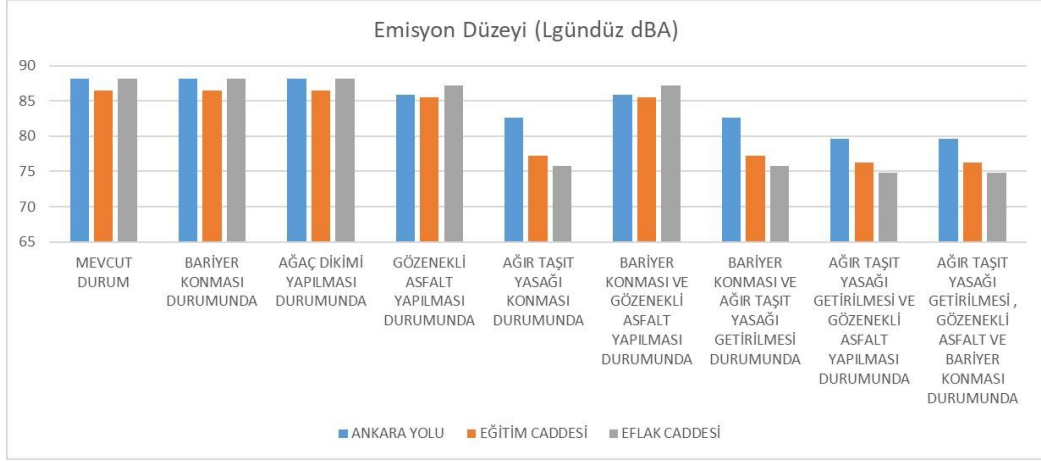


Şekil 7.8 : Bursa Teknik Üniversitesi L_{gündüz} gürültü seviyesi ızgara gürültü haritası ağır taşıtların yasaklaması ve gözenekli asfalt yapılması ve bariyer yapılması durumunda.

Sonuç, Genel Değerlendirme ve Eylem Planı Önerileri

Çizelge 7.1 : Yol emisyon düzeyleri.

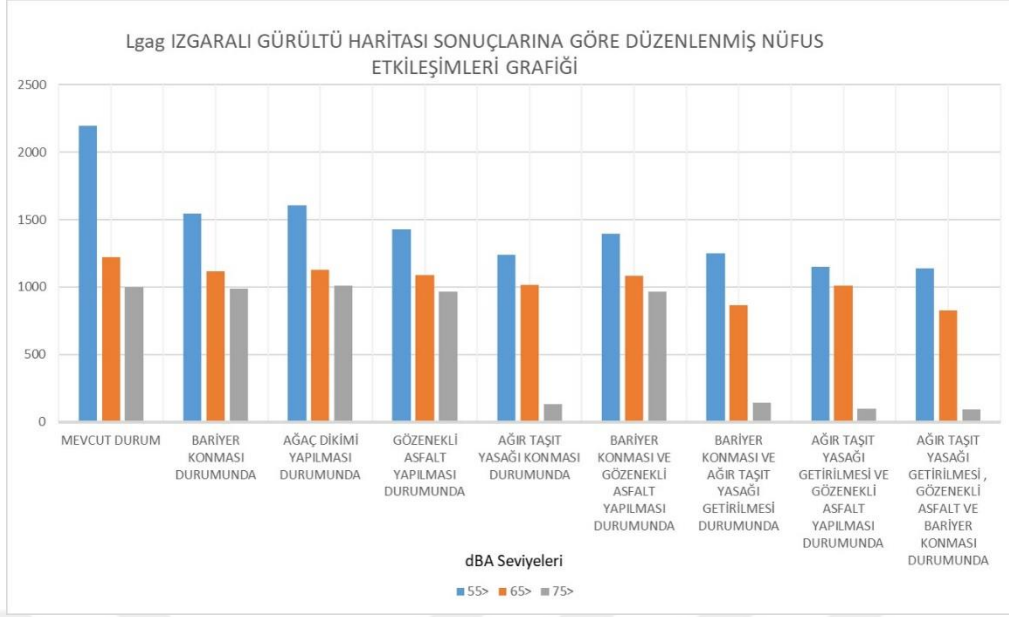
Emisyon düzeyi (L _{gündüz} dBA)					
Yolun adı	Mevcut durum	Bariyer konması durumunda	Ağaç dikimi yapılması durumunda	Gözenekli asfalt yapılması durumunda	Ağır taşıt yasağı konması durumunda
Ankara yolu	88.1	88.1	88.1	85.8	82.6
Eğitim caddesi	86.5	86.5	86.5	85.5	77.2
Eflak caddesi	88.2	88.2	88.2	87.2	75.8
Emisyon düzeyi (L _{gündüz} dBA)					
Yolun adı	Bariyer yapılması ve gözenekli asfalt yapılması durumunda	Bariyer konması ve ağır taşıt yasağı getirilmesi durumunda	Ağır taşıt yasağı ve gözenekli asfalt yapılması durumunda	Ağır taşıt yasağı getirilmesi, gözenekli asfalt yapılması ve bariyer konması durumunda	
Ankara yolu	85.8	82.6	79.6	79.6	
Eğitim caddesi	85.5	77.2	76.2	76.2	
Eflak caddesi	87.2	75.8	74.8	74.8	



