

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İSTANBUL'DA GÜRÜLTÜ EYLEM PLANLARI**  
**KAPSAMINDA FARKLI GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI İÇİN**  
**SICAK NOKTALARIN TESPİTİ VE ÇÖZÜM**  
**YÖNTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**Satı KÖSE**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı  
Çevre Mühendisliği Programı

Danışman  
Prof. Dr. Yaşar AVŞAR

Temmuz, 2019

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İSTANBUL'DA GÜRÜLTÜ EYLEM PLANLARI KAPSAMINDA FARKLI**  
**GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI İÇİN SICAK NOKTALARIN TESPİTİ VE**  
**ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Satı KÖSE tarafından hazırlanan tez çalışması 09/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Yaşar AVŞAR  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
Danışman

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Yaşar AVŞAR, Danışman  
Yıldız Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. F. İlter TÜRKDOĞAN, Üye  
Yıldız Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. İbrahim DEMİR, Üye  
İstanbul Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Danışmanım Prof. Dr. Yaşar AVŞAR sorumluluğunda tarafımda hazırlanan İSTANBUL'DA GÜRÜLTÜ EYLEM PLANLARI KAPSAMINDA FARKLI GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI İÇİN SICAK NOKTALARIN TESPİTİ VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Satı KÖSE

İmza

*Canım babama...*



## TEŞEKKÜR

---

Çevre Mühendisi olarak görev yaptığım İstanbul Büyükşehir Belediyesi tüm idari amirlerime, veri toplamamda yardımcı olan tüm çalışma arkadaşlarıma ve uzmanlık alanımda bilgi birikimimi arttıran bu tezi hazırlamam için bana yol gösteren ve hiç bir konuda yardım ve desteklerini esirgemeyen saygı değer danışman hocam Sn. Prof. Dr. Yaşar AVŞAR' a çok teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca benim yanımda olan, desteğini ve sevgisini eksik etmeyen çok sevdiğim aileme, her zaman moral veren sevgili arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Satı KÖSE

# İÇİNDEKİLER

---

|                                                  |             |
|--------------------------------------------------|-------------|
| <b>SİMGE LİSTESİ</b>                             | <b>viii</b> |
| <b>KISALTMA LİSTESİ</b>                          | <b>ix</b>   |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b>                             | <b>x</b>    |
| <b>TABLO LİSTESİ</b>                             | <b>xii</b>  |
| <b>HARİTA LİSTESİ</b>                            | <b>xiii</b> |
| <b>ÖZET</b>                                      | <b>xiv</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>                                  | <b>xvi</b>  |
| <b>1 Giriş</b>                                   | <b>1</b>    |
| 1.1 Literatür Özeti . . . . .                    | 1           |
| 1.2 Tezin Amacı . . . . .                        | 1           |
| 1.3 Hipotez . . . . .                            | 2           |
| <b>2 AKUSTİK</b>                                 | <b>3</b>    |
| 2.1 Akustik Terimler . . . . .                   | 3           |
| 2.1.1 Ses Basıncı . . . . .                      | 4           |
| 2.1.2 Ses Gücü Düzeyi . . . . .                  | 5           |
| 2.1.3 Ses Şiddeti Düzeyi . . . . .               | 6           |
| 2.1.4 Ses Birimi (Desibel) . . . . .             | 7           |
| 2.2 Sesin Yayılımı . . . . .                     | 8           |
| 2.2.1 Mesafenin Sesin Yayılıma Etkisi . . . . .  | 8           |
| 2.2.2 Nemin Sesin Yayılımına Etkisi . . . . .    | 8           |
| 2.2.3 Rüzgarın Sesin Yayılımına Etkisi . . . . . | 8           |
| 2.2.4 Sıcaklığın Yayılıma Etkisi . . . . .       | 9           |
| 2.2.5 Yüzeyin Yayılıma Etkisi . . . . .          | 9           |
| 2.2.6 Titreşim . . . . .                         | 9           |
| 2.3 Ses Kaynakları . . . . .                     | 10          |
| 2.3.1 Düzlemsel Kaynak . . . . .                 | 11          |

|          |                                                                         |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.2    | Noktasal Kaynak . . . . .                                               | 11        |
| 2.3.3    | Çizgisel Kaynak . . . . .                                               | 12        |
| 2.4      | Gürültü . . . . .                                                       | 12        |
| 2.4.1    | Gürültünün Sınıflandırılması . . . . .                                  | 13        |
| 2.4.2    | Sesin Absorpsiyonu . . . . .                                            | 13        |
| 2.5      | Gürültü Kaynakları . . . . .                                            | 14        |
| 2.5.1    | Ulaşım Gürültüsü . . . . .                                              | 14        |
| 2.5.2    | Endüstri Gürültüsü . . . . .                                            | 15        |
| 2.5.3    | Şantiye Gürültüsü . . . . .                                             | 16        |
| 2.5.4    | Eğlence Gürültüsü . . . . .                                             | 16        |
| 2.6      | Gürültünün İnsan Sağlığına Etkileri . . . . .                           | 16        |
| 2.6.1    | İşitsel Etkiler . . . . .                                               | 16        |
| 2.6.2    | Fizyolojik Etkiler . . . . .                                            | 17        |
| 2.6.3    | Performansa Etkiler . . . . .                                           | 17        |
| 2.6.4    | Psikolojik Etkiler . . . . .                                            | 18        |
| 2.6.5    | Konuşmaya Etkileri . . . . .                                            | 18        |
| 2.7      | Gürültü Düzeyi Ölçümleri . . . . .                                      | 19        |
| 2.7.1    | Gürültü Düzeyi Ölçüm Koşulları . . . . .                                | 20        |
| 2.8      | Gürültü Kontrol Yöntemleri . . . . .                                    | 21        |
| 2.8.1    | Gürültü Bariyerleri . . . . .                                           | 22        |
| 2.8.2    | Gürültü Önleyici Bentler . . . . .                                      | 23        |
| 2.8.3    | Gürültü Önleyici Kabinler . . . . .                                     | 23        |
| 2.8.4    | Bitki Örtüsünden Faydalanarak Gürültünün Azaltılması . . . . .          | 24        |
| 2.8.5    | Binaların Tasarımlarından Faydalanarak Gürültünün Azaltılması . . . . . | 25        |
| 2.9      | Avrupa Birliği Direktifi ve Türk Mevzuatı' nın İncelemesi . . . . .     | 26        |
| 2.9.1    | Avrupa Birliği Gürültü Direktifi . . . . .                              | 26        |
| 2.9.2    | Türkiye'deki Çevresel Gürültü Mevzuatı . . . . .                        | 28        |
| 2.10     | Gürültü Haritaları . . . . .                                            | 29        |
| 2.11     | Gürültü Eylem Planı . . . . .                                           | 31        |
| 2.12     | Gürültü Üzerine Yapılan Çalışmalar . . . . .                            | 31        |
| 2.13     | Gürültü Tahmin Modelleri . . . . .                                      | 34        |
| 2.14     | Gürültü Modelleme Programları . . . . .                                 | 34        |
| 2.14.1   | SoundPLAN . . . . .                                                     | 34        |
| 2.14.2   | CadnaA . . . . .                                                        | 35        |
| 2.14.3   | IMMI . . . . .                                                          | 35        |
| 2.14.4   | Predictor . . . . .                                                     | 35        |
| <b>3</b> | <b>MATERYAL - METOD</b>                                                 | <b>36</b> |
| 3.1      | Gürültü Skorlarının Hesaplanması . . . . .                              | 41        |

|          |                                                                                                                                                    |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.1    | Bina Gürültü Skoru Hesaplama . . . . .                                                                                                             | 42        |
| 3.1.2    | Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Gürültü Yönetimine Aday Alanların Belirlenmesi . . . . .                                                        | 42        |
| 3.2      | Çalışma Alanı . . . . .                                                                                                                            | 49        |
| 3.3      | Çalışmada Kullanılan Model- (SoundPLAN Essential 4.1) . . . . .                                                                                    | 50        |
| <b>4</b> | <b>İSTANBUL'DA GÜRÜLTÜ EYLEM PLANLARI KAPSAMINDA FARKLI GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI İÇİN SICAK NOKTALARIN TESPİTİ VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ</b> | <b>52</b> |
| 4.1      | İstanbul Stratejik Gürültü Haritaları Değerlendirme Sonuçları . . . . .                                                                            | 52        |
| 4.2      | İstanbul' daki Karayolu Kaynaklı Sıcak Noktaların Tespiti . . . . .                                                                                | 57        |
| 4.3      | İstanbul'daki Raylı Sistem Kaynaklı Sıcak Noktaların Tespiti . . . . .                                                                             | 57        |
| 4.4      | İstanbul' daki Endüstri Kaynaklı Sıcak Noktaların Tespiti . . . . .                                                                                | 58        |
| 4.5      | İstanbul' daki Havalimanı Kaynaklı Sıcak Noktaların Tespiti . . . . .                                                                              | 59        |
| 4.6      | Eylem Planı Hazırlanacak Gürültü Yönetim Alanı . . . . .                                                                                           | 59        |
| 4.7      | Modelleme Çalışması . . . . .                                                                                                                      | 61        |
| 4.8      | Senaryo Çalışmaları . . . . .                                                                                                                      | 66        |
| 4.8.1    | Araç hızın azaltılması durumunda . . . . .                                                                                                         | 67        |
| 4.8.2    | Araç sayısının azaltılması durumunda . . . . .                                                                                                     | 69        |
| 4.8.3    | Yol yüzeyi değişimi durumunda . . . . .                                                                                                            | 71        |
| 4.9      | Senaryoların Karşılaştırılması . . . . .                                                                                                           | 73        |
| <b>5</b> | <b>SONUÇ VE ÖNERİLER</b>                                                                                                                           | <b>74</b> |
|          | <b>Kaynakça</b>                                                                                                                                    | <b>76</b> |

## SİMGE LİSTESİ

---

|              |                                                                                                                                         |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dB           | Desibel                                                                                                                                 |
| dB(A)        | A ağırlıklı ses seviyesi                                                                                                                |
| dB(B)        | B ağırlıklı ses seviyesi                                                                                                                |
| dB(C)        | C ağırlıklı ses seviyesi                                                                                                                |
| f            | Frekans                                                                                                                                 |
| kHz          | Kilohertz                                                                                                                               |
| $L_{eq}$     | Eşdeğer ses seviyesi                                                                                                                    |
| $L_{gunduz}$ | A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, yılın gündüz sürelerinin tamamına göre rahatsızlık düzeyi                            |
| $L_{aksam}$  | A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, yılın akşam sürelerinin tamamına göre rahatsızlık düzeyi                             |
| $L_{gece}$   | A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, yılın gece sürelerinin tamamına göre gece süresince uyku kaçırıcı rahatsızlık düzeyi |
| $L_{gag}$    | A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, günlük rahatsızlık düzeyi                                                            |
| $L_p$        | Ses basınç düzeyi                                                                                                                       |
| $P_o$        | Referans ses basıncı                                                                                                                    |
| $P_t$        | Anlık ses basıncı                                                                                                                       |
| T            | Periyot                                                                                                                                 |
| $\lambda$    | Sesin dalga boyu                                                                                                                        |

## KISALTMA LİSTESİ

---

|        |                                                                      |
|--------|----------------------------------------------------------------------|
| AB     | Avrupa Birliği                                                       |
| ArcGIS | Ölçeklendirilebilir Entegre Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımı           |
| CBS    | Coğrafi Bilgi Sistemi                                                |
| ÇED    | Çevre Etki Değerlendirme                                             |
| ÇGDYY  | Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 2010  |
| ÇŞB    | Çevre Şehircilik Bakanlığı                                           |
| EGYA   | Endüstri Gürültü Yönetim Alanları                                    |
| END    | Çevresel Gürültü Direktifi 2002/49/EC                                |
| ESRI   | Çevresel Sistemler Araştırma Enstitüsü                               |
| GED    | Gürültü Etki Değerlendirme                                           |
| GYA    | Gürültü Yönetim Alanı                                                |
| HEAŞ   | Havaalanı İşletme ve Havacılık Endüstrileri A. Ş.                    |
| HGYA   | Havalimanı Gürültü Yönetim Alanları                                  |
| IPA    | Katılım Öncesi Mali Yardım Arac                                      |
| İBB    | İstanbul Büyükşehir Belediyesi                                       |
| İSGEP  | İstanbul Gürültü Eylem Planı                                         |
| KGYA   | Karayolu Gürültü Yönetim Alanları                                    |
| NMPB   | Yeni Gürültü Tahmin Yöntemi (Nouvelle Methode de Prevision de Bruit) |
| PEL    | Population Exceedances and Levels - Nüfus Aşımaları ve Seviyeleri    |
| RGYA   | Raylı Sistem Gürültü Yönetim Alanları                                |
| WHO    | Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)                      |

## ŞEKİL LİSTESİ

|            |                                                                                                                                                                    |    |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1  | Ses basıncının zamanla değişimi [4] . . . . .                                                                                                                      | 3  |
| Şekil 2.2  | Dalgaboyu oluşumu [6] . . . . .                                                                                                                                    | 4  |
| Şekil 2.3  | Frekans ve dalga boyu ilişkisi [6] . . . . .                                                                                                                       | 5  |
| Şekil 2.4  | Ses gücü, şiddeti ve basıncı arasındaki bağıntılar [6] . . . . .                                                                                                   | 6  |
| Şekil 2.5  | Ses basıncı ve ses basınç düzeyi arasındaki dönüşüm [11] . . . . .                                                                                                 | 7  |
| Şekil 2.6  | Rüzgar yönüne göre gürültü dalgalarının yayılması [14] . . . . .                                                                                                   | 8  |
| Şekil 2.7  | Sesin yüzeyden yansıması [15] . . . . .                                                                                                                            | 9  |
| Şekil 2.8  | Darbeleri matkap [14] . . . . .                                                                                                                                    | 10 |
| Şekil 2.9  | Ses Kaynağı Türleri [16] . . . . .                                                                                                                                 | 10 |
| Şekil 2.10 | Düzlem kaynaktan yayılan ses dalgaları [16] . . . . .                                                                                                              | 11 |
| Şekil 2.11 | Noktasal bir kaynaktan yayılan ses dalgaları [18] . . . . .                                                                                                        | 11 |
| Şekil 2.12 | Çizgisel kaynaktan yayılan ses dalgalarının hareketi [17] . . . . .                                                                                                | 12 |
| Şekil 2.13 | Kulağın algıladığı frekans ve şiddet eşyükseltisi [25] . . . . .                                                                                                   | 17 |
| Şekil 2.14 | Eşdeğer sürekli ses düzeyinin matematiksel olarak hesaplanması (T : toplam ölçüm süresi; $P_t$ : anlık ses basıncı; $P_o$ : referans ses basıncıdır) [8] . . . . . | 19 |
| Şekil 2.15 | Saha gürültü ölçümü [8] . . . . .                                                                                                                                  | 20 |
| Şekil 2.16 | Dış mekan mikrofونun konumu [8] . . . . .                                                                                                                          | 20 |
| Şekil 2.17 | İç mekanda mikrofونun konumu [8] . . . . .                                                                                                                         | 21 |
| Şekil 2.18 | Otoyol kenarına yerleştirilen oyuk geçirimsiz bariyer [20] . . . . .                                                                                               | 22 |
| Şekil 2.19 | Gürültü bariyerinde ses dalgalarının hareketleri [16] . . . . .                                                                                                    | 23 |
| Şekil 2.20 | Bentlerle akustik gölge oluşumu [16] . . . . .                                                                                                                     | 23 |
| Şekil 2.21 | İzolasyonlu kabin . . . . .                                                                                                                                        | 24 |
| Şekil 2.22 | Karayolu güzergahında yapılan bitki bariyer . . . . .                                                                                                              | 24 |
| Şekil 2.23 | Otoyol kenarındaki binanın arkasında oluşan gölge alan [27] . . . . .                                                                                              | 25 |
| Şekil 2.24 | Antalya ili Alanya İlçesi eğlence yeri eylem planı [1] . . . . .                                                                                                   | 33 |
| Şekil 3.1  | Eylem planı yol haritası [37] . . . . .                                                                                                                            | 41 |
| Şekil 3.2  | ArcGIS programında shape dosyası bulma . . . . .                                                                                                                   | 44 |
| Şekil 3.3  | ArcGIS alan toplama formül gösterimi . . . . .                                                                                                                     | 44 |
| Şekil 3.4  | ArcGIS programında data birleştirme . . . . .                                                                                                                      | 45 |
| Şekil 3.5  | ArcGIS data birleştirme sekmeleri doldurma . . . . .                                                                                                               | 45 |

|            |                                                                 |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.6  | ArcGIS programıyla sınıflandırma . . . . .                      | 46 |
| Şekil 3.7  | ArcGIS programında noktasal veri oluşturma . . . . .            | 47 |
| Şekil 3.8  | ArcGIS near sekmesi kullanımı . . . . .                         | 48 |
| Şekil 4.1  | SoundPLAN standart seçimi . . . . .                             | 61 |
| Şekil 4.2  | Seçilen alana ait plan . . . . .                                | 62 |
| Şekil 4.3  | Seçilen alanın uydu görüntüsü . . . . .                         | 63 |
| Şekil 4.4  | Seçilen yol üzerindeki trafik sensörlerinin yerleşimi . . . . . | 64 |
| Şekil 4.5  | Modele atmosfer verileri ekleme . . . . .                       | 64 |
| Şekil 4.6  | SoundPLAN hesaplama ekran görüntüsü . . . . .                   | 65 |
| Şekil 4.7  | Hesaplama ayarları . . . . .                                    | 66 |
| Şekil 4.8  | Senaryo 1 Gürültü Eylem Planı . . . . .                         | 68 |
| Şekil 4.9  | Senaryo 2 Gürültü Eylem Planı . . . . .                         | 70 |
| Şekil 4.10 | Senaryo 3 Gürültü Eylem Planı . . . . .                         | 72 |

## TABLO LİSTESİ

|            |                                                                                                |    |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 2.1  | Çevre gürültüsü düzeyleri açısından bölgesel alanların ses düzeyine göre durumu [21] . . . . . | 16 |
| Tablo 2.2  | Gürültü ile anlaşılabilirlik mesafesi değişimi [21] . . . . .                                  | 18 |
| Tablo 3.1  | Kara Yolu Çevresel Gürültü Sınır Değerleri [32] . . . . .                                      | 37 |
| Tablo 3.2  | Hava Alanı Çevresel Gürültü Sınır Değerleri [32] . . . . .                                     | 38 |
| Tablo 3.3  | Hafif Raylı Sistemler İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri [32] . . .                         | 39 |
| Tablo 3.4  | Endüstri tesisleri için çevresel gürültü sınır değerleri [32] . . . . .                        | 40 |
| Tablo 3.5  | İstanbul' a ait istatistik bilgiler [2] . . . . .                                              | 49 |
| Tablo 3.6  | Gürültü Kaynaklarının İstatistiki verileri [36] . . . . .                                      | 50 |
| Tablo 4.1  | Gürültü Haritalarına Göre Konutlarda Yaşayan İnsan Sayısı $L_{gunduz}$ [2]                     | 53 |
| Tablo 4.2  | Gürültü Haritalarına Göre Konutlarda Yaşayan İnsan Sayısı $L_{aksam}$ [2]                      | 54 |
| Tablo 4.3  | Gürültü Haritalarına Göre Konutlarda Yaşayan İnsan Sayısı ( $L_{gece}$ ) [2]                   | 55 |
| Tablo 4.4  | Gürültü Haritalarına Göre Konutlarda Yaşayan İnsan Sayısı ( $L_{gag}$ ) [2]                    | 56 |
| Tablo 4.5  | Karayolu gürültü yönetim alanları genel bilgisi [2] . . . . .                                  | 57 |
| Tablo 4.6  | Raylı Sistem Gürültü Yönetim Alanları genel bilgisi [2] . . . . .                              | 58 |
| Tablo 4.7  | Endüstri Gürültü Yönetim Alanı genel bilgisi [2] . . . . .                                     | 59 |
| Tablo 4.8  | Havalimanı Gürültü Yönetim Alanı genel bilgisi [2] . . . . .                                   | 59 |
| Tablo 4.9  | Seçilen gürültü yönetim alanı ait bilgiler [2] . . . . .                                       | 62 |
| Tablo 4.10 | Seçilen yoldan yıllık geçen araç sayısı . . . . .                                              | 63 |
| Tablo 4.11 | Senaryo sonuçlarının karşılaştırılması . . . . .                                               | 73 |

## HARİTA LİSTESİ

---

|            |                                                                      |    |
|------------|----------------------------------------------------------------------|----|
| Harita 2.1 | Karayolu gürültü haritası [12] . . . . .                             | 29 |
| Harita 2.2 | Eskişehir İli demiryolu gürültüsü kaynaklı sıcak nokta [1] . . . . . | 33 |
| Harita 4.1 | İstanbul birleştirilmiş gürültü haritası [2] . . . . .               | 52 |
| Harita 4.2 | İstanbul Karayolu Gürültü Haritalama Alanı [2] . . . . .             | 57 |
| Harita 4.3 | İstanbul Raylı Sistem Gürültü Haritalama Alanı [2] . . . . .         | 58 |
| Harita 4.4 | Seçilen karayolu gürültü yönetim alanı [2] . . . . .                 | 60 |

# İSTANBUL'DA GÜRÜLTÜ EYLEM PLANLARI KAPSAMINDA FARKLI GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI İÇİN SICAK NOKTALARIN TESPİTİ VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Satı KÖSE

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Yaşar AVŞAR

Sanayileşme ve teknolojinin hızla ilerlemesi sonucu günümüzde meydana gelen çevre problemlerinden biri de gürültü sorunudur. İstanbul gibi trafik hacmi geniş şehirlerde başlıca gürültü problemi kaynağı ise karayolu gürültüsüdür. Gürültü sorununu azaltmak ve önlemek için öncelikle gürültü seviyesinin ve limit değerlerin aşılp aşılmadığının tespiti gerekmektedir.

Gürültü haritaları gürültü yönetiminde oluşturulması gereken temel dökümanlardır. Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde olan ülkemizde birçok şehrimize ait gürültü haritaları oluşturulmuştur. Gürültü eylem planları da stratejik gürültü haritalarının değerlendirilmesi sonucu oluşturulabilmektedir.

Gürültü eylem planları gürültü ile mücadelenin vazgeçilmez parçalarıdır. Gürültü eylem planlarını oluşturma aşamasında kullanılan yöntemlerden biri, sıcak nokta tespitine dayalı yöntemdir. Sıcak nokta tespitinde amaç en yoğun gürültüye maruz kalan birim alandaki nüfusu tespit etmektir.

Bu tez çalışmasında, İstanbul'daki karayolu, raylı sistem, endüstri ve havalimanı kaynaklı sıcak noktalar tespit edilmiş, tespit edilen sıcak noktalar içinden nüfusun yoğun yaşadığı, şikayetlerin fazla olduğu ve çözüm yöntemlerinin geliştirilebileceği gürültü yönetim alanı seçilmiştir.

Seçilen gürültü yönetim alanında SoundPlan yazılım modellemesi kullanılarak çeşitli gürültü azaltım senaryoları modellenmiştir. Modelleme sonuçları değerlendirilmiş, maruziyet hesapları yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre eylem planı oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Gürültü, stratejik gürültü haritası, sıcak nokta, karayolu gürültüsü, eylem planı, SoundPlan



## ABSTRACT

---

# **DETERMINATION OF HOT SPOTS AND DEVELOPMENT OF SOLUTION METHODS FOR DIFFERENT NOISE SOURCES WITHIN THE SCOPE OF NOISE ACTION PLANS IN ISTANBUL**

Satı KÖSE

Department of Environment Engineering  
Master of Science Thesis

Advisor: Prof. Dr. Yaşar AVŞAR

One of the environmental problems that occur today as a result of industrialization and rapid development of technology is noise problem. Traffic volume in large cities such as Istanbul is the main source of noise problem is highway noise. To reduce and prevent noise problem, it is necessary to determine whether noise level and limit values are exceeded first.

Noise maps are the basic documents that should be created in noise management. Noise maps of many cities have been created in our country in the process of harmonization with the European Union. Noise action plans can also be created as a result of the evaluation of strategic noise maps.

Noise action plans are indispensable parts of the fight against noise. One of the methods used to create noise action plans is the method based on Hot Spot Detection. The aim of hot spot detection is to determine the population in the area of the unit exposed to the most intense noise.

In this thesis, hot spots originating from highway, rail system, industry and airport in Istanbul were identified and noise management area was chosen from the hot spots identified.

Various noise reduction scenarios are modeled using soundplan software modeling in the selected Noise Management Area. Modeling results were evaluated, exposure

calculations were made and action plan was formed based on the results obtained.

**Keywords:** Noise, strategic noise map, hot spot, road noise, Action Plan, SoundPlan



### 1.1 Literatür Özeti

Gürültü üzerine değerlendirmeler ve gürültü haritalarının hazırlanmasına yönelik çalışmalara 1960' lı yıllarda başlanılmıştır [1]. Gürültü konusunda birçok çalışma sanayi alanında gelişmiş ülkelerden olan Almanya' da başlatılmış veya geliştirilmiştir. Gürültü seviyesinin tahmin edilmesi için model geliştirilmesi işlemleri ise 1970' li yıllardadır. Bu çalışmalar hızla ilerletilmiş ve 1980'li yıllarda 40 şehir ve kasabanın gürültü haritası oluşturulmuştur. Teknolojinin hızla gelişerek bilgisayarın hayatımıza girmesi sayesinde 1990' lı yıllarda gürültü haritaları çok daha hızlı ve ayrıntılı oluşturulmaya başlanmış ve 1992 yılında 350 gürültü haritası çıkarılmıştır. Söz konusu gürültü haritalarına istinaden eylem planları hazırlanmış ve gürültü azaltım önlemleri geliştirilmiştir [1].