Şekil 7.9 : Yol emisyon düzeyi grafiği.

Çizelge 7.2 : L_{gag} Izgara gürültü haritası nüfus etkileşim değerleri.

	Mevcut durum		Bariyer konması durumunda		Ağaç dikimi yapılması durumunda		Gözenekli asfalt yapılması durumunda		Ağır taşıt yasağı konması durumunda	
Toplam Nüfusa Olan Gürültü Azaltım Etkisi (%)			17		15		21		45	
Gürültü seviyesi (dBA)	Nüfus(kişi)	alan(km ²)	Nüfus(kişi)	alan(km ²)	Nüfus(kişi)	alan(km ²)	Nüfus(kişi)	alan(km ²)	Nüfus(kişi)	alan(km ²)
55>	2196	0.6	1546	0.4	1604	0.4	1428	0.4	1241	0.3
65>	1222	0.4	1116	0.3	1130	0.3	1091	0.3	1016	0.2
75>	1002	0.2	990	0.2	1013	0.2	965	0.1	135	0.1
	Bariyer yapılması ve gözenekli asfalt yapılması durumunda		Bariyer konması ve ağır taşıt yasağı getirilmesi durumunda		Ağır taşıt yasağı ve gözenekli asfalt yapılması durumunda		Ağır taşıt yasağı getirilmesi, gözenekli asfalt yapılması ve bariyer konması durumunda			
Toplam Nüfusa Olan Gürültü Azaltım Etkisi (%)	22		49		49		53			
Gürültü seviyesi (dBA)	Nüfus(kişi)	alan(km ²)	Nüfus(kişi)	alan(km ²)	Nüfus(kişi)	alan(km ²)	Nüfus(kişi)	alan(km ²)		
55>	1392	0.4	1252	0.3	1151	0.3	1141	0.3		
65>	1084	0.3	869	0.2	1013	0.2	827	0.2		
75>	965	0.1	142	0.1	98	0.1	91	0.1		



Şekil 7.10 : L_{gag} Izgara gürültü haritası nüfus etkileşim grafiği.

Farklı senaryolar ile düzenlenen gürültü haritalarının yol emisyon düzeylerini gösteren özet çizelge (Çizelge 7.1) , grafik (Şekil 7.9) ve Nüfus etkileşimlerini gösteren (Çizelge 7.2) ve, Grafik (Şekil 7.10) birlikte incelendiğinde Emisyon kaynağında azaltımın direkt olarak kaynaқта yapıldığı ağır taşıtlara yasak getirilmesi gürültü seviyesinin azaltılmasında 6-14dBA ve gürültüden etkilenen toplam nüfus seviyesinin %45 azaltılmasına katkıda bulunmaktadır.

Emisyon kaynağında direkt olarak azaltımın sağlandığı Yol yüzey yapısının gözenekli asfalta çevrilmesi durumunda gürültü seviyesi 2-3 dBA düşmekte ve gürültüden etkilenen toplam nüfus seviyesinin %21 azaltılmasına katkıda bulunmaktadır.

Gözenekli asfalt ve Ağır taşıtlara yasak uygulamasının beraber uygulanması durumunda gürültü seviyesi 9-14 dBA düşmekte ve gürültüden etkilenen toplam nüfus seviyesinin %49 azalmasına katkıda bulunmaktadır.