### 1.2 Tezin Amacı

Gürültünün insan sağlığı üzerinde psikolojik ve fizyolojik etkileri olduğu araştırmalarla ortaya koyulmuştur [2]. Bu sebeple işitsel açıdan konforlu bir çevre oluşturmak için gürültü yönetimi kapsamında, gürültü kontrol altına alınmalıdır. Gürültünün kontrol altına alınmasının ilk adımı etkilenme düzeyinin doğru tespit edilmesidir.

Tezin amacı;

- Çevresel Gürültü Direktifi İçin Uygulama Kapasitesi Projesi kapsamında İstanbul'da modellenen dört gürültü kaynağına ilişkin Stratejik Gürültü Haritaları sonuçlarını incelemektir.
- SoundPLAN modelleme yazılımı kullanılarak gürültü harita sonuçlarına göre tespit edilen sıcak noktalara ilişkin maruz kalınan gürültü seviyesini azaltacak farklı senaryolar üretmektir. Bu sayede İstanbul Gürültü Eylem Planları çalışmasına katkı sağlamaktır.

- Ayrıca gürültüye maruz kalan kişi sayısının öngörülen tedbirler sayesinde azalmasına fayda sağlamayı amaçlamaktadır.

### **1.3 Hipotez**

SoundPLAN model yazılım kullanılarak İstanbul’ da gürültü düzeyi açısından sıcak noktalardaki maruz kalınan gürültü seviyesini azaltacak eylemleri oluşturmak. Yetkili idarenin eylem planı çalışmalarına katkı sağlayarak gürültü tedbiri çalışmalarında etkinliğin artırılmasına katkı sağlamak. Öngörülen tedbirler sayesinde gürültü maruziyetlerinin azaltılmasını sağlamak.

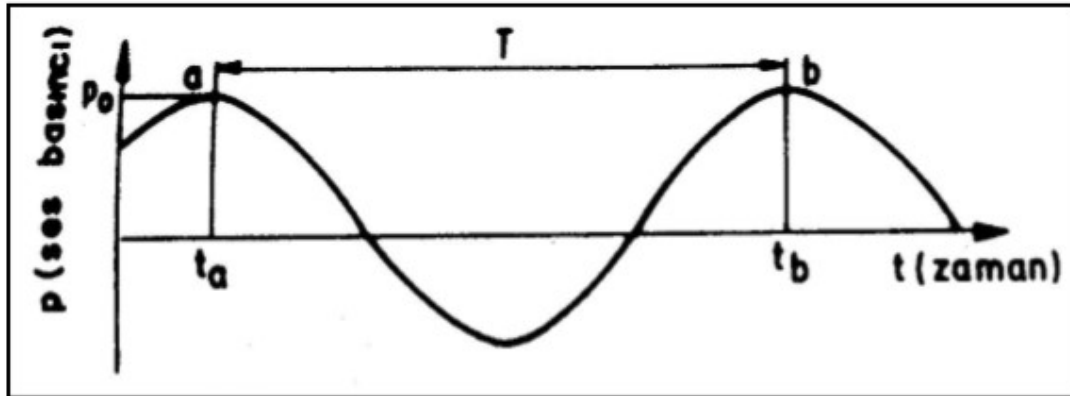


## 2 AKUSTİK

Esnek bir ortamda, periyodik titreşimler meydana getiren bir cismin, ortamın denge basıncında meydana getirdiği değişimler ve bu basınç değişimlerinin belirli bir hız ve faz farkı ile ortamın farklı noktalarına kadar iletilmesi sonucu ses oluşur [1]. Ses, kulağın algılayabileceği basınç değişimi olarak tanımlanabilir. Ses günlük hayatımızın vazgeçilmez bir parçasıdır. Kimi zaman iletişimimizi sağlarken, kimi zaman da bizi tehlikelere karşı uyarır. Sesle ilgilenen bilime akustik adı verilir ve elastik ortamlarda dalga hareketleri ile ilgilenen disiplinlerarası bilim dalıdır. Bu bilim sese ilişkin tüm alanları içermektedir [3].

### 2.1 Akustik Terimler

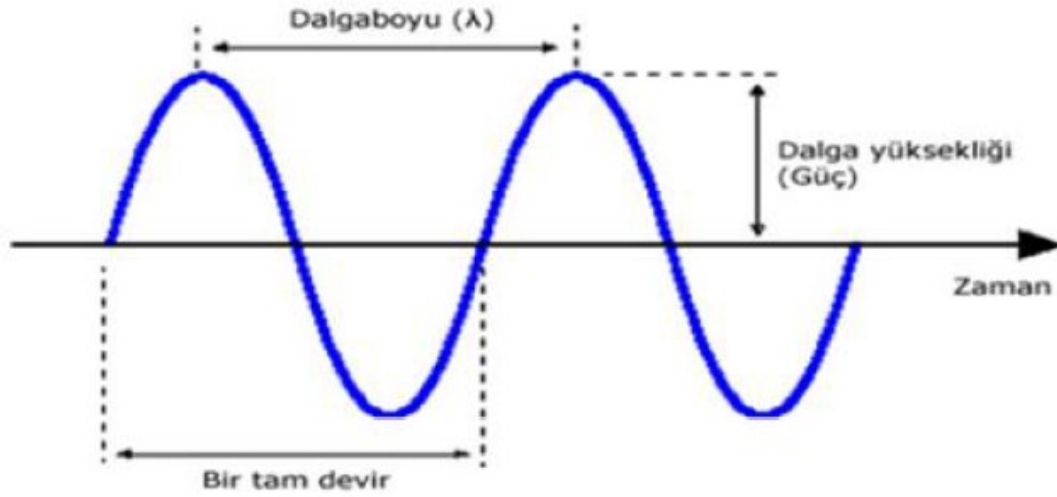
Elastik bir ortamda basınç altında bulunan parçacıkların yer değiştirmesi olayı ile ses oluşmaktadır [2]. Seyrekleşme ve sıklaşma serisi içeren ses dalgası tam ses dalgasını oluşturmaktadır [1].



Şekil 2.1 Ses basıncının zamanla değişimi [4]

Şekil 2.1' de düşey ekseninde yer alan  $P_0$  değeri basıncın en büyük değeri olup, genlik olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2.1' de gösterilen  $T$  (periyot) ise; bir basınç

değişim devri için geçen zaman olup, birimi saniyedir [4]. Basınç değişimi her periyotta değişmeden tekrarlanmaktadır. Periyodun tersine frekans denilir ve  $f$  ile gösterilmektedir. Frekans birim zamandaki basınç değişim devri sayısıdır. Bir saniyedeki devir sayısı (hertz) ile frekans ölçümü yapılır. Şekil 2.2 ' de bir ses dalgasının ilerleyişi sırasında zaman ekseninde oluşan ve birbirini takip eden aynı iki nokta arasındaki mesafeye dalga boyu ( $\lambda$ ) denilmektedir. Zaman ekseninde yer alan tepecik ise dalga yüksekliğini (güç) göstermektedir [4]. Harmonik



Şekil 2.2 Dalgaboyu oluşumu [6]

ses dalgası frekansının ve genliğinin bilinmesiyle tanımlanmaktadır [4]. Çevremizdeki seslerin büyük bir çoğunluğu harmonik değildir. Ses dalgası bazen periyodiktir, fakat harmonik değildir. Ses basıncının ortalama kare değerinin karekökü rms değeri olarak adlandırılmaktadır. Rms değeri ise;

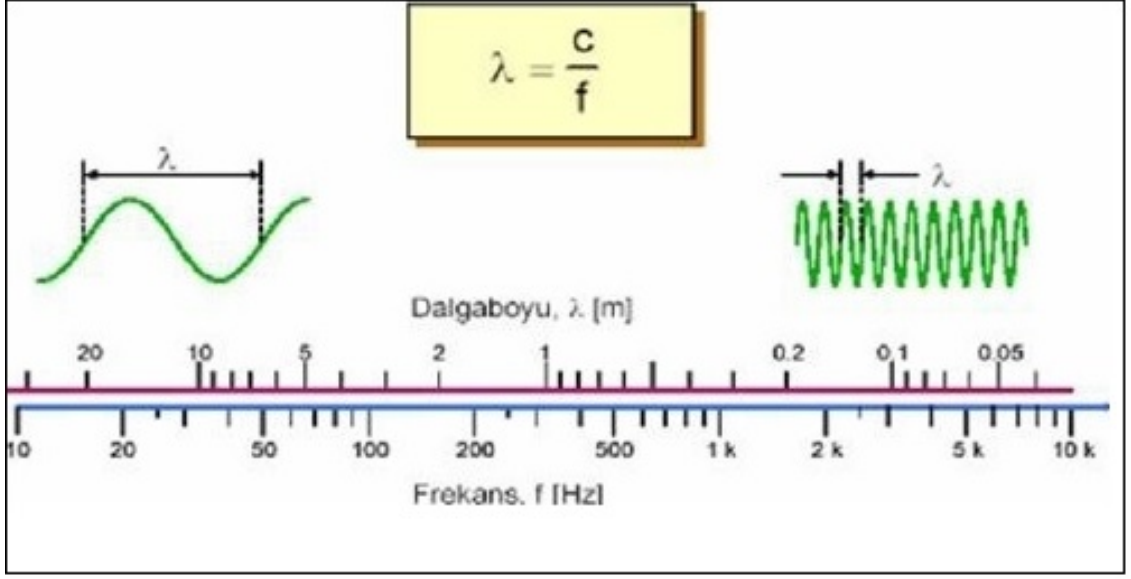
$$P = [1/T \int p^2(t)dt]^{0,5} \quad (2.1)$$

2.1' de yer alan formül ile hesaplanmaktadır. Periyodik ses dalgaları için, yukarıdaki formülde T olarak ses dalgasının periyodu alınmaktadır.

### 2.1.1 Ses Basıncı

Kulak zarının temas ettiği hava basıncındaki değişim sesleri duymamızı sağlamaktadır. Duymada ses basıncı değişimi ses gücünden daha önemlidir. Ses basıncının birimi Pa ( $N/m^2$ ) veya  $dyne/cm^2$ ' dir [2].

Şekil 2.3' te gösterildiği üzere dalgaboyu frekans ile ters orantılıdır, dolayısıyla dalgaboyu uzadıkça frekans azalır.



**Şekil 2.3** Frekans ve dalga boyu ilişkisi [6]

İnsan kulağının işitme alt sınırı  $20 \times 10^{-6}$  Pa iken işitme üst sınırı ise yaklaşık olarak 20 Pa' dır [5]. Bu aralık çok geniş olduğundan genellikle desibel (dB) denilen logaritmik bir büyüklük ile ses ölçülmektedir. Desibel ile ölçülen sesler ise düzey olarak adlandırılmaktadır. Ses basıncı düzeyi  $L_p$  ile gösterilmektedir ve aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$L_p = 10 \log(p^2 / p_0^2) \quad (2.2)$$

2.2 formülündeki  $p$ , ses basıncının karelerinin ortalamasının karekökü,  $p_0$  ise uluslararası referans basıncıdır. Yetişkin bir insanın 1000 Hertz frekansa sahip sesi ancak  $20 \times 10^{-6}$  Pa değerinde bir ses basıncı değişimi sayesinde duyabilir. Bu nedenle referans değer olarak kabul edilir [4].

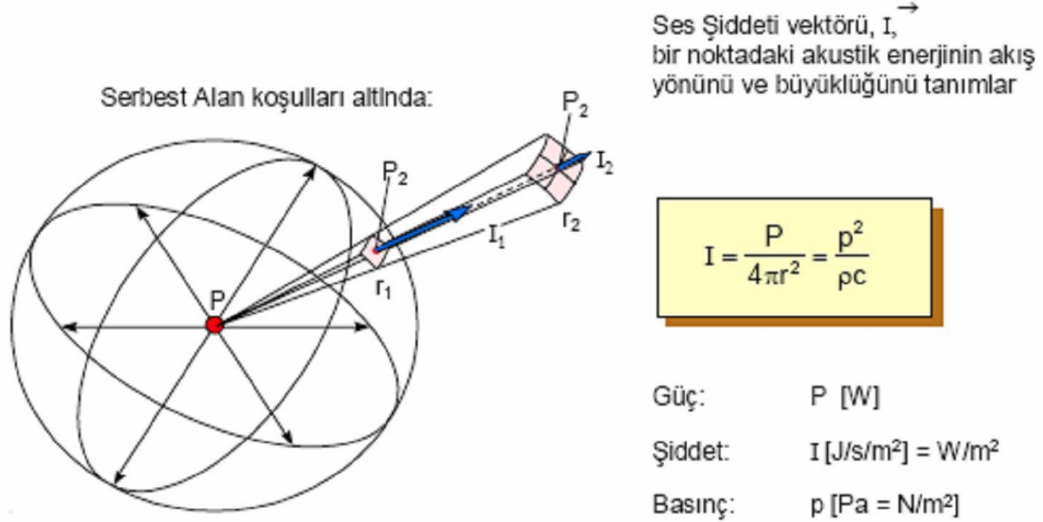
### 2.1.2 Ses Gücü Düzeyi

Ses üreticiden yayılan enerji gücüne ses gücü denilir ve  $W$  harfiyle gösterilmektedir [4]. Güç düzeyi ise  $L_w$  ile gösterilmektedir. Uluslararası referans gücü olarak 2.3' te yer alan eşitlik kullanılmaktadır.

$$W_0 = 10^{-12} W \quad (2.3)$$

$L_w$  ise 2.4' te yer alan formülle hesaplanabilmektedir.

$$L_w = 10 \log \frac{W}{10^{-12}} \quad (2.4)$$



**Şekil 2.4** Ses gücü, şiddeti ve basıncı arasındaki bağıntılar [6]

Ses gücü total gücün yanında oldukça küçüktür. Örneğin hoparlörlerde dahi totaldeki gücün sadece 0,1' i ses gücüdür [6].

### 2.1.3 Ses Şiddeti Düzeyi

Ses kaynağında oluşan  $W$  ses gücüne sahip ses dalgaları,  $A$  alandan geçerse;

$$I = \frac{W}{A} \quad (2.5)$$

2.5' te yer alan formül ile ses şiddeti hesaplanmaktadır. Ses şiddeti düzeyi ise  $LI$  ile gösterilmektedir. Sesin havada yayılması ise,

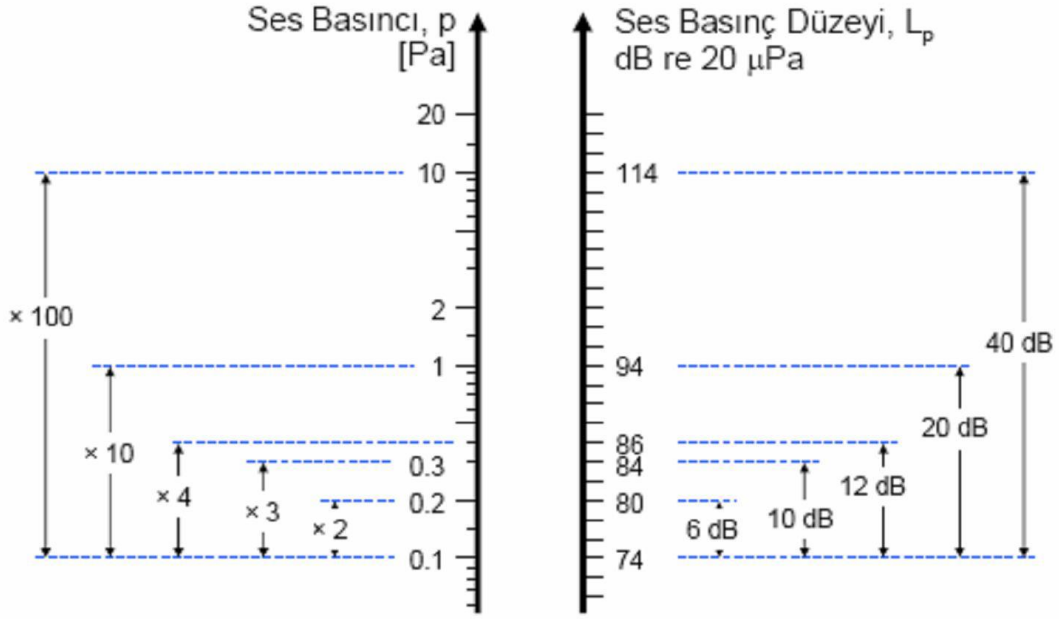
$$LI = L_p - 0,16dB \quad (2.6)$$

2.6'daki bağlantıda görüldüğü üzere 0,16 desibel çok düşük bir değer olduğundan havada ilerleyen ses dalgaları için  $LI$  yerine  $L_p$  alınabilir [2]. Bu durumda ses şiddeti düzeyi;

$$L_p = SBS = 20 \log \times \left( \frac{P_0}{P} \right) \quad (2.7)$$

2.7' de yer alan denklem ile hesaplanmaktadır. Denklemdaki logaritmik oran bize ses basınç seviyesi olan desibel (dB)' i verir. Denklemdaki  $P_0$  değeri insanın duyma eşikini verir.

#### 2.1.4 Ses Birimi (Desibel)



Şekil 2.5 Ses basıncı ve ses basınç düzeyi arasındaki dönüşüm [11]

Bir ses şiddetinin kendisinden 10 kat az diğer bir ses şiddetine oranının 10 tabanına göre logaritmasına eşit ses şiddetine bel; bunun 1/10' una ise desibel denir. Ses yayılması sırasında değişen atmosferik basıncın denge basıncına göre farkıdır. 0.0002 newton/m<sup>2</sup> lik standart referans ses basınç seviyesine oranlanan ses basınç düzeyinin birimi desibel (dB) dir. Şekil 2.5' te ses basıncının (Pa) ses basınç düzeyine dönüşümü (dB) gösterilmektedir.

Ses basıncı bizlerin sesi nasıl algıladığını belirler [7]. İnsanların duyma aralığındaki ses basınçlarını daha kolay belirtmek için logaritmik bir ölçek hazırlanmıştır. Sesin işitilebilir aralığı 0 - 140 dB arasında değişiklik gösterir [8]. 1 dB'lik artış nadir farkedilir 3 dB' lik artış anlaşılır. Ses seviyeleri üst üste toplanamamaktadır. Ses düzeyleri toplamı için 2.8' de yer alan denklem kullanılmaktadır [6].

$$L_{P_{toplaml}} = 10 \cdot \log \left( \frac{L_{P_1}}{10} + 10 \frac{L_{P_2}}{10} + 10 \frac{L_{P_3}}{10} \dots + 10 \frac{L_{P_n}}{10} \right) \quad (2.8)$$

Denklem, ayrı ayrı ölçülen ses düzeylerini lineer formda toplanıp, toplam değer ise logaritmik hale dönüştürülmesine dayanır [7].

Aynı şekilde birçok kaynak arasından belirli bir kaynakta 2.9' da yer alan denklem kullanılarak dönüştürülmektedir [7].

$$L_{P_{kaynak}} = 10 \cdot \log \left( 10 \frac{L_{P_{toplaml}}}{10} - 10 \frac{L_{P_{arkaplan}}}{10} \right) \quad (2.9)$$

Gürültü seviyesi 10 dBA azaltılır ise insanın algıladığı gürültünün yüzde elli azalmasına sebep olmaktadır [9].

Gürültü ölçüm cihazlarında çeşitli frekans değerindeki ses düzeylerini ölçebilmek için takılan çeşitli filtreler vardır. Bunlar;

dB(A): İnsanların frekansa bağlı olarak sese olan duyarlılığına en uygunu olduğundan en çok kullanılanıdır.

dB(B): Nadiren kullanılır, diğer iki filtre arasındadır.

dB(C): Eğlence gürültüsü ve darbe gürültüsünün ölçüm ve değerlendirilmesinde kullanılmaktadır [10].

## 2.2 Sesin Yayılımı

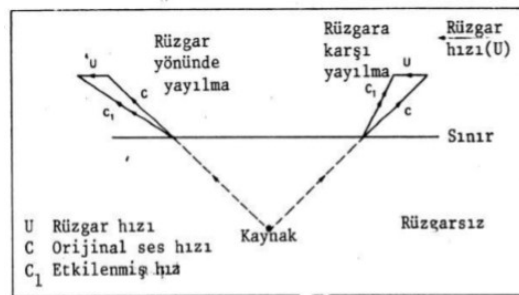
### 2.2.1 Mesafenin Sesin Yayılma Etkisi

Ses dalga yönünün genişlemesiyle ses düzeyinde azalma olmaktadır. Geometrik yayılma frekanstan bağımsızdır ve bütün koşullarda ses düzeyini önemli bir biçimde etkiler [8]. Ses ışınları dengeli atmosferde düz çizgiler durumunda yayılırlar. Mesafe her iki katına çıktığında 6 dB ses düzeyi düşmektedir. Yansımaların olması durumunda bu genelleme geçerli olmamaktadır [7].

### 2.2.2 Nemin Sesin Yayılımına Etkisi

Atmosferde, ses şiddeti ile bağıl nem ters orantılıdır. Bunun nedeni, yoğun bir ortam oluşturan havadaki su buharı oranının artması ve bu yoğun ortam ses dalgalarını daha fazla tutmasından kaynaklanmaktadır. Bu özellik daha çok yüksek frekanslarda artmaktadır [11].

### 2.2.3 Rüzgarın Sesin Yayılımına Etkisi



Şekil 2.6 Rüzgar yönüne göre gürültü dalgalarının yayılması [14]

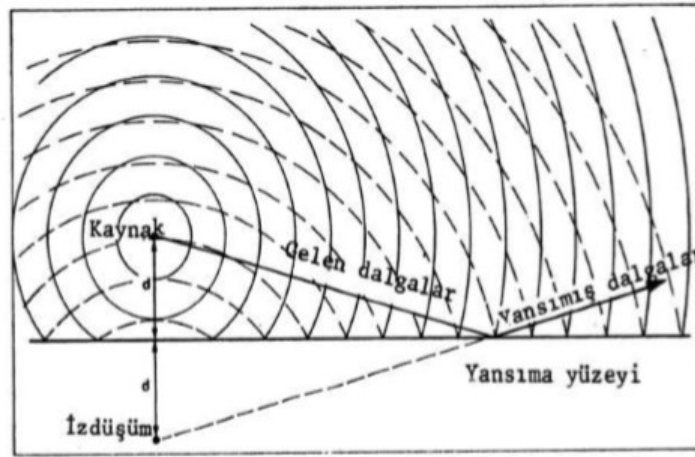
Şekil 2.6' da sesin rüzgar yönüne ve rüzgara karşı yayılımı gösterilmektedir. Rüzgâr hızının 5 m/sn' yi geçtiği durumlarda rüzgâr da bir gürültü kaynağı teşkil etmekte olup, ölçümler bu hız üzerinde yapılmamalıdır. Ancak çok gürültülü bir kaynak ölçülüyorsa rüzgâr hızı etkisi dikkate alınmayabilir [12]. Atmosfer normal koşullar altında viskoz bir ortam olup yeryüzeyinde kaynaktan çıkan ses dalgaları atmosferin belirli tabakalarına ulaştıklarında değişik yönlerde sapabilirler ve değişik hızlara ulaşabilirler.

#### 2.2.4 Sıcaklığın Yayılma Etkisi

Sesin atmosferdeki hızı, hava sıcaklığına bağlı olarak artmaktadır. Atmosferde sıcaklık yükseklikle azaldığından, yükselen ses dalgaları düşük sıcaklıktaki bir atmosfer tabakasına girince hızı düşer ve ses dalgaları iki tabaka sınırında kırılır. Ayrıca, inversiyon tabakasının olduğu durumlarda, atmosferde yüksekliğin artmasıyla birlikte hava sıcaklığı ve ses yayılma hızı da artar ve ölü noktalar oluşmaz [13].

#### 2.2.5 Yüzeyin Yayılma Etkisi

Ses kaynağıyla ölçüm yapılan nokta arasında engellerin bulunması sesin ölçülmesini engeller. Şekil 2.7' de yatayda ve sert düzlemde ses dalgalarının yayılması gösterilmektedir. Absorbsiyon özelliği fazla olan malzemeler gürültü kontrolünde önemli yer tutmaktadır. Absorbsiyonun küçük olduğu yüzeyler akustik bakımından sert yüzeylerdir [13].



Şekil 2.7 Sesin yüzeyden yansıması [15]

#### 2.2.6 Titreşim

Bir sistemin denge konumu etrafındaki salınımlara titreşim denilmektedir. Şekil 2.8' de darbeli matkapla beton kırma yapılırken oluşan titreşim gösterilmektedir. Bu tür

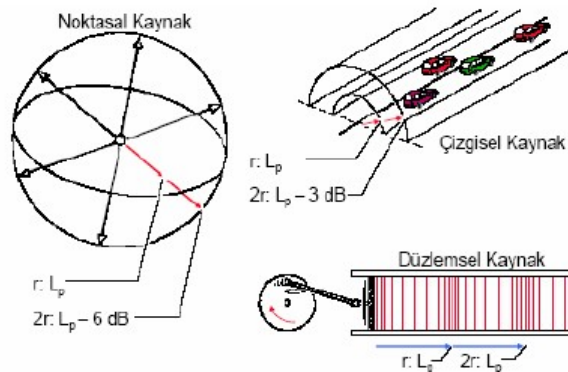


**Şekil 2.8** Darbeli matkap [14]

delici aletler ve mekanik sistemlerdeki titreşimler yüksek olmasına rağmen akustik bakımdan düşük frekanslardır. Mekanik titreşimlerdeki gürültüye endüstride oldukça fazla rastlanır. Bazen de mekanik titreşimler gürültü yayılmasında aracı olurlar [14]. Demiryolu ve karayolunda kullanılan taşıtların meydana getirdiği titreşimde çevredeki her türlü yapı ve insanlar etkilenir. Katı ortamdan aktarılan titreşim çoğunlukla düşey özelliğini korur. Ses yoluyla aktarılan titreşim ise en büyük etkisini yayılma doğrultusunda ve özellikle bu doğrultuya dik ve titreşebilen yüzeylerde gösterir. Ses ile aktarılan titreşimin akustik neticeleri daha etkilidir.

### 2.3 Ses Kaynakları

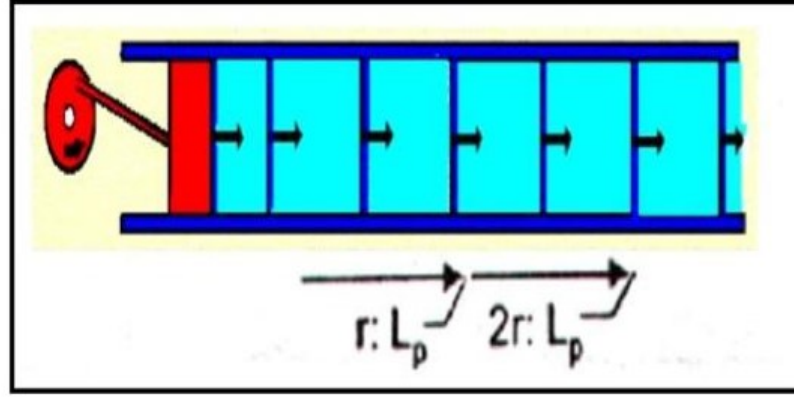
Şekil 2.9’ da gösterildiği üzere ses kaynakları fiziksel olarak düzlemsel kaynak, noktasal kaynak ve çizgisel kaynak olmak üzere 3’ e ayrılır [14]



**Şekil 2.9** Ses Kaynağı Türleri [16]

### 2.3.1 Düzlemsel Kaynak

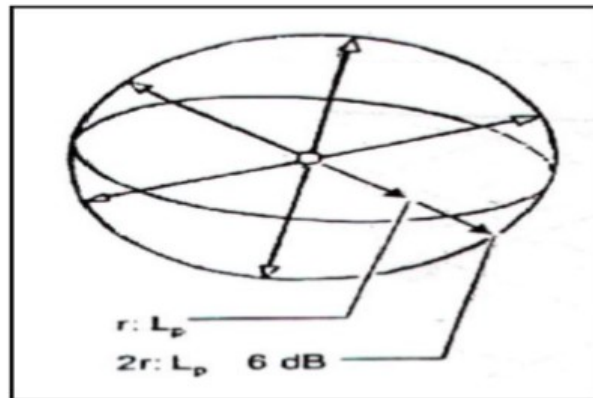
Günümüzde bu tür kaynaklarla çok fazla karşılaşılmamaktadır [15]. Şekil 2.10' da gösterildiği üzere düzlemsel dalgaların içinde ilerlediği bir tüpten ve enerji veren pistondan oluşmaktadır. Tüpün iç yüzeyinde enerjinin kaybolmadığı hipoteziyle, tüpte bulunan ses şiddetinin, kaynağa olan mesafeyle ilişkisi bulunmamaktadır. Ses şiddeti tüpün her yerinde aynıdır. Bu sebeple, kaynaktan uzaklaşılması ses basınç düzeyi değişikliğine neden olmamaktadır [16].



Şekil 2.10 Düzlem kaynaktan yayılan ses dalgaları [16]

### 2.3.2 Noktasal Kaynak

Gürültüye maruz kalan varlıkların kaynağa olan uzaklıkları, kaynağın boyutlarına göre çok ise bu kaynaklara denir. Çokça rastlanan bu kaynaklardan ortaya çıkan ses dalgaları, Şekil 2.11' de gösterildiği üzere serbest küresel veya sadece küresel olarak yayılma gösterirler [15].



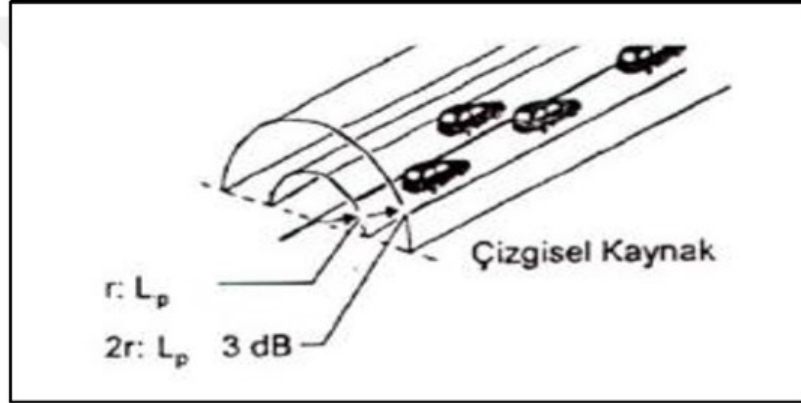
Şekil 2.11 Noktasal bir kaynaktan yayılan ses dalgaları [18]

Noktasal kaynaklardan yayılan sesin basıncı, kaynakla arasında bulunan uzaklık iki katına ulaştığında yüzde elli düşer. Ses basınç düzeyinde ise 6 dB azalmaya neden

olmaktadır [16].

### 2.3.3 Çizgisel Kaynak

Birbirleri arasındaki mesafeleri yakın olan noktasal kaynakların meydana getirdiği kaynaklara çizgisel kaynak denilmektedir. Şekil 2.12’ de yer alan karayolu trafiği gürültüsünün yanısıra demiryolu gürültüsü de çizgisel kaynaklara örnek olarak gösterilebilir [15].



Şekil 2.12 Çizgisel kaynaktan yayılan ses dalgalarının hareketi [17]

## 2.4 Gürültü

Sanayileşme ve teknolojinin hızla ilerlemesi sonucu meydana gelen çevre problemlerinden biri de gürültü sorunudur [5]. Gürültü, istenmeyen ve işiten kişiye anlamsız gelen ses olarak tanımlanabilir. Sesin gürültü özelliğine sahip olması için mutlaka yüksek düzeyde olması gerekmektedir [17]. Genellikle hoş karşılanmayan, harmonik olmayan titreşimlerin bir arada oluşmasına bağlı, rahatsız edici özelliği olan her çeşit akustik olay gürültüdür [18].

Bilimsel olarak gürültü; hoş gitmeyen, itici duygulara sebep olan bir akustik olgudur. Yani bir sesi gürültü olarak nitelendirmek, kişiden kişiye değiştiği gibi, kişinin değişen şartlarına bağlı olarak da değişebilir. Mesela; gençlerin severek dinlediği pop müzik yaşlı insanlar tarafından gürültü olarak nitelendirilir. Ayrıca çok beğenilerek dinlenen bir şarkı o kişi hasta iken veya dikkatini başka bir noktaya odaklamışken gürültü niteliğine dönüşebilmektedir [5].

Belirli karakteristik özelliklere sahip seslerin de insanlar tarafından gürültü olarak hissedildiğini ortaya çıkarmıştır. Mesela geniş bant aralığındaki ses dar bant aralığında sıkışan sestten daha az rahatsızlık verirken, aynı enerjideki iki sestten hızlı yükselen ses daha gürültülü olarak algılanmaktadır [12].

## **2.4.1 Gürültünün Sınıflandırılması**

### **2.4.1.1 Frekans Dağılımına Göre**

Frekans spektrumuna bağlı olarak gürültü geniş bant (sürekli spektrum) ve dar bant (işitilebilir ayrı tonlardaki spektrum) gürültü olarak ikiye ayrılır. Gürültüyü meydana getiren harmonik bileşenlerin frekansları geniş bir aralığa yayılmıştır. Gürültünün sahip olduğu frekans dağılımı hiçbir frekans bandında bir araya gelmemiştir. Beyaz gürültü diyede adlandırılır bu tip dağılıma sahip gürültüler. Çeşitli makinalar bir arada çalıştıkları zaman, geniş bant gürültüye bir örnek oluştururlar. Dar bantta ise bu tür gürültünün sahip olduğu frekans dağılımı, belli bir frekans bandında bir araya gelmiştir. Gürültüyü meydana getiren harmonik bileşenlerin frekansları belli bir aralıkta yer almaktadır. Transformatörün gürültüsü dar bant gürültüye bir örnek olarak verilebilir [19].

### **2.4.1.2 Ses Düzeyi Değişimine Göre Gürültü**

Ses düzeyinin belirli bir zaman içerisinde değişimi sonucu gürültü kararlı ve kararsız olmak üzere ikiye ayrılır. Gürültü düzeyinde zamanla önemli bir değişim meydana gelmez. Hızı ve gücü değişmeyen bir motorun meydana getirdiği gürültü kararlıdır [19]. Kararsız gürültü ise kararlı gürültünün aksine gürültü düzeyinde zaman içindeki değişikliklerin görüldüğü gürültü türü olarak açıklanabilir. Zamanla değişkenlik; dalgalanma ya da durup yeniden harekete geçme (kesikli olma) şeklinde kendini gösterir. Bu özelliklerinden dolayı bu tür gürültüler, dalgalı ve kesikli gürültü adını alır. Kararsız gürültünün değişik bir şekli de darbe gürültüsüdür. Bu gürültü ile kesikli gürültü arasındaki fark; darbe gürültüsünün çok daha kısa olmasıdır. İvmesi değişen aracın motor gürültüsü dalgalı gürültüye örnek verilirken, kesme işlemi yapan bir cihazın meydana getirdiği her kesme işlemi bitiminde azalan ve kesme işlemi sırasında yükselen gürültü ise kesikli gürültüye örnek olarak verilebilir. Tipik bir darbe gürültüsünü örneklemek gerekirse mekanik presin gürültüsü buna en güzel örnek teşkil eder [19].

## **2.4.2 Sesin Absorpsiyonu**

Gürültünün dağıldığı ortamda olan maddeler gürültüyü oluşturan ses dalgalarının yayılması veya yutulması bakımından büyük önem taşır. Gürültü dalgaları bir yüzeye çarptığında enerjinin bir kısmı geri döner, bir kısmı ise yüzey içine hapsolür. Yüzey tipine göre parçaların büyüklüğü değişkenlik gösterir. Gürültü kaynağı ile gürültüyü hissedenler arasında bir takım engellerin bulunması, gürültünün ölçülmesi ve kontrolünü zorlaştırır [6]. Ses dalgalarının yüzeylerde absorbe olması, yüzeyin porozitesine ve pürüzlülüğüne bağlıdır. Yüzeylerin ses dalgalarını absorblaması 0 ila

1 arasında değişkenlik gösteren absorbsiyon katsayısıyla gösterilir. Yüksek absorblama özelliğine sahip malzemeler gürültü kontrolünde oldukça sık kullanılır [1]. Ses serbest ve dağınık alan olarak iki çevresel yayılımı sahiptir. Serbest alan; homojen ve doğal özelliklerini koruyan bir atmosferde, tüm yansıtıcı ve yutucu yüzeylerden temizlenmiş alanlardır. Dağınık alansa; dışardan gelen etkilerle (yansıma, yutulma, kırılma, saçılma gibi yaşanan olaylar sonucunda) sapma ve bozulmalara maruz kalarak karmaşık ses ışınlarının oluştuğu ortamlardır. Binaların iç ve dış çevresine etki eden gürültü problemlerinde tamamen serbest alanla karşılaşmak oldukça güçtür [6]. Hava ve katı ortamda meydana gelen sesler ortam fark etmeksizin yayılabilirler. Atmosferde meydana gelen ve yayılan gürültünün şiddeti, mesafe ile ters orantılıdır. Bununla birlikte hız, sıcaklık, çalkantı ve viskozite de gürültünün yayılmasında önemli bir rol oynar. Gürültünün frekansı ortamın viskozitesiyle değişkenlik gösterirken gürültünün yayılma yönünü de değiştirir [14].

## **2.5 Gürültü Kaynakları**

Gürültünün kaynakları sanayileşme, hızlı nüfus artışı ve yaşam düzeyinin yükselmesiyle artmıştır. Gürültü insanların sağlığını etkileyen çevre kirletici etkiler arasında yerini almıştır [19]. Gürültünün önlenmesi için öncelikle kaynağının tespit edilmesi gerekmektedir. Kaynağına göre gürültünün yayılımı, etkileri ve azaltım tedbirleri farklılık göstermektedir. Akustik gürültüye neden olan yapı içi gürültüleri ve yapı dışı gürültüleri vardır [14]. Yapı içi olanlar daha çok bina içinde oluşan ve genellikle bina içindekileri yada yanındaki kişilere rahatsızlık veren küçük ölçekli gürültülerdir. Örneğin TV, bağırma, eşya sürme, havalandırma sistemleri, jeneratörler, transformatörler vb. binanın kullanım amacına göre özel gürültülerdir. Yapı dışı gürültüler ise daha geniş bir kitleyi etkileyen ulaşım, endüstri, yapım-yıkım ve insan kaynaklı eğlence veya ticari amaçlı seslerdir.

### **2.5.1 Ulaşım Gürültüsü**

Ulaşım amacıyla kullanılan motorlu taşıtların oluşturduğu gürültülerdir. Taşıtın oluşturduğu gürültüyü taşıtın tipi, motor tipi, taşıtın yaşı, bakım periyodu v.b etkilemektedir. Toplam ağırlığı 3500 kg ve üzerinde olan çeşitli boyutlardaki kamyonlar, tırlar ağır taşıt olarak kabul edilirken; diğer motorlu araçlar hafif taşıt olarak nitelendirilmektedir. Ağır taşıtların hafif taşıtlardan 7 kat daha fazla gürültüye sebep olduğu kabul edilir [9]. Yakıt tipine göre ise dizel motorlar daha fazla ses yapmaktadır. Trafik akış hızı, trafik hacmi, ağır taşıtın hafif taşıta oranı gürültüyü etkileyen parametrelerdir [11]. Yüksek hızlarda yol yüzeyine sürtünmeden kaynaklı gürültü baskınken düşük hızlarda motor gürültüsü baskın hale gelir [20]. Motorlu

taşıtların gürültüsünde yolun eğimi ve yüzeyi de sürtünmeden kaynaklı gürültü oluşumunda etkilidir [15]. Yoldaki eğime bağlı olarak ağır taşıtların gürültüsü 5-6 dBA aralığında değişim göstermektedir. Gözenekli yüzeylerde gürültü hapsediğundan bu tür asfalt kaplamalı yollarda 2 dBA azalma gözlemlenmektedir [21]. Raylı sistemler de trenlerin türü vagon sayısı, vagonların özellikleri, lokomotifin gücü, lokomotiflerdeki susturucular, fren özellikleri, vantilasyon şaftı ve sirenler gürültüye etki eden parametrelerdir. Demiryollarının tipi, bakımı, bağlantı özellikleri, dönüş yarıçapları, tüneller ve şevlerin geometrisi, viyadükler ve köprüler de gürültüyü etkileyen faktörlerdir [10]. Uçaklar yapısal özelliklerine (pervaneli ya da turbo uçaklar, jetler, süpersonik uçaklar ve helikopterler) göre ya da kullanım amaçlarına (yolcu veya yük taşımacılığı) göre sınıflandırılır [22]. Uçakların kalkış, iniş ve uçuş sürecinde gürültü oluşturan unsurları, hava emişi, motor ve egzozdur. Kalkışlarda jet gürültüsü en yüksek düzeydedir, uçak yükseldikçe azalır. Alçalma ve iniş anında motor sesi azalırken kompresör ve türbin kaynaklı gürültü artar. Uçuş sürecinde uçak bir noktaya yaklaşırken motora hava girişinden kaynaklanan yüksek frekanslı ses, bir noktadan uzaklaşırken ise jet egzozunun etkisiyle alçak frekanslı ses etkin olur. Havaalanlarına bakıldığında toplu uçuş gürültüleri ve yer işlemleri toplam gürültüyü oluşturan unsurlardır. Toplu uçuş gürültüsü farklı tip ve amaçta birçok uçağın iniş veya kalkış sebebiyle oluşturduğu toplam gürültüdür [22]. Ulaşım kaynaklı gürültülerin son bileşeni olan deniz ulaşımı ise genellikle alçak frekanslı ve yüksek düzeyli bir gürültü kaynağıdır. Deniz ulaşımında kullanılan taşıtlar birbirlerine çok yakın hareket etmedikleri ve aynı doğrultuda hareket etmedikleri için ayrı noktasal kaynaklar gibi düşünülür. Karayolu trafiğinde olduğu gibi çizgisel kaynak söz konusu değildir. Deniz taşıtlarında taşıt tipi, makine türü, taşıtın yaşı, taşıt tonajı ve hızı gürültü seviyesini belirleyen etkenlerdir [22].

### **2.5.2 Endüstri Gürültüsü**

Endüstri tesisinin içinde bulunduğu yapının ses yalıtımının olmaması ve hassas yapılara yakın konumlandırılmış olması başlıca gürültüden rahatsızlık duyulma sebeplerindendir. Endüstriyel alanda en yüksek ses basınç seviyesi yüksek hızla hareket eden gaz akışında gözlenir. Ayrıca işletmede yer alan makinelerin hareketli kısımların yüksek hızlarda çalışması, hava girişi ve egzozlarda susturucu bulunmaması, soğutma sistemlerinin büyüklükleri ve tipleri, makinenin kendi gücü, bakımlarının zamanında yapılmaması gibi nedenlerle gürültü oluşmaktadır. Birkaç sesli makinenin aynı zamanda çalışması, gece zaman diliminde gürültülü makina çalıştırılması, titreşime özel tedbirlerin alınmamış olması gibi etkenlerde çevresel gürültüyü arttırmakta ve etrafındakileri rahatsız etmektedir [21].

### 2.5.3 Şantiye Gürültüsü

Açık alanlarda yapılan hertürlü yapım, tadilat veya yıkma faaliyeti yüksek gürültüye sebep olmaktadır. Şantiyelerde çalışan kamyonlar, dozerler ve forklift araçları; kazı, taşıma, doldurma işlemleri çok gürültü oluşturan faaliyetlerdir. Örneğin şantiyede kullanılan beton kırma makinası 95-105 dBA gürültüye sebep olmaktadır ki bu özellikle insanların dinlenme zamanlarında yapıldığında yankılanmalar ve arkaplan gürültü düzeyinin azalması nedeniyle ciddi rahatsızlık vermektedir [23].

### 2.5.4 Eğlence Gürültüsü

Sosyal hayatta insanlar eğlenmek amacıyla çeşitli organizasyonlarda bulunarak gürültü oluşturlar. Bunlara örnek olarak özellikle açık havada gerçekleştirilen düğün, konser, parti gibi faaliyetlerden söz edilebilir [14]. Eğlence gürültülerinde esas sorun sesin yüksek seviyelerde olması, açık alanlarda bu tür faaliyetlerin yapılması ve/veya yeterli izolasyona sahip olmayan mekanlarda bu tür aktivitelerin yapılmasıdır. Eğlence yerinin konutlara yakın olmaması, kullanılan hoparlörlerin sayısı, yönü ve çeşidi de gürültüyü etkileyen diğer unsurlardandır.

## 2.6 Gürültünün İnsan Sağlığına Etkileri

Gürültü, fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden insanları tehdit eden ve gitgide artan çevresel bir sorundur. Kişiden kişiye değişen psikolojik ve sosyal etkilere sahiptir. Bunun sebebi gürültü algısının şahıslara göre değişim göstermesinden kaynaklanmaktadır [19]. Tablo 2.1’de çevresel gürültü düzeyi 55 dBA ve altında iken etrafındakilere sorun teşkil etmez iken; 65 dBA ve üzerine çıktığında etrafındakilere ciddi sorun olduğu ve davranış bozukluğuna sebep olduğu belirtilmektedir.

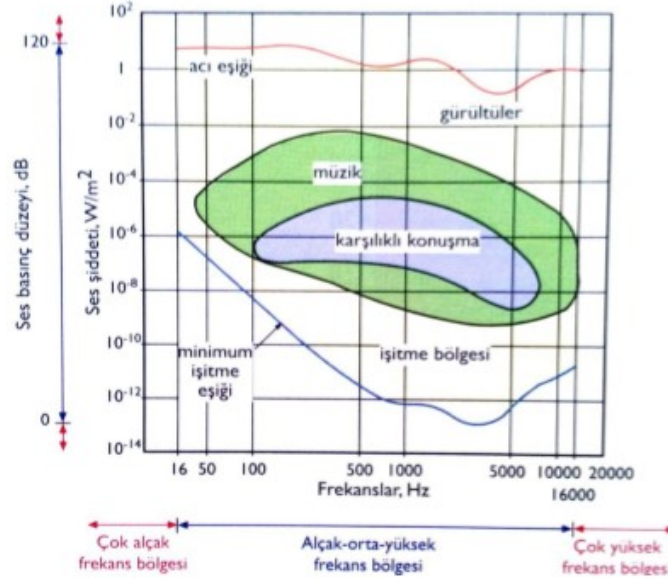
**Tablo 2.1** Çevre gürültüsü düzeyleri açısından bölgesel alanların ses düzeyine göre durumu [21]

| Gürültü düzeyi $L_{eq}$<br>(gündüz) | Bölge | Durum                                 |
|-------------------------------------|-------|---------------------------------------|
| <55                                 | Beyaz | Sorun yok                             |
| 55-60                               | Gri   | Sorun var                             |
| 60-65                               | Gri   | Sorun büyük ölçüde                    |
| >65                                 | Siyah | Ciddi sorun ve davranış bozukluğu var |

### 2.6.1 İşitsel Etkiler

İnsan kulağı sesleri gerçek fiziksel özelliklerine göre algılayamaz. En duyarlı olduğu frekanslar 3 ile 4 kHz arasındadır. Bu aralıkta duyulur en düşük ses şiddeti ise 10

-  $12 \text{ watt/m}^2$  iken rahatsız olmadan işitebileceğimiz en yüksek sınır ise  $1 \text{ watt/m}^2$  dir. Sağlıklı bir insanın kulağı 20 Hz ila 20 kHz frekans arasındaki sesleri duyabilir [19]. Bu genelleme sadece yüzde birlik insanları kapsar. Sesin algılanmasında yaş ve kişilerin hassasiyeti önemli bir etkindir [23]. Şekil 2.13' de gösterildiği üzere insan kulağı yeşil bölgedeki sesleri duyabilmektedir.



**Şekil 2.13** Kulağın algıladığı frekans ve şiddet eşyükseltisi [25]

Kulak çınlaması ve akustik travmalar gürültünün işitme üzerine bazı etkileridir. Kulak çınlaması, yüksek düzeyde sanayiden kaynaklı gürültülere maruz kalma neticesinde oluşur. Akustik travma ise, ani yüksek düzeyde seslere maruz kalma sonucu iç kulak yapısındaki bozulma neticesinde oluşur. Gürültü, işitme sinirlerinde bozulmalara neden olmaktadır. Sinirlerin deformasyonu sonucu sesin işitilebilmesi için daha yüksek düzeylere ihtiyaç duyulmaktadır [23].

### 2.6.2 Fizyolojik Etkiler

Gürültülü yerlerde uzun süre yaşayan insanlar üzerinde yapılan çalışmalar sonucu, tansiyon, kolesterol ve çarpıntı seviyeleri artmaktadır. Ayrıca maruziyet yaşayan şahıslarda yorgunluk, uyku bozuklukları, depresyon, yorgunluk, baş ağrısı ve nevroz mide bozuklukları da sıkça görülen sağlık problemleridir. Ayrıca gürültü stresin en önemli çevresel kaynaklarından biridir [24].

### 2.6.3 Performansa Etkiler

Gürültünün en büyük etkilerinden biri konsantrasyonu engellemesidir. Odaklanmayı zorlaştırdığı için işlerde çalışanın işini tamamlama süresinin uzamasına ve zamana

bağlı verimin düşmesine sebep olmaktadır. Ayrıca yapılan işteki hata payını da arttırmaktadır. Bunun sonuçlarından biride iş kazalarının artmasıdır. İş performansının yanı sıra gürültü günlük yaşamı da olumsuz etkilemektedir. Gürültü iletişimi güçleştirmektedir. Yapılan çalışmalara göre gürültü 35 dBA iken konuşmaların % 100 anlaşılması mümkünken, bu değerin 70 dBA düzeyi üzerine çıkması durumunda telefonla dahi konuşulamaz bir ortam oluşmaktadır [24].

#### 2.6.4 Psikolojik Etkiler

Gürültünün kişilerde oluşturduğu temel psikolojik etkilerden bazıları şunlardır: öfke patlamaları, şiddete eğilim, hoşgörünün azalması, kızgınlık, sakinleştirici kullanma ihtiyacı ve başkalarına karşı yardımseverlik duygusunun azalmasıdır. Gürültü algısı yüksek seviyede ses ile ilişkili değildir. Gürültüden rahatsız olma konusu oldukça kişisel bir olgudur. Rahatsız olma hali kişinin yapısına, o anki psikolojisine ve bulunduğu ortam koşullarına göre farklılık göstermektedir [24].