Uygulanan tüm senaryolarda kampüs alanı içerisindeki Gürültü seviyesinin 58-60 dBA'dan 52dBA seviyesinin altına düştüğü ve gürültüden etkilenen toplam nüfus seviyesinin %53 azaltılmasına katkıda bulunmaktadır.

Bariyer uygulaması kampüs alanı içerisindeki yola yakın binalara olumlu etkiye bulunmakla birlikte gürültüyü yansıtıcı özelliğinin bulunması nedeni ile dezavantajı Eğitim caddesi ve Eflak Caddesinde kampüsün bulunduğu yolun karşısında bulunan konut ve ticari alanlardaki gürültü seviyesini 2-3 dBA arttırmaktadır.

Kampüs etrafında yapılacak Ağaç dikim uygulaması Kampüs içerisindeki gürültü seviyesini 58-60 dBA'dan 52 dBA seviyesinin altına düşürmekte ve gürültüden etkilenen toplam nüfus seviyesinin %15 azaltılmasına katkıda bulunmaktadır.



KAYNAKLAR

- [1] **Dönmez, S., Dölgen, D., Bozkurt, Z., Kınay, E. H., ve Alpaslan, M. N.** (2022). Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Çevresel Gürültünün SoundPLAN ile Haritalandırması: DEU Tınaztepe Kampüsü Örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 25(74), 451-466.
- [2] **Demirkale, S. Y.** (2007). *Çevre ve yapı akustiği: mimarlar ve mühendisler için el kitabı*. Birsan yayınevi.
- [3] **Mehta, M., Johnson, J., ve Rocafort, J.** (1999). *Architectural acoustics: principles and design*.
- [4] **Cavanaugh, W. J., ve Wilkes, J. A.** (Eds.). (1999). *Architectural acoustics: principles and practice*. John Wiley ve Sons.
- [5] **Harris, C. M.** (1991). *Handbook of acoustical measurements and noise control* (pp. 3019-3020). New York: McGraw-Hill.
- [6] **Everest, F. A.** (2001). *The Master Handbook of Acoustics*.
- [7] **Foreman, J.** (2012). *Sound analysis and noise control*. Springer Science ve Business Media.
- [8] **Bennett, R. L. ve Pearsons, K. S.** (1981). *Handbook of aircraft noise metrics* (No. NASA-CR-3406). NASA.
- [9] **Peterson, A. P. G., ve Gross, E.** (1980). *Handbook of noise measurement*. Concord, MA. GenRad.
- [10] **Wang, L., Pereira, N., ve Hung, Y.** (2005). *Advanced air and noise pollution control*. Humana Press. Totowa, New Jersey, 215-8.
- [11] **Chan, H. S.** Occupational noise exposure; criteria for a recommended standard.
- [12] **Tekalan, S. A.** (1996). Gürültünün İşitme ve Diğer Sistemler Üzerine Etkisi. *Ekoloji ve Çevre Dergisi*, 1-11.
- [13] **Güler, Ç., Çobanoğlu, Z.** (1994). Gürültü. *Çevre sağlığı temel kaynak dizisi*, 19.
- [14] **Carter, N. L.** (1988). Heart-rate and blood-pressure response in medium-artillery gun crews. *Medical Journal of Australia*, 149(4), 185-189.
- [15] **Kurra, S.** (2009). *Çevre gürültüsü ve yönetimi*. Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları.
- [16] **Stevens, A., ve Lowe, J. S.** (1997). *Human histology*.
- [17] **Kurra, S.** (1998). *Gürültü kirliliği*. In: *Ulusal Çevre Eylem Planı, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Yayını*.
- [18] **Cantrell, R. W.** (1979). Physiological effects of noise. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 12(3), 537-549.

- [19] **Toprak, Y. M. R., ve Aktürk, N.** (2003). Raylı Ulaşım Sistemlerinde Gürültünün Sürücüler Üzerindeki Etkileri.
- [20] **Toprak, R.** (2003). Raylı ulaşım sistemlerinin neden olduğu gürültünün ölçülmesi ve modellenmesi.
- [21] **Annex, I. V., Annex, V., ve Annex, V. I.** (2002). The Proposed Environmental Liability Directive. *European Environmental Law Review*, 315.
- [22] **Çevre, T. C. (2022). Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı,** Çevresel göstergeler. Erişim adresi: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/>(Erişim tarihi: 04/04/2023).
- [23] **Kurra, S.** (1982). Çevre ve Yapı Tasarımında Kent Gürültüsü Kontrolü ve İstanbul Örneği. *Doçentlik Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.*
- [24] **Nelson, P. M., ve Piner, R. J.** (1977). *Classifying road vehicles for the prediction of road traffic noise* (No. TRRL LR 752).
- [25] **Bruit, D. I. R. N. R.** (1997). Nouvelle Methode De Calcul Incluant Les Effets Meteorologiques Service D'etudes Techniques Des Routes Et Autoroutes. *Setra, França.*
- [26] **Kurra, S.** (1988). Analysis of Traffic Noise Problems in Developing Countries with Reference to a Case Study in Residential Areas. In *the 5th International Congress on Noise as a Public Health Problem (Noise'88)* (pp. 21-25).
- [27] **Johnson, D. R., ve Saunders, E. G.** (1968). The evaluation of noise from freely flowing road traffic. *Journal of Sound and vibration*, 7(2), 287-309.
- [28] **Murphy, E., ve King, E. A.** (2014). An assessment of residential exposure to environmental noise at a shipping port. *Environment international*, 63, 207-215.
- [29] **Kurra, S., Dal, L.** (2012). Sound insulation design by using noise maps. *Building and Environment*, 49, 291-303.
- [30] **Smith, M. J.** (1982). The impact and future direction of aircraft noise certification. *Noise Control Engineering*, 18(2), 52-61.
- [31] **Url-1** <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/09_Cevre.pdf> ,erişim tarihi 17.03.2024.
- [32] **Aydemir,U.** (2015). “Gemi adamlarının gürültü maruziyetlerinin belirlenmesi ve alınabilecek önlemler”, *İş Sağlığı ve Güvenliği Uzm. Tezi, TC Çalışma ve Sos. Güvenlik Bakanl. İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.*
- [33] **Deveci,S.** (2004) “Edirne İl Merkezinde Gürültü Düzeyleri Belirlenerek Gürültü Haritasının Oluşturulması, Uzmanlık Tezi”, *Tıp Fakültesi, Edirne.*
- [34] **Bilgen, İ.** (2017). *Nevşehir il merkezinde trafik kaynaklı gürültü düzeyleri ölçümü ve gürültü haritasının hazırlanması* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [35] **Şahin, K.** (2014). Atakum (Samsun) Şehrinde Çevresel Gürültü Kirliliği. *Journal of International Social Research*, 7(29).