#### 2.6.5 Konuşmaya Etkileri

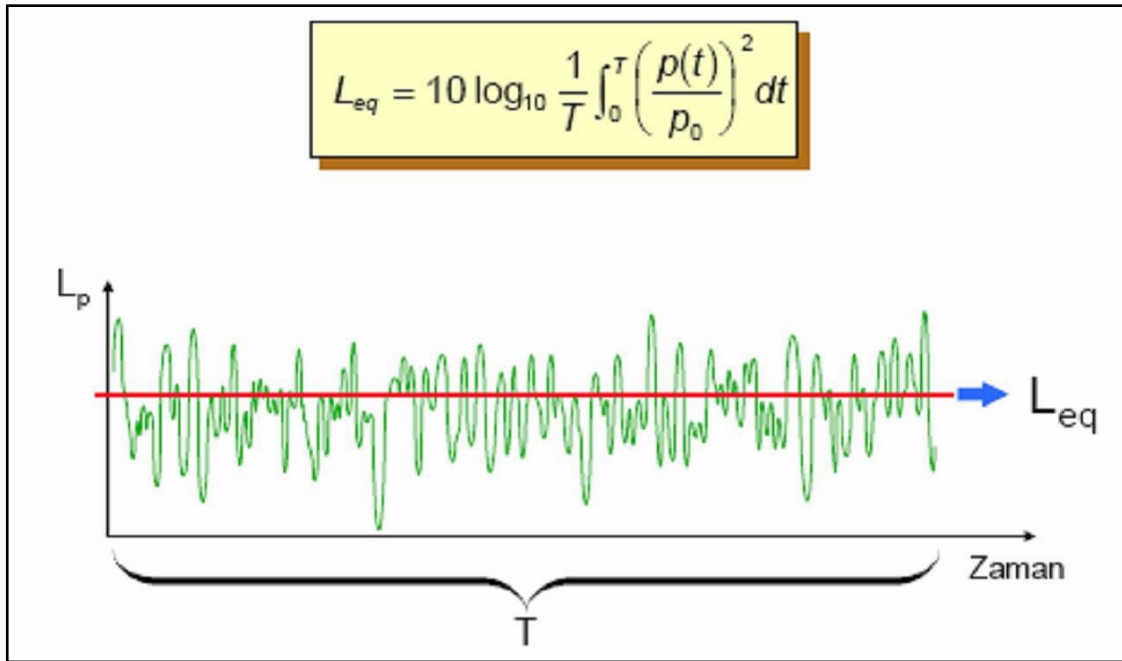
Gürültü seviyesi arttıkça, insanlar kendilerini duyurabilmek amacıyla seslerini yükseltmektedir. Aşağıdaki tabloda görüldüğü üzere gürültü 70 dB olduğunda insanların birbirlerini duyma ihtimali çok azalmaktadır. Oysaki 35 dB seviyelerinde insanlar çok rahat normal konuşma seviyesinde 7,5 m; yüksek sesle konuşma seviyesinde ise 15 m uzaklıkta dahi birbirleri ile rahatça iletişim kurabilmektedir. Ayrıca yüksek gürültülü ortamlarda sürekli bulunan kişiler bir süre sonra normalden daha yüksek sesle etrafındakilerle konuşmaya başlamaktadır [19]. Tablo 2.2' de görüldüğü üzere 70 dB gürültü olan bir ortamda normal konuşmak için kişilerin birbirine 0.13 m mesafe kadar yakın olması gerekmektedir.

**Tablo 2.2** Gürültü ile anlaşılabilirlik mesafesi değişimi [21]

| Konuşmaya karışan gürültü seviyesi (dB) | Normal konuşmanın yeterli anlaşılabilirlikte olacağı en fazla uzaklık (m) | Yüksek sesle konuşmanın yeterli anlaşılabilirlikte olacağı en fazla uzaklık (m) |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 35                                      | 7.5                                                                       | 15                                                                              |
| 40                                      | 4.2                                                                       | 8.4                                                                             |
| 45                                      | 2.3                                                                       | 4.6                                                                             |
| 50                                      | 1.3                                                                       | 2.6                                                                             |
| 55                                      | 0.75                                                                      | 1.5                                                                             |
| 60                                      | 0.42                                                                      | 0.85                                                                            |
| 65                                      | 0.25                                                                      | 0.50                                                                            |
| 70                                      | 0.13                                                                      | 0.26                                                                            |

## 2.7 Gürültü Düzeyi Ölçümleri

Ses ölçüm cihazı ve beraberinde kalibratör kullanılarak kaynaktan yayılan ses basınç düzeylerinin ölçüm cihazı mikrofonu ile algılanması ve frekansa bağlı olarak desibel cinsinden sonuç vermesi ile gürültü düzeyi ölçümü yapılmaktadır. Akustik ölçümler çok çeşitli konulara yönelik yapılmaktadır [25]. Genellikle ölçüm doğruluğu için ölçüm öncesinde ve sonrasında kalibratör vasıtasıyla test ölçümleri yapılmaktadır. Test ölçümleri cihazın ölçüm sapmalarını veren bir göstergedir. Sapmalar laboratuvar ortamında 0.1 dB, alan ölçümlerinde ise 0.5 dB olabilmektedir [6].



**Şekil 2.14** Eşdeğer sürekli ses düzeyinin matematiksel olarak hesaplanması (T : toplam ölçüm süresi;  $P_t$  : anlık ses basıncı;  $P_o$  : referans ses basıncıdır) [8]

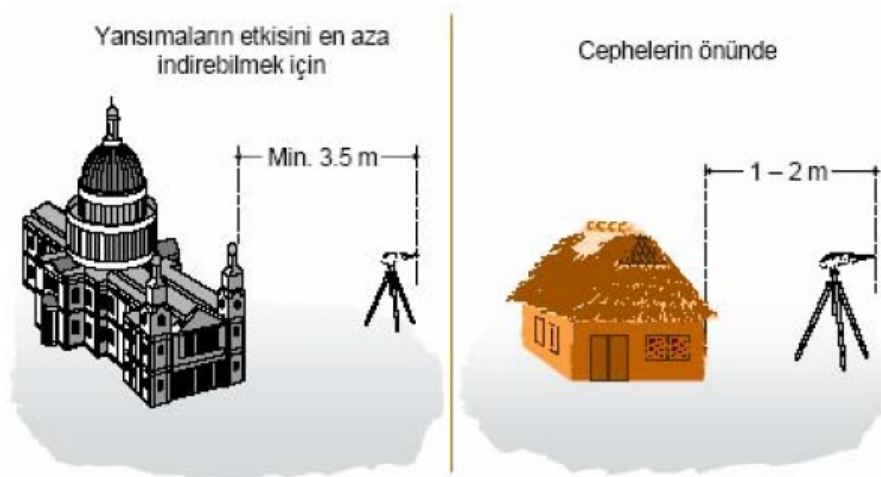
Şekil 2.14' te eşdeğer gürültü düzeyinin zamana göre hesaplanması gösterilmektedir. Eşdeğer Gürültü Seviyesi [ $L_{eq}$ ,  $L_{eq}(T)$ ,  $LA_{eq}$ ,  $LA_{eq}T$ ], Ses Etkilenim Seviyesi (SEL, LE), En yüksek ses seviyesi ( $L_{max}$ ), En düşük ses seviyesi ( $L_{min}$ ), En yüksek tepe değeri (MaxP, Peak), Anlık ses seviyesi (SPL) parametreleri genellikle ölçümlerde kullanılmaktadır [1]. Ölçülecek parametrelerin özellikle ilgili mevzuatta bir eşdeğeri bulunan parametre olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Eşdeğer sürekli ses düzeyi ( $L_{eq}$ ), belirli bir T zaman aralığında ölçülen anlık ses basınç değerlerinin ihtiva ettiği toplam akustik enerjinin ölçüm süresine bölünmesi yoluyla elde edilen düzeyidir.  $L_{eq}$  bir başka anlatımla, ortamdaki değişken gürültü ile aynı akustik enerjiye sahip olan sabit ses düzeyi anlamına gelmektedir. Ses ölçüm cihazları 4 tipe ayrılır [6];

- Tip 0: En dar tolerans aralığına sahip olan laboratuvar standartlarında olan cihazdır.
- Tip 1: Büyük bir hassasiyet ve doğrulukla gerek laboratuvar koşullarında gerekse sahada ölçümler yapmaya yöneliktir.
- Tip 2: Genel amaçlı kullanımlar içindir. Sahada kullanılmak üzere düşünülmüştür. Herhangi bir raporlama gerektirmeyen kontrol amaçlı ölçümler için tercih edilebilir.
- Tip3: Kontrol ölçümleri için tasarlanmış olmasına rağmen elektronik sektöründe kaydedilen ilerlemeler ve tolerans limitlerinin çok geniş olması sebebiyle bu tip cihazlara artık piyasada rastlanmamaktadır. Raporlamalarda veya resmi işlemlerde Şekil 2.15’ te yer alan Tip 1 koşullarını sağlayan cihazlar kullanılmaktadır. Birçok ülke mevzuatında yer alan hükümlere uygun olan cihaz türünde genellikle Tip 1’ dir. Ayrıntılı akustik analiz için frekans analizi yapabilen modeller tercih edilmelidir [6].



Şekil 2.15 Saha gürültü ölçümü [8]

### 2.7.1 Gürültü Düzeyi Ölçüm Koşulları

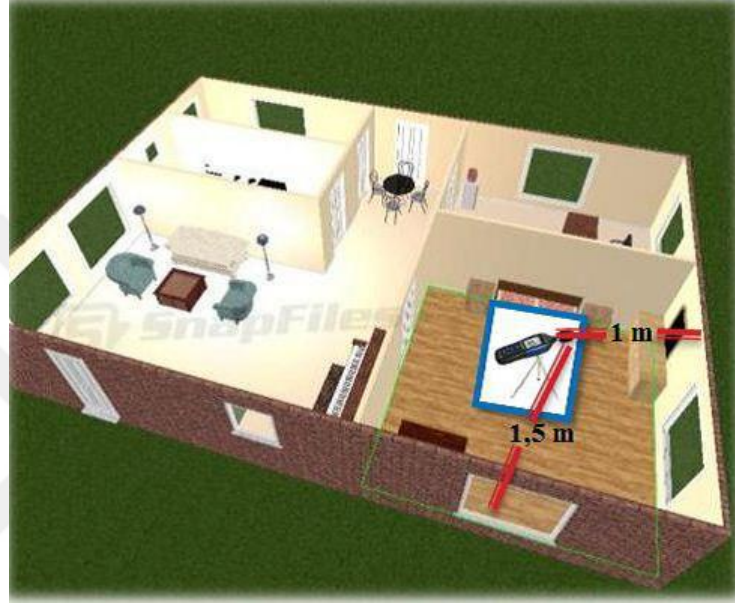


Şekil 2.16 Dış mekan mikrofonun konumu [8]

Şekil 2.16’ da gösterildiği üzere standart olarak mikrofonun cephelerin önünden en az 1-2 m uzaklığa ; yerden yüksekliği ise en az 1.5 m olması gerekmektedir [6].

Mikrofonun en yakın yansıtıcı yüzeyden 3.5 m uzakta olması yansımaların en aza indirgenmesini sağlar. Binadakilerin maruziyeti ölçülecekse mikrofon ilgili cepheden 1-2 m uzaklığa yerleştirilmelidir [25].

Şekil 2.17' de iç mekanlarda yapılacak ölçümlerde mikrofonun nasıl konumlandırılacağı gösterilmektedir. Mikrofon duvarlar veya mobilyalar gibi yansıtıcı yüzeylerden 1 m, pencerelerden ise 1.5 m uzakta tutulması halinde ölçümlerin doğruluk oranı artacaktır [25].



Şekil 2.17 İç mekanda mikrofonun konumu [8]

İç ve dış mekan ölçümlerinde yansımalar ve yutulmalar düşünülerek cihaz konumlandırılmalıdır.

## 2.8 Gürültü Kontrol Yöntemleri

Şehirlerde gürültü sorunu tüm bireyleri ilgilendiren önemli bir problem haline gelmiştir. Özellikle trafikte bulunan araçların korna, motor ve egzoz sesleri büyük bir stres kaynağıdır. Özellikle şehir planlama esnasında bu gürültülerin insanlara ulaşması engellenmesi binaların ulaşım güzergâhlarına olan uzaklığı ve yüksekliği gibi hususlar insanların gürültüden etkilenmesini değiştirebilmektedir. Binaların yapıım özellikleri, ses yalıtımı olan camlar gibi özellikler yaklaşık otuz desibel gürültü azaltımı sağlar [6]. Ulaşım güzergâhlarının etrafında en az 30 metre genişlikte yapraklarının gürültü dalgalarının dağılmasını engelleyecek ağaçların dikilmesi gürültünün önlenmesinde büyük rol oynar. Yol kenarlarına yerleştirilen perde ve engeller ile gürültü büyük bir ölçüde azaltılmaktadır. Şehir içinde bulunan yollarda trafik yükünün fazla olması durumunda, gürültünün azaltılması amacıyla bu yolların etrafına ağaç perdeleme,

özel tahta perdeleme sistemleri yapılmalıdır [19]. Trafikte rahatsız edici seslerden birisi olan gereksiz klakson çalmayı engellemek için çıkarılan mevzuat hükümlerine riayet edilmelidir. Özellikle hassas kullanım alanlarından olan hastane ve okul bölgelerinde klakson kullanımına dikkat edilmelidir. İş yerlerinde gürültüye neden olan çalışmalarda, gürültünün engellenmesi amacıyla kaynakta yok etme seçeneği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu seçeneğin mümkün olmadığı durumlarda gürültünün yayılmasını önlemek için diğer tedbirler gündeme getirilmelidir. Trafikte kullanılan motorlu taşıtların çıkardığı gürültünün engellenmesi amacıyla yapılan muayene işlemleri titizlikle yürütülmelidir. Gerekli standartları sağlamayan araçların trafikten men edilmesi gerekmektedir [19]. Kentlerde ortaya çıkan gürültünün artmaması amacıyla havaalanlarının şehir dışına kurulması gerekmektedir. Yapılacak şehir planlamalarında ileriye dönük kentleşme dikkate alınarak havaalanı yerleşim biriminin bulunacağı alan özenle seçilmelidir [11].

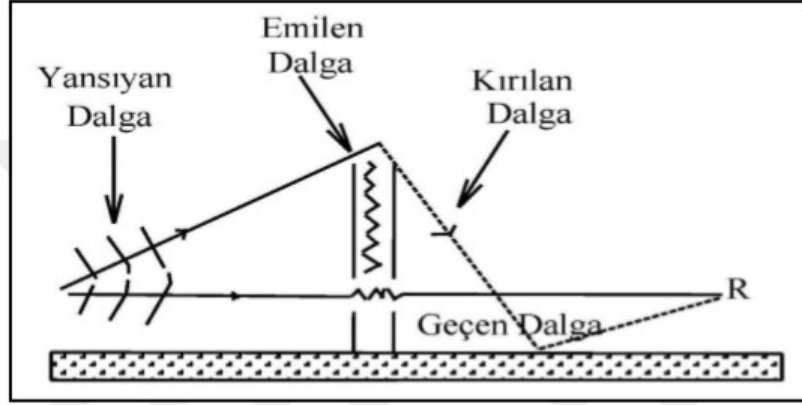
### 2.8.1 Gürültü Bariyerleri



**Şekil 2.18** Otoyol kenarına yerleştirilen oyuk geçirimsiz bariyer [20]

Gürültü bariyerleri Şekil 2.18’ de görüldüğü üzere genellikle karayolu gürültüsü azaltımında tercih edilirler. Kara veya demir yolu kenarlarında düşük katlı binaların gürültüsünün azaltımında fayda sağlarlar. Çalışma prensibi gürültü dalgasının çarpıp geri dönmesi bir kısmının emilmesi ve arka kısmına geçen gürültü dalgasının kırılması şeklindedir. Kısaca aşağıdaki şekilde bu olay gösterilmektedir [18].

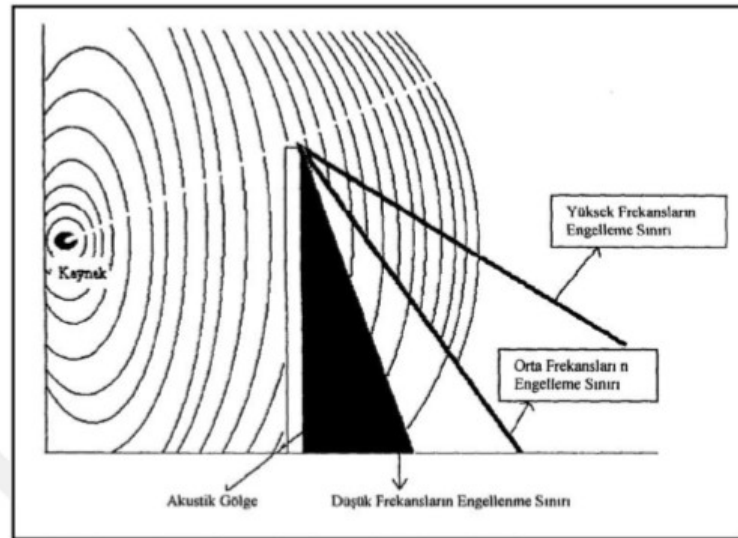
Şekil 2.19’ de gürültü dalgalarının bariyerle karşılaştığında oluşan yansıyan dalga ve kırılan dalga yönleri gösterilmektedir. Gürültü bariyerleri ne kadar oyuk ve geçirimsiz olursa gürültü dalgaları ve gürültünün etkisi o kadar azaltılmış olur. Şeffaf olması ve fazla yer kaplamayanlar tercih edilerek görüntü sorunu azaltılabilir [14].



Şekil 2.19 Gürültü bariyerinde ses dalgalarının hareketleri [16]

### 2.8.2 Gürültü Önleyici Bentler

Gürültü kaynağı bir yapı içine alınarak oluşturduğu gürültü dalgaları azaltılabilir. Yarma şevler gürültüyü engellemek için kullanılan bentlerdir. Estetik kaygılar varsa gürültü duvarları yerine bentlerin kullanımı daha uygundur. Şekil 2.20’ de görüldüğü üzere bentlere ses dalgası çarptığında akustik gölge adı verilen bir gölge oluşur. Yüksek frekanslı gürültüler oluşturulacak bentlerle daha kolay engellenebilmektedir [14].



Şekil 2.20 Bentlerle akustik gölge oluşumu [16]

### 2.8.3 Gürültü Önleyici Kabinler

Gürültü kaynaklarının kaplanması yoluyla gürültü önlebilmektedir. Endüstri tesislerinde ve inşaatlarda gürültü oluşturan makina ve/veya ekipmanların kaplanması ile gürültü izole edilebilmektedir. Şekil 2.21’ de iç yüzeyi yaygın kullanılan ses yutucu bir malzeme ile kaplanmış kabin yer almaktadır. Gürültü

kabinleri kullanılarak 100 dBA üzerindeki gürültü düzeyi olan bir makinanın gürültü seviyesi, kullanılan malzeme türüne göre 1-14 dBA arasında azaltılabilmektedir [26].



Şekil 2.21 İzolasyonlu kabin

#### 2.8.4 Bitki Örtüsünden Faydalanarak Gürültünün Azaltılması

Gürültü azaltım tedbirlerinden olan bariyerler ve bentler estetik açıdan kentin görüntüsünü bozan yapılardır. Bitkiler kullanılarak yapılan gürültü duvarları ise estetik ve çevre sağlığı açısından daha uygundur. Doğal bitkilerin özellikle karayolu kenarlarında, havaalanları, demiryolu güzergâhlarında kullanılmasıyla bu alanlarda oluşan gürültü seviyesinin azaltılması mümkün olabilmektedir [16].



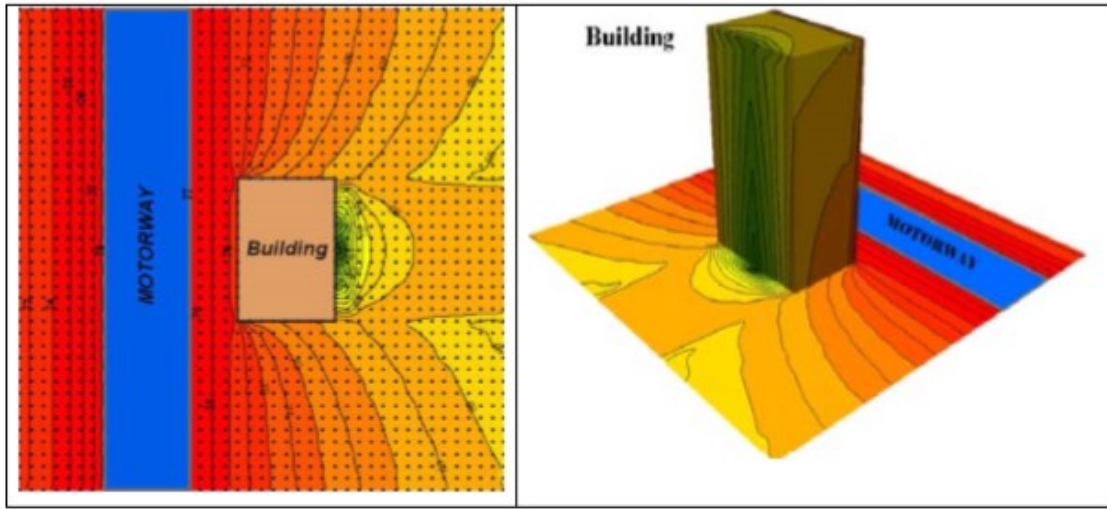
Şekil 2.22 Karayolu güzergahında yapılan bitki bariyer

Yanlış ağaç seçimi veya sıklık oranının az olması sonucu gürültünün azalmadığı görülmüştür. Hızlı büyüyen geniş gövdeli ağaçlar ve bu ağaçların altında yetişen

yabani çalılıklar kullanılmalıdır. Her mevsim yaprakları bulunan, sağlam yapıda, yaprakları yoğun bitkiler tercih edilmelidir [26].

### 2.8.5 Binaların Tasarımlarından Faydalanarak Gürültünün Azaltılması

Trafikten kaynaklanan gürültü yol kenarındaki binaların engel teşkil etmesi sayesinde arka kısımdaki binalara kısmen ya da hiç ulaşmayabilir [27].



**Şekil 2.23** Otoyol kenarındaki binanın arkasında oluşan gölge alan [27]

Şekil 2.23’ de görüldüğü üzere bina adeta bir bariyer etkisi yaparak arka kısmında sessiz bir alan oluşturmaktadır. Ayrıca binanın sağ ve sol arka kısmındaki gürültü seviyesinin de azalmasına burada bulunan kişilerin daha düşük düzeylerde gürültüye maruz kalmasını sağlamaktadır. Yol kenarında yüksek ve geniş binaların bulunması arka kısımlarda yer alan binaların daha az gürültüye maruz kalmasını sağlar. Bu yüzden şehir planlamada gürültü unsuru önemle ele alınması gereken bir konudur. Gürültü önleme çalışmaları doğrultusunda şehir planma önemli yer tutmaktadır [17]. Şehir planlamasında, binaların tasarlanmasında ve yerleştirilmesinde gürültüyü önlemek için şu hususlara dikkat edilmelidir.

- Binaların gürültü kaynağına uzaklığı ve kullanım amacı dikkate alınarak planlama yapılmalıdır. Ticari amaçlı yüksek yapı binalar yol kenarlarında yapılandırılabilir.
- Arazi şartları ve bitkiler gürültünün önlenmesinde kullanılmalıdır. Yol kenarındaki tepecikler, toprak birikimleri mümkünse muhafaza edilmelidir.
- Yansımalarından olabildiğince kaçınılacak tasarım ve planlama yapılmalıdır. Metal yüzeyler yankıya yatkın olduğundan kaçınılmalıdır.
- İzolasyonlu binalar yapılması çok önemlidir. Duvarların ses yalıtımlı, camlarınsa çift

cam kullanılması gürültü maruziyetini azaltmaktadır.

- Bina pencereleri yol olmayan sakin kısma bakacak şekilde yapılmalıdır.
- Uzun bina yapılacaksa ana aks yola dik olacak şekilde konumlandırılmalıdır. Binadaki dinlenme amaçlı kullanılacak odalar binanın yola bakmayan cephesine yerleştirilmelidir [4].

## **2.9 Avrupa Birliği Direktifi ve Türk Mevzuatı' nın İncelemesi**

### **2.9.1 Avrupa Birliği Gürültü Direktifi**

2002/49/EC sayılı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi direktifi, çevresel gürültüye maruz kalmanın etkileriyle mücadele etmeye yönelik ortak bir yaklaşımı amaçlanmaktadır. Direktifin 1.1 Maddesinde;

(a) Üye ülkelerin tamamında, kullanılan değerlendirme yöntemleri yardımıyla gürültü haritalarının hazırlanarak çevresel gürültüye maruz kalma dereceleri belirlenmelidir.

(b) Çevresel gürültü ve etkileri hakkında kamuoyunun bilgilendirilmesi sağlanmalıdır.

(c) Üye ülkeler tarafından, gereken her yerde (özellikle maruz kalma düzeylerinin insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere yol açmasının mümkün olduğu yerlerde) ve çevresel gürültü kalitesini korumanın iyi olabileceği yerlerde; gürültüyü önleme ve azaltma düşüncesinden hareket ederek gürültü haritalarına göre eylem planlarının hazırlanması ve uygulanması gerekmekte olduğu belirtilmektedir.

Ayrıca direktif ulaşım araçları ve açık havada kullanılan teçhizat olmak üzere, belirli kaynaklar tarafından yayılan gürültüyü azaltmak ve topluluk düzeyinde önlemler geliştirmek için bir temel sağlamayı da amaçlamaktadır. Direktifinin temel gereklerini içeren diğer maddeleri aşağıda yer almaktadır.

4. Maddesinde; Üye ülkeler tarafından bu direktifin yürütülmesi sorumluluğunu yükleneyecek uygun düzeyde yetkili otorite ve kuruluşların belirlenmesi, Bu otoritenin sorumluluklar şunlardır:

- Aglomerasyonlar, ana karayolları, ana demiryolları ve ana hava limanları için gürültü haritaları hazırlamak, eylem planları yapmak ve uygun hallerde bu harita ve planları onaylamak,

- Gürültü haritalarını ve eylem planlarını toplamak.

3. ve 5. Maddelerinde; Gürültü göstergelerinin seçilmesi ve yürürlükte olan veya

hazırlıkları sürmekte olan ilgili her türlü sınır değeri hakkında Komisyona bilgi verilmesi

6. Maddesinde; Müşterek çevresel gürültü değerlendirme yöntemlerinin tespit edilmesi,

7. Maddesinde; Stratejik gürültü haritalarının hazırlanması (250.000' den fazla yerleşik nüfusu olan aglomerasyonlar, yılda en az altı milyon aracın geçtiği ana karayolları, yılda 60.000' den fazla sayıda trenin geçtiği ana demiryolları ve ana hava limanları için) ve uygun hallerde bu haritaların yetkili otoriteler tarafından onaylanması,

8.1 Maddesinde; Eylem planlarının hazırlanması. Direktif, gürültünün etkileri ile baş etmek için yetkili otoriteler tarafından eylem planlarının tasarlanmış olmasını temin edecektir. Bu planlar sakin alanları gürültü düzeyinin yükselmesine karşı korumayı da amaçlayacaktır.