- [36] **Cianferra, M., Petronio, A., ve Armenio, V.** (2019). Non-linear noise from a ship propeller in open sea condition. *Ocean Engineering*, 191, 106474.
- [37] **Firat, U., ve Akgül, T.** (2017). Gemi akustik iz analizi. *EMO Bilimsel Dergi*, 7(13), 25-31.
- [38] **Urlick, R. J.** (1983). Principles of Underwater Sound 3 Ed McGraw-Hill Book Company. *San Francisco*.
- [39] **L. C. Santos, C. Matias, F. Vieira, ve F. Valado**, “Noise mapping of industrial sources”, *Acústica*, c. 2008, ss. 11–12, 2008.
- [40] **Boran, M., ve Alkan, N.** (2018). Liman operasyonlarının çevresel etkileri. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 99-105.
- [41] **Schenone, C., Pittaluga, I., Repetto, S., ve Borelli, D.** (2014, July). Noise pollution management in ports: a brief review and the EU MESP project experience. In *Proceedings of the 21st International Congress on Sound and Vibration, Beijing, China* (pp. 13-17).
- [42] **Badino, A., Borelli, D., Gaggero, T., Rizzuto, E., ve Schenone, C.** (2012). Noise emitted from ships: impact inside and outside the vessels. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 48, 868-879.
- [43] **Maraş, E. E.** (2011). Coğrafi bilgi sistemi desteğinde kentlerin Avrupa Birliği standartlarında gürültü haritalarının üretimi: Samsun ili örneği.
- [44] **Bilgili, S., Gürtepe, E., Türkeli, E., Altınoluk, H. M., Hüsmen, N., Bütün, A., ve Ertorun, H.** (2011). Çevresel gürültü ölçüm ve değerlendirme kılavuzu. *Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Hava Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Ankara*.
- [45] **Yazgan, E. E. M.** (2007). Kentlerde trafik gürültüsü sorununu azaltmada peyzaj mimarlığı çalışmaları: Ankara örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(2), 201-210.
- [46] **Url-2** <<https://data.tuik.gov.tr/>>Bulten/Index?p=Yapi-Izin-Istatistikleri-II.-Ceyrek:-Nisan---Haziran,-2023-49529, erişim tarihi 14.02.2024.
- [47] **Beşiktepe,D.** (2007) “İnşaat Sektöründe Şantiye Gürültüsünün Değerlendirilmesi: Bir Konut Şantiyesi Örneği”. *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- [48] **Url-3** <<https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/noise>>, erişim tarihi 27.04.2024.
- [49] **Url-4** <<https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:en>>, erişim tarihi 29.01.2024.
- [50] **Yılmaz, H., ve Özer, S.** (1997). Gürültü kirliliğinin peyzaj planlama yönünden değerlendirilmesi ve çözüm önerileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(3).
- [51] **Krishna, I. M., Manickam, V., Shah, A.,ve Davergave, N.** (2017). *Environmental management: science and engineering for industry*. Butterworth-Heinemann.
- [52] **Demirkale S.Y ve Aşçıgil M.**(2007). “Sağlıklı kentlerle ve yapılarla ilgili Türkiye’nin gürültü politikası”, *VIII. Ulus. Tesisat Mühendisliği*

- [53] **Önder, S., ve Gülgün, B.** (2010). Gürültü kirliliği ve alınması gereken önlemler: Bitkisel gürültü perdeleri. *Ziraat Mühendisliği*, (355), 54-64.
- [54] **Treehugger** (2012). <https://www.treehugger.com/how-do-trees-reduce-noise-pollution-4863592>
- [55] **Özçevik, A.** (2012). İşitsel peyzaj soundscape kavramı ile kentsel akustik konforun irdelenmesinde yeni bir yaklaşım.
- [56] **Dijkink, J. H., ve Van Keulen, W.** (2004, August). SilentTransport-An innovative silent road concept of heavy vehicles. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 2004, No. 3, pp. 3987-3993). Institute of Noise Control Engineering.
- [57] **Sandberg, U.** (2003). Vehicle categories for description of noise source. *Harmonoise* (20003).
- [58] **Ohiduzzaman, M. D., Sirin, O., Kassem, E., ve Rochat, J. L.** (2016). State-of-the-art review on sustainable design and construction of quieter pavements—Part 1: traffic noise measurement and abatement techniques. *Sustainability*, 8(8), 742.
- [59] **Sirin, O.** (2016). State-of-the-art review on sustainable design and construction of quieter pavements—part 2: factors affecting tire-pavement noise and prediction models. *Sustainability*, 8(7), 692.
- [60] **Bennert, T., Hanson, D., Maher, A., ve Vitillo, N.** (2005). Influence of pavement surface type on tire/pavement generated noise. *Journal of Testing and Evaluation*, 33(2), 94-100.
- [61] **Kleizienė, R., Šernas, O., Vaitkus, A., ve Simanavičienė, R.** (2019). Asphalt pavement acoustic performance model. *Sustainability*, 11(10), 2938.
- [62] **Ruhala, R. J., ve Burroughs, C. B.** (2008). Localization of tire/pavement noise source regions. *Noise control engineering journal*, 56(5), 318-331.
- [63] **Sandberg, U., ve Ejsmont, J.** (2002). Tyre/road noise. Reference book.
- [64] **Rasmussen, R. O., Bernhard, R. J., Sandberg, U., ve Mun, E.** (2007). *The little book of quieter pavements* (No. FHWA-IF-08-004). United States. Federal Highway Administration. Office of Pavement Technology.
- [65] **Iwao, K., ve Yamazaki, I.** (1996). A study on the mechanism of tire/road noise. *jsae review*, 17(2), 139-144.
- [66] **Djurek, I., Petosic, A., Grubesa, S., ve Suhanek, M.** (2020). Analysis of a quadcopter's acoustic signature in different flight regimes. *IEEE access*, 8, 10662-10670.
- [67] **Şit, E., İskender, E., ve Aksoy, A.** (2020). Asfalt kaplamalarda akustik özellikler. *Journal of Investigations on Engineering and Technology*, 3(1), 27-36.
- [68] **Ling, S., Yu, F., Sun, D., Sun, G., ve Xu, L.** (2021). A comprehensive review of tire-pavement noise: Generation mechanism, measurement methods, and quiet asphalt pavement. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125056.