Eylem planlarının aşağıdakiler için hazırlanmasını öngörmektedir:

- Yılda altı milyondan fazla aracın geçtiği ana karayolları ve yılda 60.000' den fazla trenin geçtiği demiryolları ile ana hava limanları yakınındaki yerler,
- 250.000' den fazla yerleşik nüfusu olan aglomerasyonlar,

8.4 Maddesinde; Eylem planları özellikle stratejik gürültü haritalama ile tespit edilen en önemli alanlar için uygulanmalıdır. Eylem planlarının öngörülen asgari gereksinimleri karşılaması gerekmektedir.

8.6 ve 7.4 Maddelerinde; Birbirlerine komşu konumda olan üye ülkelerin, sınırlara yakın bölgeler için stratejik gürültü haritalarının ve eylem planlarının hazırlanmasında işbirliği yoluna gitmesi gerekmektedir.

8.7 Maddesinde; Eylem planlarının hazırlanması ve gözden geçirilmesi esnasında, kamuoyu katılımının sağlanması için yeterli zamanın ayrılması da dahil olmak üzere etkili fırsatların oluşturulması sağlanmalıdır.

9. Maddesinde; Kamuya bilgi sağlanmalıdır. Üye ülkeler bu Direktifin IV ve V' inci Eklerinde yer alan hükümlere uygun olarak ve başta çevre ile ilgili bilgilere erişim özgürlüğü hakkındaki 7 Haziran 1990 tarihli Konsey Yönergesi 90/ 313 /EEC olmak üzere ilgili Topluluk mevzuatı gereği yapmış oldukları stratejik gürültü haritaları ve uygun olduğu düşünülen hallerde tasarlamış oldukları eylem planlarını kamuoyunun kullanımına açması ve bu amaçla kullanılabilecek bilgi teknolojilerinden de yararlanarak

yayınlanmasını temin etmelidir.

10. Maddesinde; Stratejik gürültü haritalarından alınan bilgiler ile eylem planı özetlerinin Komisyona gönderilmesi gerekmektedir.

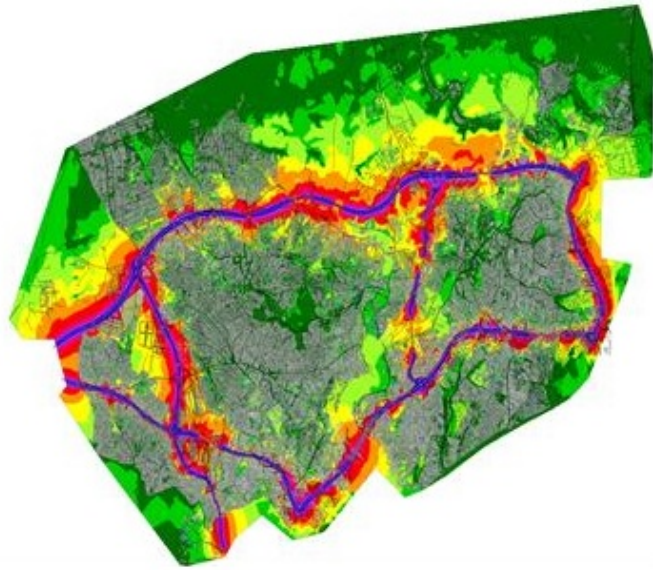
14. Maddesinde; Direktifin koşullarına uyum sağlamak için gereken yasaları, düzenlemeleri ve yönetsel tedbirleri vaktinde yürürlüğe sokulması ve bu konudaki gelişmeler hakkında Komisyona bilgi verilmelidir. Hükümleri yer almaktadır. Avrupa Komisyonu' nunda 2000 yılında benimsenen bir öneri sonucunda, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi 25 Haziran 2002 tarihinde END olarak da bilinen Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimine ilişkin 2002/49/EC sayılı direktif kabul edilmiştir [28].

### **2.9.2 Türkiye'deki Çevresel Gürültü Mevzuatı**

07.11.1982 tarih ve 2709 sayılı Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'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, hükmü yer almaktadır. 09.08.1983 tarihinde kabul edilen 2872 sayılı Çevre Kanunu ile Türkiye'de ilk defa gürültü kontrolüne ilişkin yasal bir düzenleme gerçekleştirilmiştir. Çevre Kanunu' nun 14. Maddesinde; Kişilerin huzur ve sükûnunu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde yönetmelikte belirlenen standartlar üzerinde gürültü çıkarılması yasaktır. Fabrika, atölye, işyeri, eğlence yeri, hizmet binaları, konutlar ve ulaşım araçlarında gürültünün asgariye indirilmesi için gerekli önlemler alınır, denilmektedir. Çevre Kanunu doğrultusundaki ilk yönetsel düzenleme ise 11.12.1986 tarihinde Gürültü Kontrol Yönetmeliği kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çevresel gürültüye yönelik esas ve kriterler bu yönetmelik ile belirlenmiştir. Avrupa Birliği mevzuatına uyum aşamasında ise Avrupa Birliğinin 2002/49/EC sayılı Çevresel Gürültü Yönetimi hakkındaki direktifi dikkate alınarak 01.07.2005 tarihinde Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği hazırlanmış ve yürürlüğe girmiştir. 2004 yılı Mali İşbirliği Programı çerçevesinde, Çevresel Gürültü Yönetimi Hakkındaki Direktifinin Uyumlaştırılması ve Uygulanması Eşleştirme Projesi kapsamında AB Çevresel Gürültü direktifini kendi mevzuatımıza uyarlanması ve uygulanmasına yönelik çalışma yapılmıştır. Bu proje çalışmaları sonucunda 01.07.2005 tarihli Yönetmelik revize edilmiştir. Çevresel Gürültü Yönetimi Hakkındaki Direktifinin Uyumlaştırılması ve Uygulanması Eşleştirme Projesi Mart 2006 - Haziran 2008 tarihleri arasında yürütülmüş ve Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği revize edilmiş haliyle 07.03.2008 tarihinde 26809 sayılı Resmi Gazete' de yayınlanmıştır [29].

## 2.10 Gürültü Haritaları

Gürültü haritaları, bir kente veya bölgeye ait akustik verilerin, belirli bir sistem içerisinde eş düzey eğrileri, renklendirme sistemi ve/veya sayısal değer olarak plan ve kesitte yer almasıdır. Gürültü haritaları bölge, kent ve yapı planlama aşamalarında kullanılabilir. Aynı zamanda şehir planlamada kullanılması gereken haritalardandır. Belirli bölgedeki insanların maruz kaldığı çevresel gürültü düzeylerini haritalar vasıtasıyla değerlendirilmesidir [12]. Çeşitli gürültü kaynaklarından (karayolu, demiryolu, havalimanı, endüstri tesisi, eğlence mekanı) oluşan gürültü yükünü gösteren haritalardır. Gürültü haritalarında yıllık o bölgeye ait gündüz, akşam gece ve tüm gün için ortalaması alınan yük değerleri gösterilmektedir. Gürültü haritalaması yapılması için belirlenen bölgenin coğrafi verileri, ulaşım verileri ve atmosferik verilerin tespit edilmesi gerekir. Bu verilerle hesaplama metotları kullanılarak maruziyet hesaplanabilmektedir [28]. Gürültü seviyesini azaltmak için yapılması gereken ilk adım gürültü haritalarının hazırlanmasıdır. İnsanların rahatsız oldukları gürültü seviyeleri bu haritalar sayesinde kolayca tespit edilebilmektedir. Gürültü haritaları, farklı gürültü kaynakları için ampirik çalışmaların ve insanların gürültü maruziyetlerinin bir göstergesidir [16]. Harita 2.1' de örnek bir karayolu gürültü haritası gösterilmektedir.



**Harita 2.1** Karayolu gürültü haritası [12]

Almanya, Fransa, Hollanda, İngiltere ve İsveç gibi ülkeler çok fazla sayıda gürültü haritası çalışması gerçekleştirmiştir. İlk örnekleri 1960' lı yıllarda Almanya'da, karayolu trafik gürültüsü değerlendirilmesi ve gürültü haritalarının hazırlanmasına yönelik çalışmalardır. 1970' li yıllarda ise, gürültü seviyesini tahmin edebilmek için model geliştirmeye başlanılmıştır. 40 şehir ve kasabanın gürültü haritası ise 1980' de oluşturulmuştur. Bilgisayar sayesinde 1990' li yıllarda gürültü haritaları çok daha

hızlı ve ayrıntılı oluşturulmaya başlanmış ve 1992 yılında 350 gürültü kirliliği haritası çıkarılmıştır [27]. Avrupa Komisyonu' nun 2000 yılında benimsenen bir önerisi sonrasında, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi 25 Haziran 2002 tarihinde END olarak da bilinen çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimine ilişkin 2002/49/EC sayılı direktif kabul edilmiştir. Direktif, çevresel gürültü maruziyeti nedeniyle oluşan, gürültü rahatsızlığını da içeren her türlü zararlı etkiden sakınmak, bu zararlı etkileri önlemek veya azaltmak doğrultusunda genel bir yaklaşım tanımlamayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda birkaç farklı eylem dereceli olarak uygulanmalıdır. Bununla birlikte END, başlıca gürültü kaynaklarından yayılan gürültünün azaltılmasına yönelik AB ölçütlerini geliştirmek üzere bir temel sağlamayı hedeflemektedir. Direktifin başlıca amaçlarına uygun olarak END insanların gürültüye maruz kaldığı özellikle yapılaşmış alanlarda, park gibi sessiz alanlarda ve okul, hastane gibi hassas binalar ve alanlar çevresinde oluşan gürültüyü kapsamaktadır. Direktifin esasları diğer kapsayıcı çevre politikalarının (hava ve atık gibi) esasları ile benzerlik göstermektedir. Bu benzerlikler özellikle iki adımı takip etmektedir:

- Ana karayolları, demiryolları, hava alanları ve yerleşimler için stratejik gürültü haritalarının hazırlanması,
- Yetkili mercilerce seçilecek gürültü sorunlarını yönetmeye ve azaltmaya yönelik uygulanabilir eylem planlarının belirlenmesi.

Kentlerde akustik planlamanın yapılması, sessiz ve sakin alanların korunması amacıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından başlatılan proje doğrultusunda 66 ilde stratejik gürültü haritalarından 25' inin 2017' de tamamlandığı, 41 ilde ise 2019 sonuna kadar çalışmaların tamamlanacağı bilinmektedir. Ülkemizde nüfus, gürültü kaynaklarının sayısı ve verilerin uygunluğu gibi kriterler göz önünde bulundurularak yirmibeş ilin gürültü haritası çıkarılmıştır. Gürültü haritalarının çıkarılmasıyla birlikte;

1. Gürültü sorununun en küçük bölgeden, en geniş bölgeye tanımlanması sağlanacaktır. Akabinde gürültü ile ilgili veriler (alan büyüklüğü, etkilenen nüfus ve yapı sayısı) tespit edilecektir. Bu konuda, Avrupa ülkelerinde daha önceden yapılmış olan bir çalışmada, hazırlanmış olan gürültü haritaları ile söz konusu ülkelerde yaşayan kişilerden 55 desibele yüzde otuz ikisinin, altmışbeş desibele ise yüzde onüçünün rahatsızlık duyduğu tespit edilmiştir.
2. Gürültüden etkilenen şehrin en küçük yerleşim birimleri belirlenerek, ilgili kurum ve kuruluşların eylem planı hazırlaması sağlanacaktır.
3. Ulaşım güzergâhlarının düzenlenmesi ve güzergâhlarda bulunan problemlerin ortadan kaldırılabilmesi için gerekli işlemlerin yapılması sağlanacaktır. (Ağır

vasıtaların kamyon vb. belirli saatlerde şehir trafiğine girmelerinin engellenmesi gibi)

4. Yönetmelikte belirtilen gürültü seviyelerinin sınır değerlerinin aşılması durumunda alınacak tedbirler konusunda gerekli bilgi sağlanabilecektir.

5. Yeni yerleşim birimlerinin oluşturulması sırasında yapılacak şehir plânlamalarında rehber olacaktır.

6. Gürültü sorununu en aza indirmek için daha önce çıkarılmış olan ancak mevcut şartlarda yeterli olmayan kanun ve yönetmelik standartlarında gerekli ekleme ve düzenlemelerin yapılması için büyük yarar sağlayacaktır [28].

### **2.11 Gürültü Eylem Planı**

Stratejik gürültü haritalarının hazırlanmasından sonra ortaya çıkan mevcut durumun, sınır değerleri aşmasında, oluşturulan bu gürültü haritaları vasıtasıyla gürültü maruziyetini azaltmak için eylem planlarının oluşturulması gerekmektedir. [12]. Gürültü eylem planı, gürültüden kaynaklanan sorunların giderilmesi veya azaltılması amacıyla alınması gereken önlemlerin belirlendiği planlara denilmektedir. Gürültü eylem planları hazırlanırken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Gürültü eylem planları imar planları ile birlikte düşünülmelidir ve özendirici olmalıdır. Eylem planları şeffaf içerikte olmalıdır ve kamuoyu ile paylaşılmalıdır. Çevre düzenleme planları ile gürültü azaltımı planları bütünleşik olmalıdır. Eylem planları Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği kapsamında yönetmeliğin dokuzuncu bölümünde belirlenen kriterlere göre hazırlanmaktadır. Eylem planları kapsamında alınacak olan önlemler sorumlu idarenin tasarrufundadır. Ancak, ÇGDYY' de belirtilen sınır değerlerin aşıldığı durumlar eylem planlarında özellikle belirtilir ve stratejik gürültü haritalarında tespit edilmiş olan en önemli bölgelerde eylem planları uygulanır. Gerektiği durumlarda gürültüyü azaltmak ve çevresel gürültü kalitesinin iyi olduğu yerlerde bunu korumak amacıyla, yetkili idarelerce eylem planları hazırlanmasını zorunlu kılarak yerel gürültü sorunlarının üzerine eğilmek. Gürültüden etkilenen insan sayısını azaltmaya yönelik hedefleri içeren uzun vadeli bir AB stratejisi geliştirmek [21].

### **2.12 Gürültü Üzerine Yapılan Çalışmalar**

Gürültü üzerine dünyada ve ülkemizde yıllardır çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan haritalama ve eylem planı oluşturma üzerine bazı örnekler şu şekildedir; Güney Kore' nin Seul kentinde önceki yıllarda ÇED uygulamaları gürültü düzeylerini uzaklık-azalım ilişkisiyle söylemekte ve akustik yayılımın ayrıntılarını

tamamıyla yansıtmamaktaydı. 2020 Seul Mastır Planı kapsamında gürültü haritaları hazırlanmıştır. Gürültü haritaları ile probleme çözüm yolu aranmıştır. Gürültü haritaları sadece şimdiki gürültü düzeylerini göstermekle kalmayıp şehrin gelecekteki gelişme planlarına bağlı gürültü düzeylerini de ortaya koymuştur. Bu çalışma ile Çevresel Etki Değerlendirmenin (ÇED) önemi yanında Gürültü Etki Değerlendirmenin de (GED) öneminden bahsedilmiştir [22].

AB IPA 2009 Yılı Yatırım Programında yeralan Çevresel Gürültü Direktifi İçin Uygulama Kapasitesi Projesi pilot bölge çalışması kapsamında İzmir’ de 2015 yılında trafik/karayolu gürültüsü eylem planı çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı olarak karayolunun 36  $km^2$ ’ lik bir kısmı seçilmiştir. Karayolu gürültüsünün hesaplanması aşamasında trafik bilgileri, yol bilgileri, sayısal haritalar ve nüfus bilgileri programa aktarılarak NMBP Routes 96 hesaplama metodu kullanılmış olup gürültü haritası hazırlanmıştır. Trafik gürültüsünün azaltılmasına yönelik olarak 5 farklı önlem paketi geliştirilmiş olup bunlar; şehir planlaması, trafik planlaması, ses dağılımını azaltacak yapısal önlem, toplu taşıma araçlarının teşviği ve halkla ilişkilerdir [30].

AB IPA 2009 Yılı Yatırım Programında yeralan Çevresel Gürültü Direktifi İçin Uygulama Kapasitesi Projesi pilot bölge çalışması kapsamında Erzurum ilinde de karayolu eylem planı çalışması yapılmıştır. Çalışma da 14 adet gürültü yönetimine aday alan tespit edilmiştir. Seçilen 0,72  $km^2$ ’ lik alanda 23571 kişi yaşamaktadır. Bu kişilerin 15582’ si aşırı gürültüye maruz kalmaktadır. Karayolu üzerinde 4 adet de hassas alan mevcuttur [30].

Normal yol yüzeylerini sessiz olanlarla değiştirilmesi, araba kornalarının kullanımının tamamen yasaklanması, trafik sakinleştirilmesi hız sınırının 30 km/h olduğu alanlar oluşturulması gibi farklı çözüm önerileri içeren 3 adet senaryo oluşturulmuştur. Her bir önlemin etkinlik analizleri de yapılmış olup gürültü seviyesinde ve maruz kalan kişi sayısındaki düşüş, maliyet ve uygulanabilirlik karşılaştırması yapılmıştır [30].

AB IPA 2009 Yılı Yatırım Programında yeralan Çevresel Gürültü Direktifi İçin Uygulama Kapasitesi Projesi pilot bölge çalışması kapsamında Eskişehir İlinde demiryolu eylem planı çalışması yapılmıştır. Toplam demiryolu ağının yarısını temsil eden kısımda 0,05  $km^2$ ’ lik alanda yapılan çalışmada 269 kişinin gürültü maruziyetine ilişkin önleme çalışmaları yapılmış olup, bunlardan 45 kişi aşırı maruz kaldığı tespit edilmiştir [28].

CadnaA modelleme yazılım programı ile yapılan çalışma sonrası farklı senaryolar ile gürültü azaltım tedbir önerileri oluşturulmuştur [30].

AB IPA 2009 Yılı Yatırım Programında yeralan Çevresel Gürültü Direktifi İçin Uygulama



**Harita 2.2** Eskişehir İli demiryolu gürültüsü kaynaklı sıcak nokta [1]

Kapasitesi Projesi pilot bölge çalışması kapsamında Antalya İli Alanya ilçesinde eğlence yerleri eylem planı çalışması yapılmıştır. 181 noktanın 62 sinde gürültü ölçümleri yapılarak gürültü seviyeleri belirlenmiştir [28].

| BELEDİYE                                                                                                                              | ANTALYA      | Gürültü Yönetim Alanı ID'si                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | P07_CNMA_13<br>P07_NMA_01 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Gürültü kaynağı türü                                                                                                                  | Rekreasyonel |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           |
| <b>Gürültü Skoru</b>                                                                                                                  |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           |
| Eylem öncesi toplam gürültü skoru:                                                                                                    |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1569434                   |
| <b>GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI BİLGİSİ</b>                                                                                                     |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           |
| En Yakın Gürültü Kaynağı ID'si ve Adı                                                                                                 |              | Res89<br>Nordic Point - ResDay                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                           |
|  <p>Haritalanan kaynak hakkında kısa açıklama:</p> |              | <p>Oteller: 11:00-18:00 saatleri arasında (haftanın tüm günleri, 7 ay/yıl): Havuz etkinlikleri;</p> <p>18:00-20:00 saatleri arası (haftanın tüm günleri, 7 ay/yıl): minimum gürültülü etkinlikler (fon müziği);</p> <p>20:00-24:00 (5 gün/hafta, 7 ay/yıl): minimum gürültülü etkinlikler (fon müziği);</p> <p>20:00-23:00 (2 gün/hafta, 7 ay/yıl): maksimum gürültülü etkinlikler (Türk gecesi ve benzer eğlenceler).</p> <p>Restoranlar: 10:00-20:00 (haftanın tüm günleri, yılın tamamı): Minimum gürültülü etkinlikler (fon müziği);</p> |                           |
|                                                                                                                                       |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           |
|                                                                                                                                       |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           |
|                                                                                                                                       |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           |

**Şekil 2.24** Antalya ili Alanya İlçesi eğlence yeri eylem planı [1]

Yapılan çalışmada 3 gürültü yönetim alanı bulunmuş olup, 0,34 km<sup>2</sup> lik alana ve 6962 kişiden 4863 kişinin aşırı gürültüye maruz kaldığı tespit edilmiştir. Elde edilen veriler

doğrultusunda Şekil 2.24' te yer alan eylem planı oluşturulmuştur. CadnaA modelleme ile yapılan çalışma sonrası 15 dBA azaltım sağlayacak farklı azaltım senaryoları oluşturulmuştur [30].

## 2.13 Gürültü Tahmin Modelleri

Teknolojisindeki hızlı gelişmeler sayesinde gürültü haritaları daha pratik ve daha kolay yapılabilmektedir. Akustik modellerin doğruluğu gürültü haritalarının doğruluğuna bağlıdır [31].

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği gereği karayollarından kaynaklı çevresel gürültü düzeyinin tayin edilmesinde Fransız ulusal hesaplama yöntemi olan NMPB (Nouvelle Methode de Prevision de Bruit, Yeni Gürültü Tahmin Modeli) metodu kullanılmaktadır. Dünyada kullanılan bazı karayolu gürültüsü hesaplanması tahmin modelleri;

- Avusturya ÖAL 23/ RVS 3.114
- Fransa NMPB
- Japonya Road Model B
- Birleşik Krallık Calculation of Road Traffic Noise (CoRTN)
- Almanya RLS 90 and DIN 18005
- İskandinavya Statens Planverk 48 (Nordic Road Noise Prediction)
- İskandinavya Road Traffic Noise 1996:525
- İsviçre, EMPA (StL-86)
- ABD, Federal Highway Model (FHWA) 'dir.

## 2.14 Gürültü Modelleme Programları

### 2.14.1 SoundPLAN

Dünyada en çok kullanılan model olan SoundPLAN, gürültü ve hava kirliliği modellemesi yapabilmektedir. Geliştirilebilir, kullanımı kolay ve anlaşılır olmasının yanında veri tabanına erişim, analitik gereksinimleri karşılaması ve yasal çerçevelerin aktarılabilirdiği bir yazılımdır. Bu model, yükselti hatlarını oluşturmak için işlenmiş yükselti verilerini kullanmaktadır. Yükselti hatlı üçgenleştirilmiş ağ gürültü modelinin

omurgasını oluşturur. Modelden konut, sanayi, hastane vb. bölgeleme, sakinlerin sayısı gibi bina bilgileri alınabilmektedir. Veriler biçim dosyalarında ise, direkt binaya da aktarılabilir. Farklı kaynaklardan veriler, kullanıcı tarafından tanımlanabilen ASCII arabirimi ile toplanıp, işlenebilir [24].

#### **2.14.2 CadnaA**

CadnaA, Datakustik firması tarafından geliştirilmiş 32 bitlik Windows ortamında çalışan bir yazılımdır. Seçilen çeşitli bölgelerde çevre gürültüsü kaynaklarından ses yayılımının modellenmesi ve ses düzeylerinin tahmin edilmesini sağlamaktadır. Birçok kaynak için kullanılmaktadır. Ses düzeylerini etkileyen tüm faktörleri belirli bir alan için hesaba katar. Model kullanılarak 30 standart ve yönergeye uygun hesap yapılabilir. Çok sayıda sabit alıcı noktası için, kaynağa bağlı kısmi seviyelerin tümü hesaplanıp, kaydedilebilir model kullanılarak [32].

#### **2.14.3 IMMI**

Wolfel firması tarafından üretilmektedir. Karayolu, demiryolu, endüstri, eğlence tesisleri, havaalanı ve birçok ölçekte gürültü modellemesi yapılabilmektedir. Modelde, yirmi değişik birçok ülkede kullanılan hesaplama metodu yer almaktadır. Yazılımda, açık alanlardaki tüm fiziksel unsurlar göz önüne alınarak işlem gerçekleştirilmektedir. IMMI kullanarak gürültü haritalama sonuç listeleri ister grafik olarak isterse numerik olarak alınabilmektedir [33].

#### **2.14.4 Predictor**

Brüel& Kjaer firması tarafından üretilmiştir. Model, farklı gürültü hesaplama yöntemlerini içermektedir. Birçok ölçekteki farklı kaynaklı gürültülerin analizinde ve hesaplamasında sorunsuzca kullanılabilir. Modelle, başka modelleri üretmek amacıyla biraç küçük harita arka plan olarak getirtilebilir, ölçeklendirilebilir ve doğru olarak yönlendirilebilmektedir. Alternatif olarak, modeller, DXF ara yüzeyleri boyunca, Auto CAD dosyalarından yapılabilir. Bu sayede tekrar bu programlarda geri kullanıma olanak sağlar. Ayrıca, sonuçlardaki kullanıcı tanımlı maksimum tolerans, önemsiz kaynakları önemsememesini sağlamaktadır. Predictor, bunlara ek olarak arazi modellerini ve binaları basitleştirerek hesaplama zamanını arttırmaktadır. Elde edilen sonuçların kalitesi, grid pozisyonlarındaki tekrar hesaplamalarla karşılaştırarak istatistiksel olarak analiz de edilebilmektedir. Programın modüler dizaynı ve ASCII, veri değişimi, onun diğer yazılım paketlerine entegre olmasını sağlamaktadır. Modele hesap modülleri, çevresel yönetim, trafik yönetimi ve GIS sistemi entegre edilebilir [34].

### 3

## MATERYAL - METOD

---

Ülkemizde çevresel gürültü konusundaki çalışmalar, AB Çevresel Gürültü Direktifine tam uyumlu olarak hazırlanmış olan 04.06.2010 tarih ve 27601 sayılı (Değişik:RG-18/11/2015-29536) Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY) kapsamında yürütülmektedir. ÇGDYY’ de stratejik gürültü haritalarının ve eylem planlarının hazırlanmasına ilişkin çeşitli sorumluluklar ve zorunluluklar belirlenmiştir [28]. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’nde her 5 yılda bir stratejik gürültü haritalarını ve gürültü eylem planlarını hazırlanması gerektiği belirtilmektedir. İlk adımda, 250,000 den fazla nüfusa sahip yerleşimler, yılda 6 milyondan fazla aracın geçtiği ana karayolları, yılda 60,000’den fazla trenin geçtiği ana demiryolları, yılda 50,000’den fazla hareketin gerçekleştiği ana havaalanları için gürültü haritaları (2016 yılı içinde) ve eylem planları (2018 yılı içinde) hazırlanması gerektiği belirtilmektedir. İkinci adımda, gürültü haritaları (2019 yılı içinde ve takip eden her 5 yılda) ve eylem planları (2013 yılı içinde ve takip eden her en az 5 yılda ve gerekli görüldüğü diğer durumlarda) aşağıda belirtilen koşulları sağlayan yerlerde hazırlanmalıdır: Yerleşim alanları > 100,000 nüfus Ana demiryolları > 30,000 tren/yıl Ana karayolları > 3 milyon araç/yıl Ana havaalanları > 50,000 hareket/yıl Yetkili idareler 2017 yılı içinde, yetki alanları içinde kalan yerleşim yerleri, ana karayolları, ana demiryolları için sınır değerlerin aşıldığı bölgelerde, öncelikleri belirleyen eylem planlarını hazırlamakla yükümlüdür [29]. Eylem planları yürürlükteki mevzuat kapsamında geliştirilmeli ve mevcut gürültü yönetimi çerçevesinin tanımını ve değerlendirmesini içermelidir. Eylem planları gerekli yerlerde çevresel gürültüyü önleme ve azaltma amacıyla gürültü haritalama sonuçlarına ve gürültü sınır değerlerine dayanarak ilgili belediye başkanlığının koordinasyonunda tüm ilgili kurum ve kuruluşların katılımıyla hazırlanır [28]. Devlet önerilen eylem planları hakkında halkın katılımını sağlamalı, eylem planlarının hazırlanması ve incelenmesi süreçlerinde halkın katılımına erken aşamalarda ve etkin olarak imkân vermelidir, böylelikle bu katılımın sonuçları dikkate alınır ve halk alınan karar hakkında bilgilendirilir. Halkın katılımında her bir aşama için

makul zaman çerçevelerinde yeterli süreler sağlanmalıdır. Halkın katılımının eş zamanlı olarak gerektiği diğer yasal düzenlemelerden kaynaklı durumlarda halkın katılımı süreci ortaklaşa yürütülebilir. İlgili yasal düzenlemelere uygun olarak mevcut bilgi teknolojileri kullanılarak stratejik gürültü haritaları ve eylem planları erişilebilir kılınmalı ve halkın geneline iletilmelidir. Paylaşılan bu bilgi açık, anlaşılır ve erişilebilir olmalıdır [35]. ÇGDYY’ de karayoluna ilişkin çevresel gürültü sınır değerleri Tablo 3.1’ de yer almaktadır.

**Tablo 3.1** Kara Yolu Çevresel Gürültü Sınır Değerleri [32]

| Alanlar                                                                                                                     | Planlanan /Yenilenmiş/<br>Onarılmış yollar |        |       | Mevcut yollar |        |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------|-------|---------------|--------|-------|
|                                                                                                                             | Lgündüz                                    | Lakşam | Lgece | Lgündüz       | Lakşam | Lgece |
|                                                                                                                             | (dBA)                                      | (dBA)  | (dBA) | (dBA)         | (dBA)  | (dBA) |
| Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim,kültür ve sağlık odaları ile yazlık ve kamp yerlerinin yoğun olduğu alanlar          | 60                                         | 55     | 50    | 65            | 60     | 55    |
| Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar   | 63                                         | 58     | 53    | 68            | 63     | 58    |
| Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar | 65                                         | 60     | 55    | 70            | 65     | 60    |
| Endüstriyel alanlar                                                                                                         | 67                                         | 62     | 57    | 72            | 67     | 62    |

Tablo 3.1’ de görüldüğü üzere karayolu gürültü sınır değerleri belirlenirken konutların kullanım amacı ve yoğunluğunun dikkate alındığı görülmektedir. Hassas alanların yoğun olduğu yerlerde sınır değer gece için 55 dBA olarak belirlenirken; endüstriyel bir bölgede sınır değer gece için 62 dBA olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.2’ de ise Yönetmelik’teki havaalanları için çevresel gürültü sınır değerleri verilmiştir. Tablo 3.2’ de havaalanının kapasitesinin değerleri belirleyen bir parametre olduğu görülmektedir. Havaalanlarının kapasitesinin 50.000 altında olması durumunda değerler daha düşük belirlenirken 50.000 üstündeki havalanlarında

**Tablo 3.2** Hava Alanı Çevresel Gürültü Sınır Değerleri [32]

| Alanlar                                                                                                                     | Küçük hava alanları<br>(yılda 50000 altında<br>iniş kalkış olan<br>havaalanları) |        |       | Büyük hava alanları |        |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|---------------------|--------|-------|
|                                                                                                                             | Lgündüz                                                                          | Lakşam | Lgece | Lgündüz             | Lakşam | Lgece |
|                                                                                                                             | (dBA)                                                                            | (dBA)  | (dBA) | (dBA)               | (dBA)  | (dBA) |
| Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim,kültür ve sağlık odaları ile yazlık ve kamp yerlerinin yoğun olduğu alanlar          | 63                                                                               | 58     | 53    | 65                  | 60     | 55    |
| Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutlarınyoğun olarak bulunduğu alanlar    | 65                                                                               | 60     | 55    | 68                  | 63     | 58    |
| Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar | 67                                                                               | 62     | 57    | 72                  | 67     | 62    |
| Endüstriyel alanlar                                                                                                         | 70                                                                               | 65     | 60    | 75                  | 70     | 65    |

değerler daha yüksek belirlenmiştir. Karayolunda olduğu gibi havaalanlarında da konutların türü ve yoğunluğuna göre değerler değişmektedir.

**Tablo 3.3** Hafif Raylı Sistemler İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri [32]

| Yer altı İstasyonları                                                     |                                   | $L_{eq}$<br>(dBA) | Yerüstü İstasyonları                       |                                   | $L_{eq}$<br>(dBA) |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Gişeler, merdivenler, koridorlar                                          |                                   | 55                | Platformlar<br>(platform kenarından 1,8 m) | Duran ve kalkan trenler için      | 70                |
| Platformlar<br>(platformu kenarından 1,8 m)                               | Duran ve kalkan oluşturma için    | 80                |                                            | Geçen Trenler                     | 75                |
|                                                                           | Geçen Trenler                     | 85                |                                            | Çalışır giden bekleyen lider için | 6                 |
|                                                                           | Çalışır giden bekleyen lider için | 65                |                                            |                                   |                   |
| İstasyon içinde Havalandırma sistemi                                      |                                   | 55                |                                            |                                   |                   |
| Caddelerde havalandırma kanalları (9.0 m'de)                              |                                   | 55                |                                            |                                   |                   |
| İstasyon içinde kapalı hacimlerde bulunan acil servis fanları (22.5 m'de) |                                   | 80                |                                            |                                   |                   |

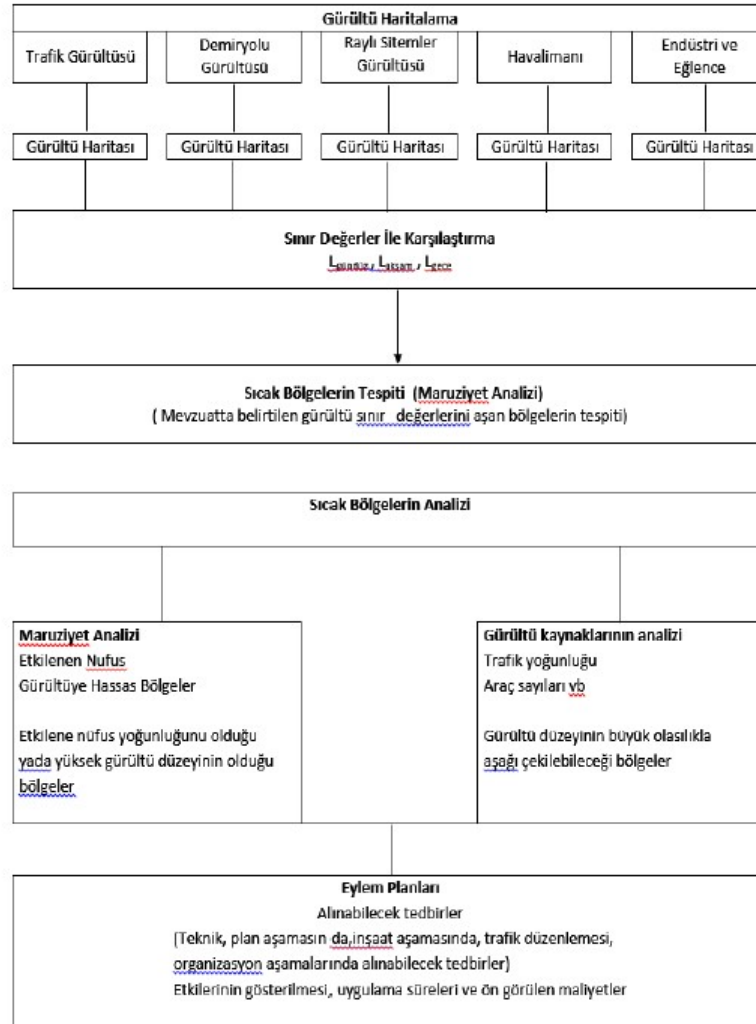
Tablo 3.3' te raylı sistemler için Yönetmelik'teki sınır değerler verilmiştir. Raylı sistemin yeraltında veya yerüstünde olması ve istasyonun bölümlerine göre değerler değişmektedir.

Tablo 3.4' te endüstriler için Yönetmelikte yer alan sınır değerler verilmektedir. Endüstrinin etrafındaki yapıların türü ve yoğunluğuna göre değerler değişmektedir. Hassas yapıların yoğun bulunduğu alanlarda gece limit değeri 50 dBA iken endüstriyel bölgede gece limit değeri 60 dBA' dır. Bu çalışmanın amacı ÇGDYY' inde yer alan çevresel gürültü sınır değerlerinin aşıldığı alanların tespit edilmesi ve bu alanlarda uygulanabilir senaryolar oluşturarak gürültü azaltım tedbirleri alınmasına katkı sağlamaktır. Bu senaryoları oluşturabilmek için öncelikle stratejik gürültü haritalarından yararlanılarak sınır değerlerin aşıldığı alanlardaki gürültü skorları hesaplanmıştır. Her bir kaynak için ayrı ayrı hesaplanan gürültü skorları sonuçları değerlendirilerek skorların en yüksek çıktığı ve gürültü azaltımı için uygun olan alanlar sıcak noktalar olarak belirlenmiştir. Stratejik gürültü haritalarından eylem

**Tablo 3.4** Endüstri tesisleri için çevresel gürültü sınır değerleri [32]

| <b>Alanlar</b>                                                                                                              | <b>Lgündüz<br/>(dBA)</b> | <b>Lakşam<br/>(dBA)</b> | <b>Lgece<br/>(dBA)</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin yoğunluklu olduğu alanlar   | 60                       | 55                      | 50                     |
| Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar   | 65                       | 60                      | 55                     |
| Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar | 68                       | 63                      | 58                     |
| Endüstriyel alanlar                                                                                                         | 70                       | 65                      | 60                     |

planına kadar olan süreç Şekil 3.1’ de yer almaktadır. Eylem planı hazırlarken gürültü haritalarının sınır değerlerle karşılaştırması ve sıcak noktaların tespiti önemli adımlardır.



Şekil 3.1 Eylem planı yol haritası [37]

### 3.1 Gürültü Skorlarının Hesaplanması

Eylem planlama süreci karar vericiler ve çevre politikaları çerçevesinde şekillenmektedir. İlgili kişi veya birimler halkın gürültüye maruz kaldıkları alanları, birçok değişkeni göz önünde bulundurarak belirlemeli ve bu alanlarda etkili çözüm yolları bularak çözüm yöntemleri geliştirmelidir. Bir alanın gürültü sorunu ve ona ilişkin eylemlerin oluşturulması için alan içinde gürültüden etkilenen; nüfus, konut, okul, hastane sayısını belirlemek, gürültü haritalarının hazırlanmak ve harita sonuçlarına göre eylem planlarının hazırlanması gerekmektedir. Gürültü haritalarının hazırlanması sonrasında harita verilerinden faydalanarak aşımaların olduğu alanların yani sıcak noktaların tespiti gerekmektedir. Tespit edilen sıcak noktalar her zaman en

yüksek gürültü seviyelerine ait alanlar olmayabilir. Çünkü gürültü tedbirlerine ilişkin öncelik yüksek gürültü seviyelerinin yanı sıra gürültü seviyesi aşımına maruz kalan kişi sayısı da bu tespitte önemlidir. Sıcak noktaların tespiti çalışmamızda gürültü skoru diye ifade edilen parametre ortaya çıkmaktadır. Gürültü skoru yüksek gürültü maruziyetine bağlı istenmeyen bir durumun sosyal ağırlıklandırılmasını temsil eden tekil bir rakamdır [21].

### 3.1.1 Bina Gürültü Skoru Hesaplama

Bina gürültü skorunun hesaplanması için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Her bir binanın aşım sınırları üzerinden gürültü skoru hesaplanır ve alan başına tekil bir rakam verebilmek adına da boyutu belirlenen alanlar dahilinde bu hesaplanan değerler toplanır. Yapılan araştırmalar, denemeler sonucu lineer kombinasyon PEL (Population Exceedances and Levels - Nüfus Aşım ve Seviyeler) metodu hesaplamada tercih edilmiştir. Bu yöntemin formülasyonu aşağıda verilmiştir.

$$PEL = \sum i [n_i * Lden_i * M_i] \quad (3.1)$$

Formülde yer alan n sayısı binadaki nüfusu, Lden sayısı binadaki maksimum Lgag seviyesini, M sayısı ise binadaki maksimum aşımı temsil etmektedir [21]. Gürültü skoru hesaplamalarında kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) programı sayesinde hem işlem hacminin büyük olduğu durumlarda coğrafi sistemlerin yardımı ile hesaplama kolaylığı sağlanmakta hem de sonuçların halkla ve idari yetkililerle paylaşılırken sunum kolaylığı elde edilmektedir. Bu çalışmada her bir bina için yukarıdaki formül ve CBS programı kullanılarak gürültü skorları hesaplanmıştır.

### 3.1.2 Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Gürültü Yönetimine Aday Alanların Belirlenmesi

PEL değeri (Population Exceedances and Levels - Nüfus Aşım ve Seviyeler) gürültü haritalama sonuçlarına dayanarak hesaplanan lineer bir göstergedir. Nüfus, maksimum aşım ve Lgag gürültü seviyesinin lineer sonucunun çarpımı ile elde edilir. PEL formülü sadece gündüz, akşam ve gece seviyeleri arasında ilgili sınır değerleri ile birlikte bir karşılaştırma yapmaktadır. PEL hesaplama formülünde Lgag'ın kullanılması gece zaman diliminin kuvvetli etkisiyle 24 saatlik maruziyete ilişkin bilgi sağlamaktadır. PEL\_b göstergesi bir gürültü skoru sağlayarak sorunlu alanları ortak bir değişken ile değerlendirmektedir. Bu skorlar sıcak noktaların tespitini sağlamaktadır. En kritik noktalar alan skorları listesi ile kolaylıkla belirlenebilmektedir. Bu kritik alanlar en yakın gürültü kaynağına göre gruplandırılırlar. PEL değeri gürültü sınır

değerlerini çok fazla aşan kritik binaları da dikkate alarak toplanmış ve sorunlu alanların skorları elde edilmiştir. Eylem planları hazırlanması için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında sorunlu alanlar katmanı ile diğer çevresel verileri içeren katmanlar karşılaştırılmaktadır. CBS ortamında gerçekleştirilen işlemler için gerekli girdi verileri:

Hesaplanmış gürültü seviyelerini ve aşımaları içeren bina shape dosyası (aşımalar, seviyeler ve sakin sayıları gereklidir). Hesaplanmış ızgara shape dosyası (sadece ID'si bulunan 10 m' lik nokta ızgara gereklidir).

Kaynak shape dosyası. PXX\_Building.shp, girdi verisinden gelen alanlara ek olarak aşağıdaki alanlar tanımlanmıştır:  $M$  = referans zaman dilimi için maksimum aşım ( $L_{gndz}$ ,  $L_{akam}$ ,  $L_{gece}$ )  $PEL_b$  = her bir bina için binanın önceliğini belirten gürültü skoru

PXX\_CNMA.shp, ilgili alanları aşağıdaki gibidir:

- ID\_CNMA= sıcak noktanın kimlik numarası
- $PEL_b_T$  = toplam önceliği belirten bu değer alandaki bina gürültü skorlarının toplamıdır
- NSH = alandaki okul ve hastane binaları sayısı
- EINW\_T= alandaki toplam nüfus
- EINW\_T\_exc= gürültü aşımına maruz kalan toplam nüfus
- SOURCEID = en yakın gürültü kaynağının ID numarası
- SOURCENAME= en yakın gürültü kaynağının ismi

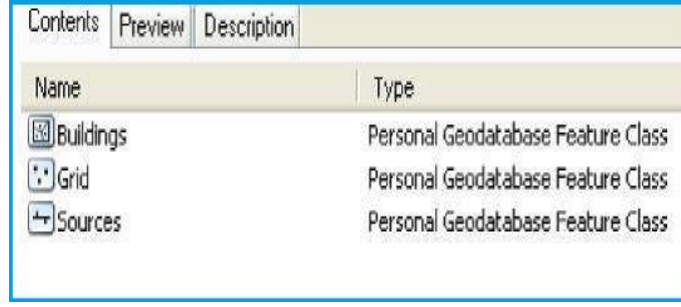
PXX\_SZ.shp, ID numarası dışında ilgili herhangi bir alan bulunmamakta, gürültü skorunun öğrenci ve yatak (hastane) sayısına bağlı olarak etkilenebileceği alanların görselleştirilmesinde kullanışlıdır [36].

### 3.1.2.1 ESRI ArcGIS 10 Yazılımında Gürültü Yönetimine Aday Alanların Tespiti İçin İzlenen Uygulama Adımları

1. ESRI ArcGIS 10 Yazılımından ArcCatalog ve veritabanını ArcMap yazılımında açılır. Shape dosyası kişisel bir coğrafi veritabanına eklenir.

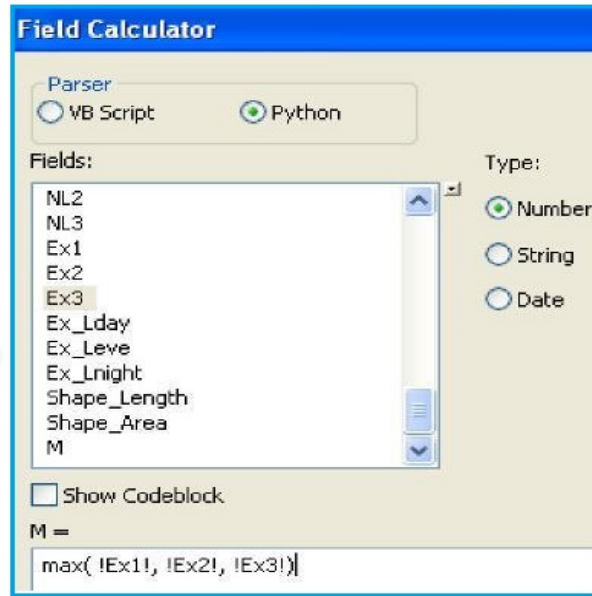
2. Her bir bina için gösterge hesaplamak için:

a) Her bir bina için en yüksek aşım değerinin atanacağı yeni bir alan (float) oluşturulur.



Şekil 3.2 ArcGIS programında shape dosyası bulma

Phyton script kullanarak “max(!EXC1!, !EXC2!, !EXC3!)” formülü girilir. Daha sonra, eğer  $M < 0$  ise M’ye “0” değerini atanır.

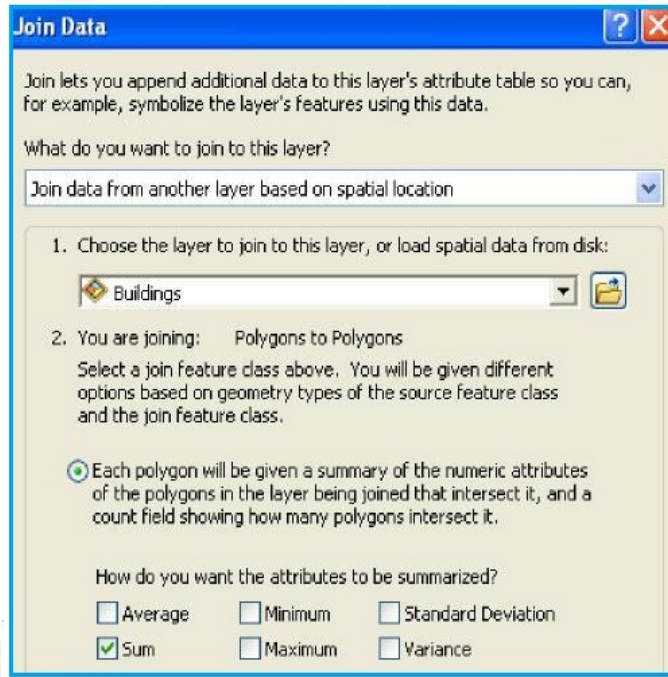


Şekil 3.3 ArcGIS alan toplama formül gösterimi

b) “ $M * L_{gag} * n$ ” ifadesinin sonucunu gireceğiniz yeni bir alan (float) oluşturarak bu alan PEL\_b olarak adlandırılır. Belirtilen ifadede L<sub>gag</sub> değişkeni LP4 ve n değişkeni sakin sayısını veren C\_EINW değerlerinden alınacaktır. Bina sakini bulunmayan veya gürültü aşımı bulunmayan binalarda PEL değeri 0 olarak bulunacaktır.

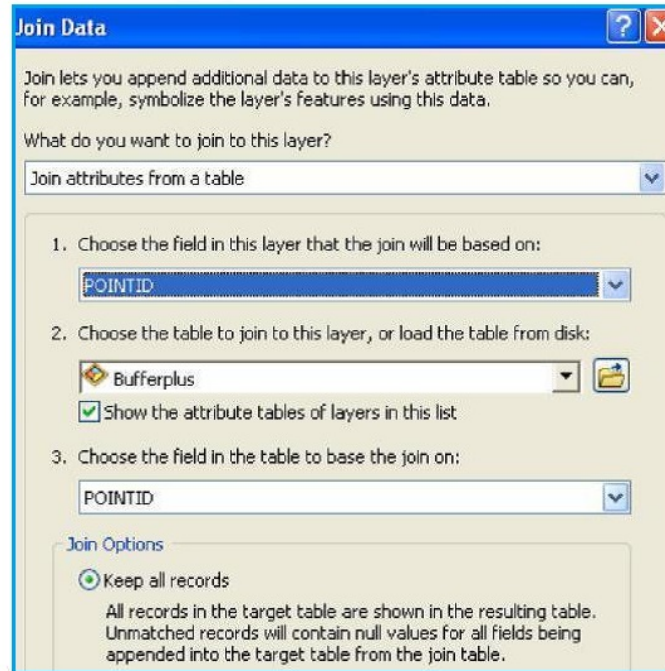
3. Tampon alanlar oluşturmak için ızgara shape dosyasındaki her bir nesne için 50 m yarıçapında tampon alanlar oluşturun ve bu tamponlu shape dosyası, buffers olarak kaydedilir. Her bir tampon alan nokta ızgarasının POINTID’sini bir öznitelik olarak taşıyacaktır.

4. Binalardan tamponlara konuma dayalı olarak veri atanır. Binaları konuma dayalı olarak tamponlar ile birleştirilip ve her bir tampon alan içinde kalan tüm binaların PEL\_b değerlerinin toplamını alınıp, sonuçları kişisel coğrafi veritabanına bufferplus olarak kaydedilir.



**Şekil 3.4** ArcGIS programında data birleştirme

5. Bufferplus nesnelerini ızgara shape dosyasına POINTID alanı üzerinden birleştirilir.

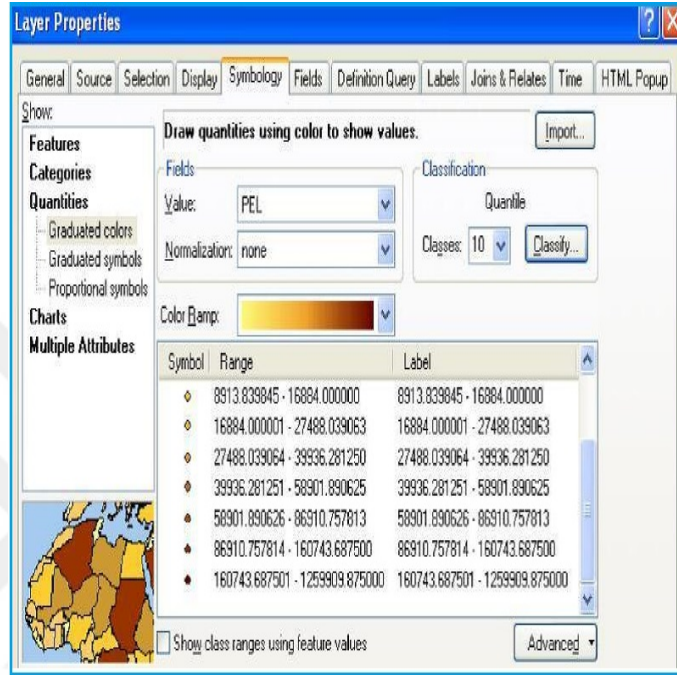


**Şekil 3.5** ArcGIS data birleştirme sekmeleri doldurma

6. POINTID ve  $PEL = \text{Sum\_PEL\_b} > 0$  değerlerini içeren dosyayı grid\_selection ismiyle yeni bir shape dosyası olarak kaydedilir.

7. Grid\_selection shape dosyasını PEL değeri üzerinden dağılım dilimi (quantile) kullanarak yüzde 10' luk dilimlere ayrılır.

8. En yüksek yüzde 10' luk dilimde yer alan nesneleri öznitelikleri ile seçilir ( en yüksek yüzde 10'luk dilimin alt sınır değerine eşit veya üzerinde olan nesneler). Yazılımın veri dağılım dilimlerini tüm veri setine göre yaptığını kontrol etmek gerekmektedir (yazılım varsayılan olarak veriden bir örneklem olarak dağılımı gerçekleştirir). Dağılım dilimlerini belirleme aşamasında eğer 10 dilim tanımlanamıyorsa en azından ızgara gürültü noktalarının % 10' u alınır.



Şekil 3.6 ArcGIS programıyla sınıflandırma

9. Seçilen nesnelerin çevresinde 50 m yarıçapında tampon alanlar oluşturulur. Daha sonra, birleştirilmiş sıcak nokta alanları elde etmek için dissolve aracı (multi part kutucuğu işaretlenmemiş olmalı) kullanılarak çakışan poligonları birleştirilir. Sonucu PXX\_CNMA adı ile kaydedilir.

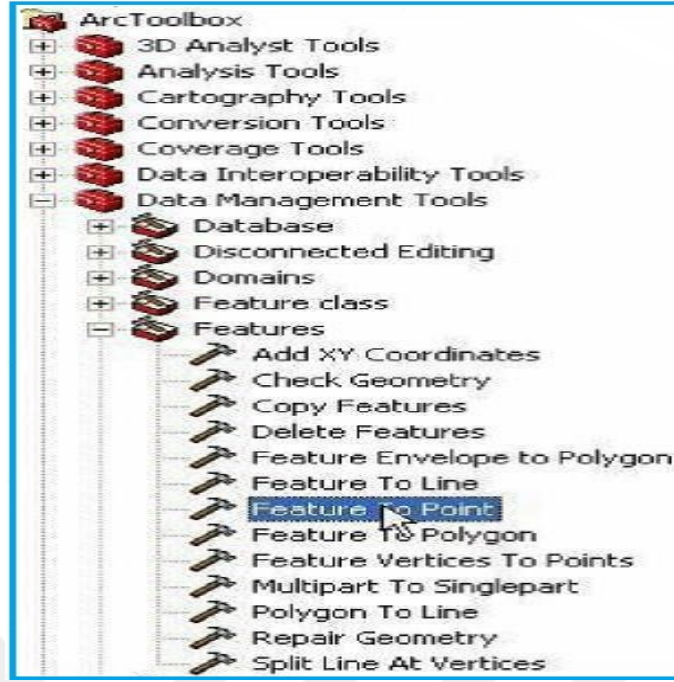
10. ID\_HS=PXX\_HS\_NN ifadesini kullanarak PXX\_CNMA shape dosyası içinde bir alan oluşturulur. Verilen ifadede NN artan nesne sayısıdır.

11. Feature To Point aracını kullanarak, bina shape dosyasındaki bina merkez noktalarını (centroid) alarak veriyi noktasal veriye dönüştürür.

12. Konuma dayalı olarak bina merkez noktalarından PXX\_CNMA' a veri atanması:

a) PXX\_CNMA'yı konuma bağlı olarak bina merkez noktaları ile birleştirilir.

b) Bina shape dosyasında ID\_HS üzerinde özetleyir. PEL\_b T gürültü skoru toplamı ve C\_EINW T sütununun toplamıdır.



Şekil 3.7 ArcGIS programında noktasal veri oluşturma

c) ID\_HS alanı üzerinden tablo bağlayın, çıktı tablosunu PXX\_CNMA shape dosyasına özetlenir ve iki yeni alan oluşturulur.  $PEL\_b\_T = \text{Sum\_}PEL\_b$  ve  $EINW\_T = \text{Sum\_}C\_EINW$  dir.

d) Bina merkez noktaları shape dosyasından okulları ve hastaneleri seçin ve bina shape dosyasındaki ID\_CNMA üzerinde özetlenir.

e) ID\_CNMA alanı üzerinden tablo bağlanıp, çıktı tablosunu PXX\_CNMA shape dosyasına özetlenir ve yeni bir alan oluşturulur. NSH (integer) isimli yeni bir alana nesne sayısı atanır.

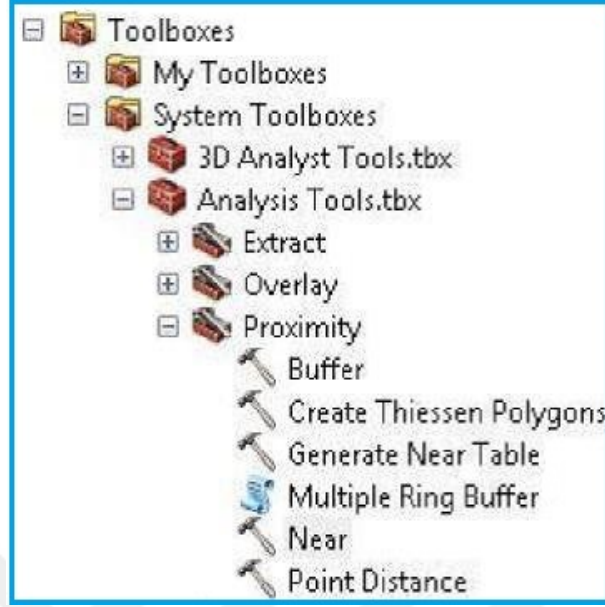
f) Bina merkez noktaları shape dosyasından M değişkeni 0 dan farklı değere sahip nesneleri seçin ve C\_EINW sütunu toplamını bina shape dosyasında ID\_CNMA üzerinde özetlenir.

g) ID\_CNMA alanı üzerinden tablo bağlanıp, çıktı tablosunu PXX\_CNMA shape dosyasına özetlenir ve  $EINW\_T\_exc = \text{Sum\_}C\_EINW$  ifadesini kullanarak her bir alanda aşım maruz kalan toplam sakin sayısını gösteren yeni bir alan oluşturulur. 13. Kaynak shape dosyasındaki veriyi konuma bağlı olarak PXX\_CNMAA' ya atanır.

a) FeatureToPoint aracını kullanarak PXX\_CNMA dosyasındaki merkez noktaları alınıp, nokta shape dosyasına dönüştürülür.

b) Near aracını (proximity araç kutusundaki) kullanarak sıcak nokta alanlarının

merkezine en yakın kaynak shape dosyası nesnelerini belirlenir (eğer nokta ve çizgi ise, aksi halde kaynak shape dosyasının merkez noktaları alınır).



Şekil 3.8 ArcGIS near sekmesi kullanımı

c) Daha sonra, araç tarafından oluşturulan FID alanını kullanarak sıcak nokta merkez noktaları kaynak shape dosyası ile bağlanır (tablo ile bağla FID ile OBJECTID).

d) Son olarak, kaynak özelliklerini PXX\_CNMA shape dosyası ile birleştirmek için ID\_CNMA üzerinde bağlama gerçekleştirilir. SOURCEID ve SOURCENAME isimli iki yeni alan oluşturulur ve kaynak shape dosyasının ID ve C\_BEZ değerleri atanır. İsteğe bağlı işlemler (okul ve hastanelerin belirtilmesi):

14. Bina shape dosyasında 0'dan farklı M değeri olan okul ve hastaneleri seçilir.

15. Seçilmiş bina shape dosyası nesneleri ile çakışan ve tampon alanlar içinde kalan tüm nesneleri seçilir.

16. Tamponlar içinde seçilmiş nesneleri, PXX\_SZ isminde yeni bir shape dosyası içinde çözülür.

17. ID\_SZ=PXX\_SZ\_NN ifadesine uygun olarak yeni bir alan oluşturulur. Verilen ifade de NN artan nesne sayısıdır [15].

Her 10 metrede bir nokta atanarak bütün alanların kapsanması sağlanmıştır. Oluşturulan her nokta için 50 metre yarıçapa sahip olacak şekilde tampon bölgeler oluşturulmuş, her bir tampon bölgede, alanın içinde kalan binaların gürültü skorları toplanarak ilgili noktaya atanmıştır. Böylece her bir nokta için 50 metre yarıçapındaki tüm gürültü skorları toplanmış ve nihai gürültü skoru elde edilmiştir. Her bir gürültü

kaynağı için en yüksek gürültü skoru saptanmış ve maksimum gürültü skoru olarak alınmıştır. Bütün gürültü skorlarını bu sayıya bölerek aralarında bir korelasyon sağlanmıştır. Böylece bütün gürültü skorları 0 ile 1 arasında değerlere sahip hale gelmiştir [21].

Değerlendirme yapılırken her bir gürültü kaynağı için en yüksek gürültü skoru saptanmış ve maksimum gürültü skoru olarak tespit edilmiştir. Çevresel Gürültü Direktifi İçin Uygulama Kapasitesi Projesi kapsamında hazırlanan stratejik gürültü haritaları verileri, CBS programı kullanılarak eylem planlamada gürültü yönetimine aday alanlar (GYAA) belirlenmiştir. Bu çalışmada hesaplamalar sonrası İstanbul’ da 1000 den fazla alanda aşımaların olduğu tespit edilmiştir. Ancak 1000 alanın eylem planlarının çıkarılması ve uygulanabilir olması mümkün değildir. Bu aday alanlar içerisinde gürültü skor değeri en yüksek olan alanlar vatandaş şikayetleri ve tedbir alınabilir alanlar gürültü yönetim alanları (GYA) olarak belirlenmiştir.

### 3.2 Çalışma Alanı

İstanbul’da toplam kara alanının % 35’ i ( $1869 \text{ km}^2$ ) Anadolu Yakasında, % 65’ i ise ( $3474 \text{ km}^2$ ) Avrupa yakasında bulunan geniş yüzölçümüne sahip bir şehirdir [36]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İstanbul için bu sınır içerisindeki alanlara ait karayolu, liman, demiryolu ve endüstri gürültü haritaları oluşturmuştur [36].

İstanbul’ un toplam 39 ilçesi mevcut olup, şehirleşme genellikle güney kesiminde gerçekleşmiştir. İstanbul’ a ait genel bilgiler Tablo 3.5’ te yer almaktadır.

**Tablo 3.5** İstanbul’ a ait istatistik bilgiler [2]

| İSTANBUL                                  | İstatistikler | Birim         |
|-------------------------------------------|---------------|---------------|
| Yerleşim alanı                            | 800           | $\text{km}^2$ |
| Toplam nüfus                              | 13.581.745    | kişi          |
| Toplam bina sayısı                        | 1.229.560     | adet          |
| Toplam hane sayısı                        | 4.500.720     | adet          |
| Toplam okul/eğitim binalarının sayısı     | 5.975         | adet          |
| Toplam hastane binaları sayısı            | 1.221         | adet          |
| Toplam hassas kullanım içeren bina sayısı | 881.620       | adet          |

Nüfus ve kentleşme hızla artmakta buna bağlı olarak gürültü kirliliği ve gürültüye

maruz kalma oranı da ciddi rakamlara ulaşmaktadır. İstanbulda gürültü kaynakları dağılımı oranları ise aşağıdaki şekildedir.

1. İşyerleri(%65)
2. Eğlence yerleri (%17)
3. Sanayi (%4)
4. Şantiye (%3)
5. Konut (%2)
6. Diğer (%9)

Çevresel Gürültü Direktifi İçin Uygulama Kapasitesi Projesi kapsamında İstanbul'da modellenen gürültü kaynakları karayolu, raylı sistem, endüstri ve limanlardır. Atatürk Havalimanı ve Sabiha Gökçen Havaliman gürültü haritalarını kendileri hazırlatmıştır. Söz konusu haritalar yardımıyla havalimanlarına ait gürültü eylem planları hazırlanmıştır. Gürültü kaynaklarına ilişkin bilgiler Tablo 3.6' da yer almaktadır.

**Tablo 3.6** Gürültü Kaynaklarının İstatistiki verileri [36]

| İstanbul'daki Gürültü Kaynakları          | İstatistikler | Birim |
|-------------------------------------------|---------------|-------|
| Karayolları Kaynaklarının Toplam Uzunluğu | 5.511         | km    |
| Demiryolu Kaynaklarının Toplam Uzunluğu   | 222           | km    |
| Endüstri Kaynaklarının Toplam Sayısı      | 3             | adet  |
| Liman Kaynaklarının Toplam Sayısı         | 3             | adet  |
| Havalimanı Kaynaklarının Toplam Sayısı    | 2             | adet  |

### 3.3 Çalışmada Kullanılan Model- (SoundPLAN Essential 4.1)

Yazılım programı işlevsel menüleri oldukça kolay olup, Türkçe versiyonu da bulunmaktadır. Yazılım Microsoft Windows işletim sistemi altında çalışmaktadır. Yazılım birbirleri ile eş güdüm içinde çalışan bir dizi alt programdan oluşmaktadır. Bu programlar farklı hesaplama modüllerini yürütmektedir. SoundPLAN Essential 4.1 versiyonunda mühendislerin gürültü modellemesinin çoğunu yapabilecek kadar güçlü olacak bir araç sunmak için basitleştirilmiş bir veri giriş editörü ile birleştirmiştir. Bir endüstriyel tesis veya küçük ölçekli karayolları / demiryolu hatları için daha uygundur. Veri giriş olanakları daha az karmaşıktır. Hızlı bir şekilde bir gürültü modeli oluşturmak ve sonuçların yazıcıya hazır olmasını sağlamak için yeterli esneklik ve güç sunar. Ayrıca büyük ölçekli veri girişi için yazılımı yükseltme olanağıda mevcuttur.

SoundPLAN Essential 4.1 şunları sunar:

\*Karayolu / demiryolu / endüstriyel hesaplamalar

\*Yol standartları: RLS 90 / VBUS / TNM / NMPB / CoRTN  $L_{eq}$  / CoRTN L10 / Rus yolu

\*Demiryolu Standartları: Schall03 / VBUSch / RMR 2002 / CoRRN / Fransız Demiryolu / Rus Demiryolu

\*Endüstriyel standartlar: ISO9613 / BS 5228

\*Arayüz almak

\*Bitmapler üstüne veri girişi

\*Tarama ve zemin efekti hesaplamaları ve alıcıların bir Grid Gürültü Haritasına yerleştirilmesi için sürekli olarak üçgenlenmiş Dijital Zemin Modeli

\*Tek alıcıların hesaplanması Gürültü hatlarının hesaplanması

\*Izgara tabanlı gürültü haritalarının hesaplanması 2 varyantın doğrudan yönetimi

\*Sonuçların tablo halinde tam dokümantasyonu

\*Grid Gürültü Haritaları ve Gürültü Çevresi hesaplamaları için önceden tanımlanmış grafikler [43].



sonuçlarına göre maruziyet hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplama sonuçlarına göre gündüz gürültüye maruz kalan kişilerin sayısı Tablo 4.1' de yer almaktadır [36].

**Tablo 4.1** Gürültü Haritalarına Göre Konutlarda Yaşayan İnsan Sayısı  $L_{gunduz}$  [2]

| $L_{gunduz}$<br>gürültü<br>seviyesi<br>(dB(A))                    | <55      | 55-59   | 60-64   | 65-69  | 70-74  | >75   |
|-------------------------------------------------------------------|----------|---------|---------|--------|--------|-------|
| Konutlarda yaşayan insan sayısı - Yerleşme alanı içinde           |          |         |         |        |        |       |
| Endüstriyel<br>Gürültü                                            | 13291500 | 100     | 0       | 0      | 0      | 0     |
| Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                     | 13290500 | 1400    | 300     | 0      | 0      | 0     |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 13289900 | 1400    | 300     | 0      | 0      | 0     |
| Karayolu<br>Trafik Gürültüsü                                      | 10158500 | 1281700 | 869000  | 617600 | 337300 | 28200 |
| Ana Karayolu<br>Trafik Gürültüsü                                  | 11701100 | 709700  | 426300  | 259400 | 173200 | 21900 |
| Birleştirilmiş<br>Gürültü                                         | 9472600  | 151880  | 1161200 | 739100 | 371200 | 29300 |
| Konutlarda yaşayan insan sayısı - Yerleşme alanı dışında          |          |         |         |        |        |       |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 287900   | 0       | 0       | 0      | 0      | 0     |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 244900   | 22200   | 11800   | 6200   | 2500   | 400   |
| Konutlarda yaşayan insan sayısı- Yerleşme alanı içinde ve dışında |          |         |         |        |        |       |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 13577800 | 1400    | 300     | 0      | 0      | 0     |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 11946000 | 731900  | 438100  | 265500 | 175700 | 22300 |

Stratejik gürültü haritaları verilerine göre akşam zaman dilimine ait maruziyet hesaplamaları sonucu Tablo 4.2' de yer almaktadır.

Stratejik gürültü haritaları verilerine göre gece zaman dilimine ait maruziyet hesaplamaları sonucu Tablo 4.3' de yer almaktadır.

Stratejik gürültü haritaları verilerine göre gündüz, akşam ve gece zaman diliminin birleştirilmiş haritalarına ait maruziyet hesaplamaları sonucu Tablo 4.4' de yer almaktadır.

Gürültü kaynaklarına göre sıcak noktaların tespiti CBS ortamında ArcGIS kullanılarak yapılmıştır. Tespit edilen sıcak noktalar kaynak türüne göre incelenmiştir.

**Tablo 4.2** Gürültü Haritalarına Göre Konutlarda Yaşayan İnsan Sayısı  $L_{aksam}$  [2]

| $L_{aksam}$<br>gürültü<br>seviyesi<br>(dB(A))                     | <55      | 55-59   | 60-64   | 65-69  | 70-74  | >75   |
|-------------------------------------------------------------------|----------|---------|---------|--------|--------|-------|
| Konutlarda yaşayan insan sayısı - Yerleşme alanı içinde           |          |         |         |        |        |       |
| Endüstriyel<br>Gürültü                                            | 13291400 | 100     | 0       | 0      | 0      | 0     |
| Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                     | 13290800 | 1400    | 100     | 0      | 0      | 0     |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 13220200 | 1300    | 100     | 0      | 0      | 0     |
| Karayolu<br>Trafik Gürültüsü                                      | 10370800 | 1224000 | 827100  | 591600 | 267700 | 11100 |
| Ana Karayolu<br>Trafik Gürültüsü                                  | 11829900 | 666500  | 399600  | 239900 | 147100 | 8600  |
| Birleştirilmiş<br>Gürültü                                         | 9696800  | 1461700 | 1115600 | 708500 | 298100 | 11600 |
| Konutlarda yaşayan insan sayısı - Yerleşme alanı dışında          |          |         |         |        |        |       |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 287900   | 0       | 0       | 0      | 0      | 0     |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 249700   | 20700   | 10600   | 5100   | 1700   | 100   |
| Konutlarda yaşayan insan sayısı- Yerleşme alanı içinde ve dışında |          |         |         |        |        |       |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 13578100 | 1300    | 100     | 0      | 0      | 0     |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 12079700 | 687200  | 410200  | 245000 | 148700 | 8700  |

**Tablo 4.3** Gürültü Haritalarına Göre Konutlarda Yaşayan İnsan Sayısı ( $L_{gece}$ ) [2]

| ( $L_{gece}$ )<br>gürültü<br>seviyesi<br>(dB(A))                  | <55      | 55-59   | 60-64   | 65-69  | 70-74  | >75   |
|-------------------------------------------------------------------|----------|---------|---------|--------|--------|-------|
| Konutlarda yaşayan insan sayısı - Yerleşme alanı içinde           |          |         |         |        |        |       |
| Endüstriyel<br>Gürültü                                            | 13291000 | 400     | 100     | 0      | 0      | 0     |
| Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                     | 13291500 | 800     | 0       | 0      | 0      | 0     |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 13290800 | 800     | 0       | 0      | 0      | 0     |
| Karayolu<br>Trafik Gürültüsü                                      | 9940800  | 1389400 | 928700  | 650300 | 353400 | 29600 |
| Ana Karayolu<br>Trafik Gürültüsü                                  | 11564300 | 785500  | 470400  | 273400 | 175800 | 22000 |
| Birleştirilmiş<br>Gürültü                                         | 9145700  | 1666800 | 1210600 | 816800 | 416500 | 35900 |
| Konutlarda yaşayan insan sayısı - Yerleşme alanı dışında          |          |         |         |        |        |       |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 287900   | 0       | 0       | 0      | 0      | 0     |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 238700   | 26600   | 13700   | 6400   | 2200   | 200   |
| Konutlarda yaşayan insan sayısı- Yerleşme alanı içinde ve dışında |          |         |         |        |        |       |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 13578700 | 800     | 0       | 0      | 0      | 0     |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 11803000 | 812200  | 484200  | 279900 | 178100 | 22300 |

**Tablo 4.4** Gürültü Haritalarına Göre Konutlarda Yaşayan İnsan Sayısı ( $L_{gag}$ ) [2]

| ( $L_{gag}$ )<br>gürültü<br>seviyesi<br>(dB(A))                   | <55      | 55-59   | 60-64   | 65-69   | 70-74  | >75    |
|-------------------------------------------------------------------|----------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Konutlarda yaşayan insan sayısı - Yerleşme alanı içinde           |          |         |         |         |        |        |
| Endüstriyel<br>Gürültü                                            | 13290800 | 600     | 200     | 0       | 0      | 0      |
| Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                     | 13289900 | 1600    | 700     | 0       | 0      | 0      |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 13289300 | 1600    | 700     | 0       | 0      | 0      |
| Karayolu<br>Trafik Gürültüsü                                      | 8890600  | 1746100 | 1144500 | 776800  | 551300 | 183000 |
| Ana Karayolu<br>Trafik Gürültüsü                                  | 10901800 | 1039200 | 615100  | 367800  | 225500 | 112100 |
| Birleştirilmiş<br>Gürültü                                         | 771160   | 2285100 | 1407500 | 1030200 | 650300 | 207600 |
| Konutlarda yaşayan insan sayısı - Yerleşme alanı dışında          |          |         |         |         |        |        |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 287900   | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 219100   | 34200   | 19100   | 9600    | 4500   | 1300   |
| Konutlarda yaşayan insan sayısı- Yerleşme alanı içinde ve dışında |          |         |         |         |        |        |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 13577200 | 1600    | 700     | 0       | 0      | 0      |
| Ana Demiryolu<br>Trafik Gürültüsü                                 | 11150900 | 1073500 | 634300  | 377400  | 230000 | 113400 |

## 4.2 İstanbul’ daki Karayolu Kaynaklı Sıcak Noktaların Tespiti



**Harita 4.2** İstanbul Karayolu Gürültü Haritalama Alanı [2]

İstanbul’ da en büyüğü 6761 ve en küçüğü 0.6 kilometre olan 22833 adet çizgiden oluşan karayolu gürültü haritası modellenmiştir. Gürültü haritası için modellenen karayolunun toplam uzunluğu 5511 km’ dir. Karayolu trafik akışının sürekli olduğu, yol yüzeyi kaplamasının ise asfalt olduğu kabul edilerek modelleme yapılmıştır [28]. Tablo 4.5’ te karayolu gürültü yönetim alanlarına ait bilgiler yer almaktadır. Karayolunda 12 adet sıcak nokta gürültü yönetim alanı olarak tespit edilmiştir. Karayolunda toplam aşımaya maruz kalan sayısı 53.388 kişi ile oldukça yüksektir.

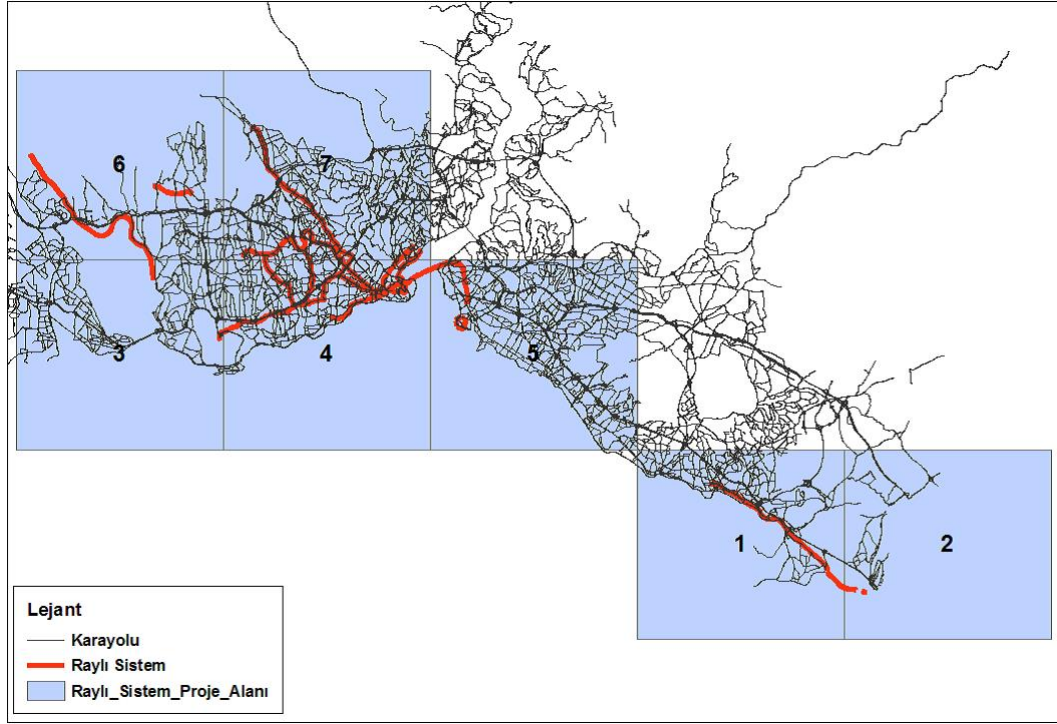
**Tablo 4.5** Karayolu gürültü yönetim alanları genel bilgisi [2]

| Karayolu Gürültü Yönetim Alanları (KGYA) | İstatistikler | Birim  |
|------------------------------------------|---------------|--------|
| Toplam GYA sayısı                        | 12            | adet   |
| GYA’ların toplam alanı                   | 1,9           | $km^2$ |
| Toplam sakin sayısı                      | 124777        | kişi   |
| Aşımaya maruz kalan toplam sakin sayısı  | 53388         | kişi   |
| Çok hassas bina sayısı                   | 4585          | adet   |

## 4.3 İstanbul’daki Raylı Sistem Kaynaklı Sıcak Noktaların Tespiti

Harita 4.3’ te karayolu ve raylı sistem ağı gösterilmektedir. İstanbul’ da en büyüğü 10 ve en küçüğü 0.39 kilometre olan 607 adet çizgiden oluşan raylı sistem modellenmiştir. Raylı sistemin toplam uzunluğu 222 km’ dir [28].

Tablo 4.6’ da raylı sistem için tespit edilen iki adet gürültü yönetim alanına ait bilgiler yer almaktadır. Karayolu gürültü yönetim alanları sayısı ve maruz kalan kişi



**Harita 4.3** İstanbul Raylı Sistem Gürültü Haritalama Alanı [2]

sayısının raylı sistemlere göre çok daha fazla olduğu yapılan incelemelerde tespit edilmiştir. Bunda karayolu ağının raylı sisteme oranla fazla olması ve karayolu etrafında yerleşimin fazla olması en büyük etkenlerdendir.

**Tablo 4.6** Raylı Sistem Gürültü Yönetim Alanları genel bilgisi [2]

| Raylı Sistem Gürültü Yönetim Alanları (RGYA) | İstatistikler | Birim           |
|----------------------------------------------|---------------|-----------------|
| Toplam GYA sayısı                            | 2             | adet            |
| GYA ların toplam alanı                       | 0,39          | km <sup>2</sup> |
| Toplam sakin sayısı                          | 1740          | kişi            |
| Aşıma maruz kalan toplam sakin sayısı        | 137           | kişi            |
| Çok hassas bina sayısı                       | 48            | adet            |

#### 4.4 İstanbul' daki Endüstri Kaynaklı Sıcak Noktaların Tespiti

İstanbul' da Borusan Halkalı, Gedik Kaynak Tuzla, İston Beton Tuzla olmak üzere 3 endüstri tesisine ait gürültü haritaları oluşturulmuştur.

İstanbul' da CBS yöntemi ile sıfırdan büyük PEL değerine sahip 1211 adet seçilmiş nokta olduğu görülür. Yapılan çalışma sonucu Tuzla İSTON gürültü yönetim alanı olarak tespit edilmiştir [36]. Tablo 4.7' de görüldüğü üzere endüstriye ait 1 adet sıcak

nokta gürültü yönetim alanı olarak tespit edilmiştir. Aşıma maruz kalan sayısı 320 kişi ile karayolu kaynaklı gürültüye maruz kalan kişi sayısının çok altındadır.

**Tablo 4.7** Endüstri Gürültü Yönetim Alanı genel bilgisi [2]

| <b>Endüstri Gürültü Yönetim Alanları (EGYA)</b> | <b>İstatistikler</b> | <b>Birim</b> |
|-------------------------------------------------|----------------------|--------------|
| Toplam GYA sayısı                               | 1                    | adet         |
| GYA'ların toplam alanı                          | 0,56                 | $km^2$       |
| Toplam sakin sayısı                             | 473                  | kişi         |
| Aşıma maruz kalan toplam sakin sayısı           | 320                  | kişi         |
| Çok hassas bina sayısı                          | 12                   | adet         |

#### 4.5 İstanbul' daki Havalimanı Kaynaklı Sıcak Noktaların Tespiti

İstanbul'da iki adet havalimanı mevcut olup, bunlardan Atatürk Havalimanı 2019 Ekim ayı itibari ile İstanbul Havalimanı' na taşınmaya başlamış olup, 2019 Nisan ayında taşınma tamamlanmıştır. Atatürk Havalimanı artık kullanılmayıp bu alanın millet parkı yapılması planlanmaktadır. Bu nedenle gürültüye ilişkin sorun teşkil etmeyecektir. Ayrıca İstanbul Havalimanı henüz tam kapasite çalışmadığı ve gürültüye ilişkin verileri bulunmamaktadır. Tablo 4.8' de 6 adet gürültü yönetim alanının havalimanı için tespit edildiği görülmektedir.

**Tablo 4.8** Havalimanı Gürültü Yönetim Alanı genel bilgisi [2]

| <b>Havalimanı Gürültü Yönetim Alanları (HGYA)</b> | <b>İstatistikler</b> | <b>Birim</b> |
|---------------------------------------------------|----------------------|--------------|
| Toplam GYA sayısı                                 | 6                    | adet         |
| GYA'ların toplam alanı                            | 2,19                 | $km^2$       |
| Toplam sakin sayısı                               | 62276                | kişi         |
| Aşıma maruz kalan toplam sakin sayısı             | 58869                | kişi         |
| Çok hassas bina sayısı                            | 3543                 | adet         |

Diğer havalimanı olan Sabiha Gökçen Uluslararası Havalimanı Pendik ilçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Sabiha Gökçen Uluslararası Havalimanının gürültü haritası Havaalanı İşletme ve Havacılık Endüstrileri A. Ş. (HEAŞ) tarafından hazırlanmıştır. Sabiha Gökçen Havalimanı çevresinde 4 adet GYA belirlenmiştir [36].

#### 4.6 Eylem Planı Hazırlanacak Gürültü Yönetim Alanı

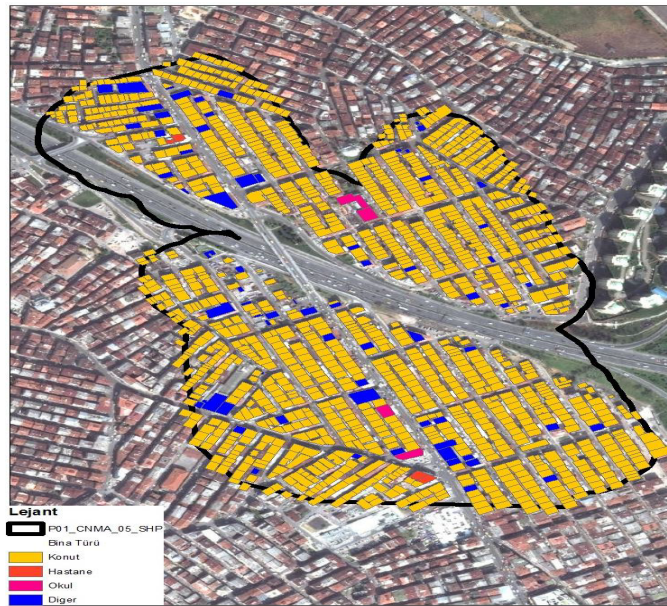
İstanbul gibi ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu yoğun nüfuslu şehirlerde, otoyol kenarlarında yerleşimler çoğunluktadır [3]. Birçok

metropolde olduğu gibi İstanbul’ da da bu bilinçsiz yerleşimler sonucu ulaşımdan kaynaklanan gürültüden etkilenen kişi sayısının fazla olmasına neden olmaktadır.

Stratejik gürültü haritaları ve sonuçlarında yer alan maruziyet analizi verilerine yukarıdaki tablolarda yer verilmiştir. Bu analizlerden karayolu gürültüsüne maruz kalan nüfusun daha yüksek olduğu açıkça görülmektedir. CBS ortamında yapılan hesaplamalar neticesinde İstanbul İli sınırları içersisinde yüzlerce karayolu kaynaklı gürültü skoru yüksek sıcak nokta tespit edilmiştir. Ancak bunların herbirine eylem planı hazırlanması olanaksız olduğundan eylem planı yapılmaya müsait sıcak noktalar seçilmelidir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi 2017 yılı itibari ile İstanbul Gürültü Eylem Planı (İSGEP) çalışmalarına başlamıştır. İSGEP çalışmalarında karayolu kaynaklı 12 sıcak nokta yetkililerce gürültü yönetim alanı olarak belirlenmiş olup, eylem planı yapılmaya uygun alanlar olarak belirlenmiştir.

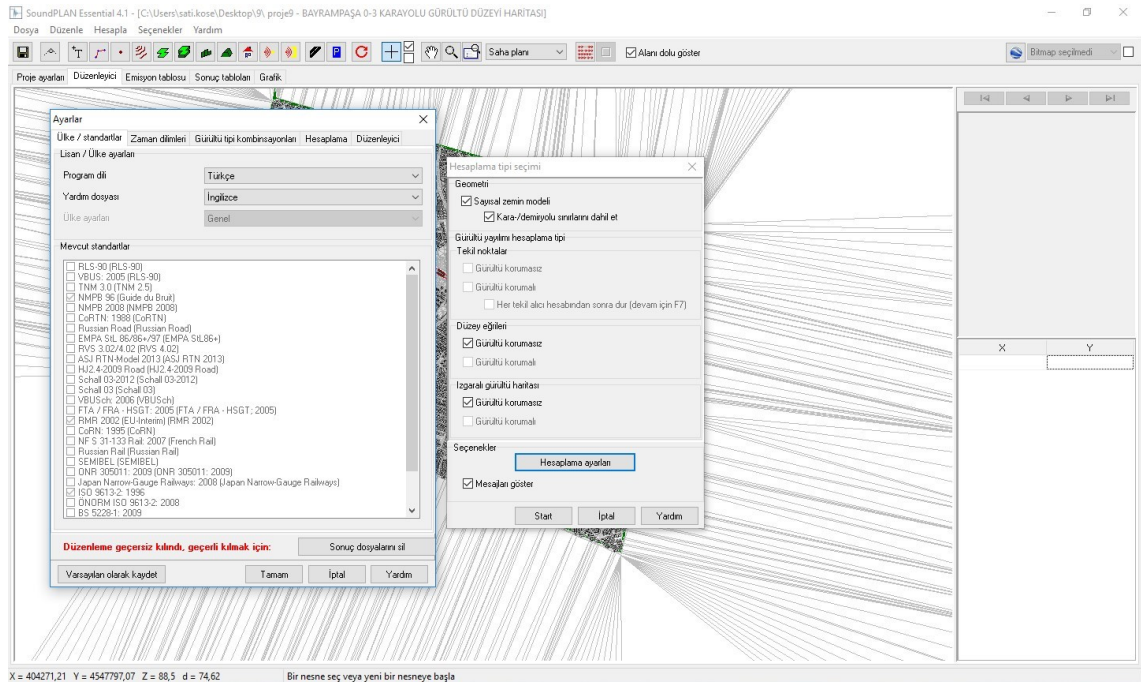
Bu çalışmada, İSGEP çalışmalarına faydası olacağı düşünülerek, eylem yapılabilir bir alan seçilerek eylem senaryoları oluşturarak gürültü düzeyindeki azalım incelenmiştir. Bu doğrultuda aşım maruz kalan sakin sayısının en fazla olduğu, İBB Beyaz Masa şikayet hattına gelen şikayetlerin yoğun yaşandığı, gürültü önlem tedbirlerinin rahatlıkla uygulanabileceği tahmin edilen, gürültü skor değeri yüksek, trafik hacminin yüksek olduğu detaylı incelemeler sonucu tespit edilen, Esenler Kavşağı 0-3 Karayolu eylem planı yapılmaya uygun alan (gürültü yönetim alanı) olarak tespit edilmiştir. Seçilen alana ilişkin bina türleri Harita 4.4’ te verilmiştir [36].



**Harita 4.4** Seçilen karayolu gürültü yönetim alanı [2]

## 4.7 Modelleme Çalışması

SoundPLAN 4.1 Essential versiyonu ufak ölçekli karayolu, demiryolu, havayolu, endüstri ve eğlence alanları modellenmesinde kullanılmaktadır. Modellemeye başlamadan önce kullanılacak standartlar, koordinat sistemi, zaman aralıkları, çalışılan kaynak seçimi gibi ayarların yapılması gerekmektedir. Karayolu için NMPB-Routers-96 (Guide du Bruit) standardı menüden işaretlenir. Ayarlar sekmesinden ülke/standartlar kısmında istenilen standartlar tıklanarak çalışma boyunca seçilen standart üzerine işlemler yapılmaktadır.

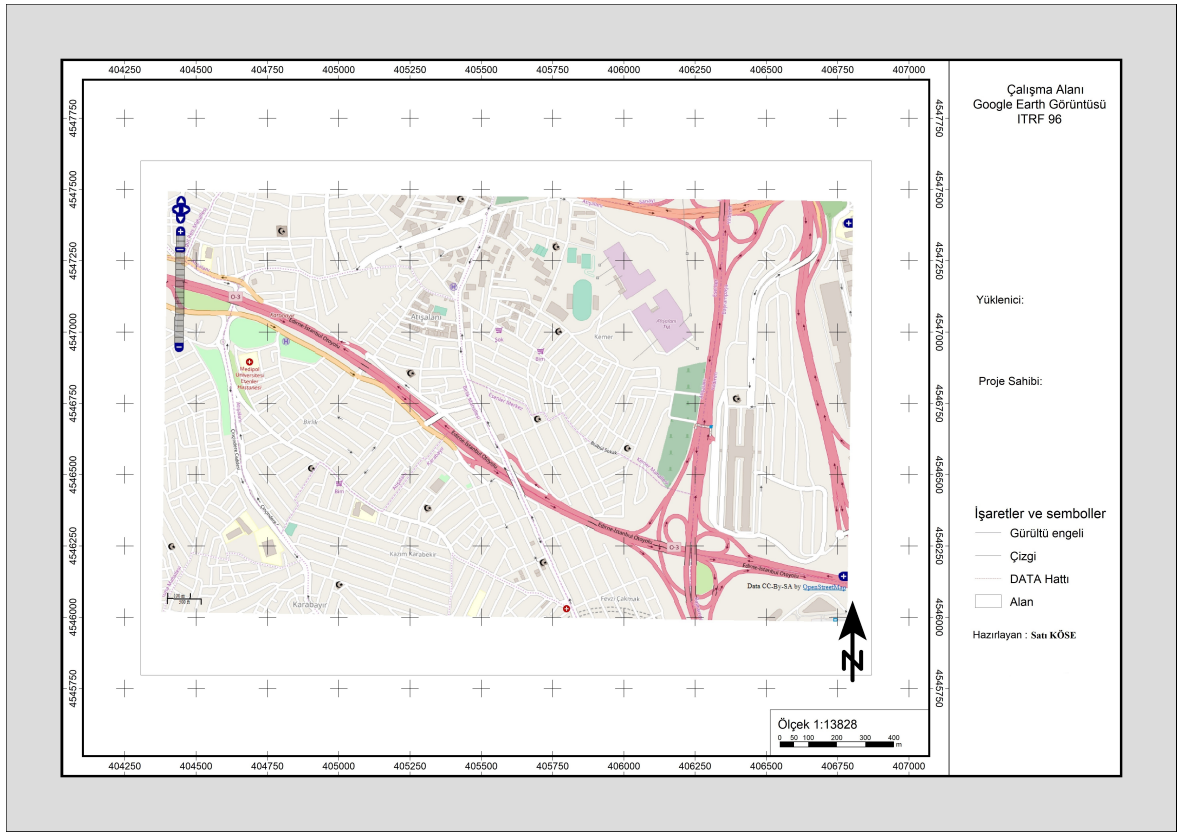


Şekil 4.1 SoundPLAN standart seçimi

Zaman dilimi sekmesinde ise çalışmak istenilen periyotlar seçilmektedir. Bu çalışmada gündüz zaman dilimi 07:00-19:00; akşam zaman dilimi 19:00-23:00; gece zaman dilimi ise 23:00-07:00 aralığı olarak seçilmiştir.

Çalışmamızda İstanbul-Edirne, Edirne - İstanbul istikameti olmak üzere çift yönlü, otogar güzargahında yer alan yoğun trafiğe sahip ve konutların yoğun olduğu 2,5 km uzunluğundaki yol etrafındaki alan modelde kullanılmak üzere belirlenmiştir. Şekil 4.2' de yer alan modellenen alan incelendiğinde sözkonusu alanın geniş tutulmasının nedeni modelin çok küçük alanları tanımamasından kaynaklanmaktadır.

Seçilen karayolunun her iki yanında konutlar çok yakın yerleşimdedir. Yolun konutlara olan mesafesi Edirne - İstanbul istikameti yönünde yaklaşık olarak 50 m, İstanbul - Edirne istikameti yönünde ise yaklaşık 100 metredir. Karayolunda sürekli trafik akışı mevcuttur. Karayolu otogara giden ana yollardan biri olup, otogardan Edirne istikametine dönüş istikametinde çok hassas kullanım alanına giren bir adet park



**Şekil 4.2** Seçilen alana ait plan

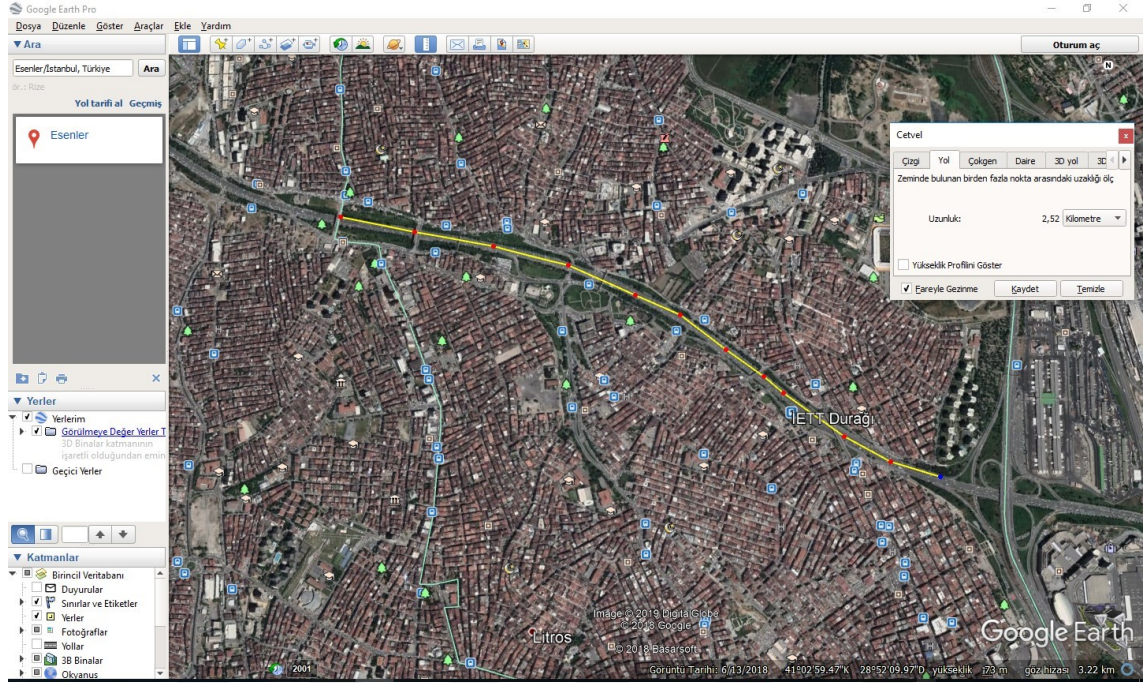
bulunmaktadır. Edirne - İstanbul istikameti yönünde hafif eğimli rampa mevcuttur. Rampada seyir halindeki araçların hızlarını arttırdıkları ve bu nedenle gürültü seviyesinin arttığı belirlenmiştir. Seçilen bölgede yol yüzeyi pürüzsüz asfalt ile kaplıdır. Tablo 4.9' da seçilen gürültü yönetim alanında bulunan kişi sayısı, maruziyet sayısı verilmektedir.

**Tablo 4.9** Seçilen gürültü yönetim alanı ait bilgiler [2]

|                                                |           |
|------------------------------------------------|-----------|
| Gürültü Skoru                                  | 6.534.710 |
| GYA'nın toplam alanı [ $km^2$ ]                | 0.43      |
| Konutlardaki sakin sayısı                      | 31040     |
| Öğrenci sayısı                                 | 2740      |
| Hastanelerdeki yatak sayısı                    | 74        |
| Toplam etkilenebilecek kişi sayısı             | 33780     |
| Aşıma maruz kalan toplam sakin sayısı (Gündüz) | 7774      |
| Aşıma maruz kalan toplam bina sayısı (Gündüz)  | 288       |
| Aşıma maruz kalan toplam sakin sayısı (Akşam)  | 11201     |
| Aşıma maruz kalan toplam bina sayısı (Akşam)   | 438       |
| Aşıma maruz kalan toplam sakin sayısı (Gece)   | 11827     |
| Aşıma maruz kalan toplam bina sayısı (Gece)    | 461       |
| Toplam gürültüye hassas kamu binası sayısı     | 8         |

Seçilen karayolu çevresinde gürültüye hassas kullanım olan okul ve hastanelerde

bulunmaktadır. Bunlardan Özel Güney Hastanesindeki yatak sayısı 51, Özel Esenler Ensar Hastanesindeki yatak sayısı 23 olarak bilinmektedir. Ayrıca yakınlarında yer alan Neyyer Turhan İlköğretim okulunda 1190 ve Neyyer Turhan Ortaokulunda 1200 öğrenci bulunduğu bilinmektedir [36].



**Şekil 4.3** Seçilen alanın uydu görüntüsü

Seçilen gürültü yönetim alanına (GYA) ait uydu görüntüsü Şekil 4.3' te yer almaktadır. Seçilen karayoluna ait trafik yoğunluğu, hız ve yol yüzeyi verileri İBB Trafik Müdürlüğünden resmi yazı ile talep edilmiş olup, bu karayolu üzerinde olan 293, 379 ve 378 numaralı üç adet sensörün 2018 yılına ait verileri bu çalışma kapsamında kullanılmak üzere verilmiştir. Karayolu üzerinde yer alan bu üç sensörün yerleşimi Şekil 4.4' te gösterilmektedir.

Bu üç sensöre ait bir yıllık veri gündüz, akşam ve gece zaman dilimlerinde ortalamaları alınarak modele girilmiştir. Seçilen yoldan yıllık ortalama geçen araç sayısı Tablo 4.10' da gösterilmektedir.

**Tablo 4.10** Seçilen yoldan yıllık geçen araç sayısı

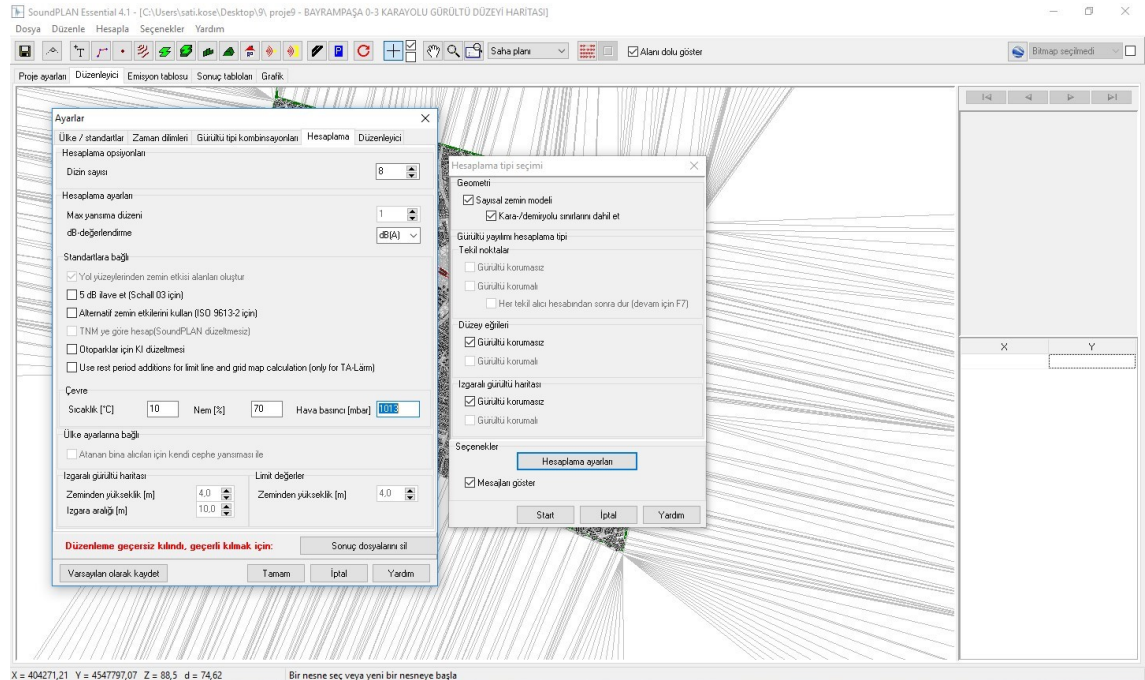
|                             | Gündüz | Akşam | Gece |
|-----------------------------|--------|-------|------|
| İstanbul- Edirne istikameti | 3419   | 3110  | 2917 |
| Edirne- İstanbul istikameti | 3225   | 3319  | 3216 |

2018 yılı için ortalama araç geçişi 19206 adettir. Bu geçişlerin ortalama % 25' i ağır vasıta niteliğindeki taşıtlardır. Edirne - İstanbul istikameti araç geçiş sayısının İstanbul - Edirne istikametine göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bir yıllık nem,



**Şekil 4.4** Seçilen yol üzerindeki trafik sensörlerinin yerleşimi