- [69] Kleizienė, R., Vaitkus, A., Zofka, A., ve Simanavičienė, R. (2023). An alternative method for determination of compaction level for the pavement granular layers. *Road Materials and Pavement Design*, 24(12), 3029-3045.
- [70] Sun, J., Zhang, H., Wu, G., Liu, Z., Feng, Y., ve Jia, M. (2021). Micro-structural analysis of noise reduction mechanism of porous asphalt mixture based on FEM. *Multidiscipline Modeling in Materials and Structures*, 17(6), 1154-1167.
- [71] Vaitkus, A., Šernas, O., Vorobjovas, V., ve Gražulytė, J. (2019). Selection of constituent materials for asphalt mixtures of noise-reducing asphalt pavements. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 14(2), 178-207.
- [72] Pierce, L. M., Mahoney, J. P., Muench, S., Munden, H. J., Waters, M., ve Uhlmeyer, J. (2009). Quieter hot-mix asphalt pavements in Washington state. *Transportation research record*, 2095(1), 84-92.
- [73] Gardziejczyk, W., Plewa, A., ve Pakholak, R. (2020). Effect of addition of rubber granulate and type of modified binder on the viscoelastic properties of stone mastic asphalt reducing tire/road noise (smala). *Materials*, 13(16), 3446.
- [74] Wang, Y., Wang, X., ve Zhang, L. (2021). Pavement and Noise Reduction Performance of Open-Graded Asphalt Friction Course Improved by Waste Tire Crumb Rubber. *Advances in Civil Engineering*, 2021(1), 9937293.
- [75] Chen, D., Ling, C., Wang, T., Su, Q., ve Ye, A. (2018). Prediction of tire-pavement noise of porous asphalt mixture based on mixture surface texture level and distributions. *Construction and Building Materials*, 173, 801-810.
- [76] Knauer, H. S., Pedersen, S., Lee, C. S., ve Fleming, G. G. (2000). *fhwa Highway Noise Barrier Design Handbook [2000]* (No. fhwa-ep-00-005). United States. Federal Highway Administration.
- [77] Lupea, I. (2017). "Considerations on the outdoor noise barriers design and simulation", *ACTA Tech. NAPOCENSIS-Series Appl. Math. Mech. Eng.*, c. 60, sayı 3.
- [78] Url-5 <https://www.fhwa.dot.gov/Environment/noise/noise_barriers/design_construction/design/design03.cfm >, erişim tarihi 24.03.2024
- [79] Pigasse, G., ve Kragh, J. (2011). Optimised Noise Barriers: A State-of-the-Art Report. *Danish Road Directorate*.
- [80] Url-6 <<https://wsdot.wa.gov/construction-planning/protectingenvironment/noise-walls-barriers> >, erişim tarihi, 21.04.2024.
- [81] Url-7 <<https://www.soundplan.eu/english/soundplan-acoustics/highlights/wall-design/>>, erişim tarihi 23.02.2024.
- [82] Siano, D., ve González. (2021). Noise and environment. IntechOpen.

- [83] **Ripoll, A., ve Bäckman, A.** (2005). State of the art of noise mapping in Europe. *European Topic Centre Terrestrial Environment, Internal Report*.
- [84] **Aydın, B.** (2015) “Bir üniversite kampus alanında gürültü haritasının çıkarılması: İTÜ Maslak kampusü örneği”. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [85] **Url-8** <<https://www.acoutronic.se/pdf/acoustic/SV949.pdf>>, erişim tarihi 15.04.2024.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Erhan USLU

Doğum Tarihi ve Yeri:

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Önlisans** : 1994, Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Teknikerliği Bölümü
- **Lisans** : 2021, Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü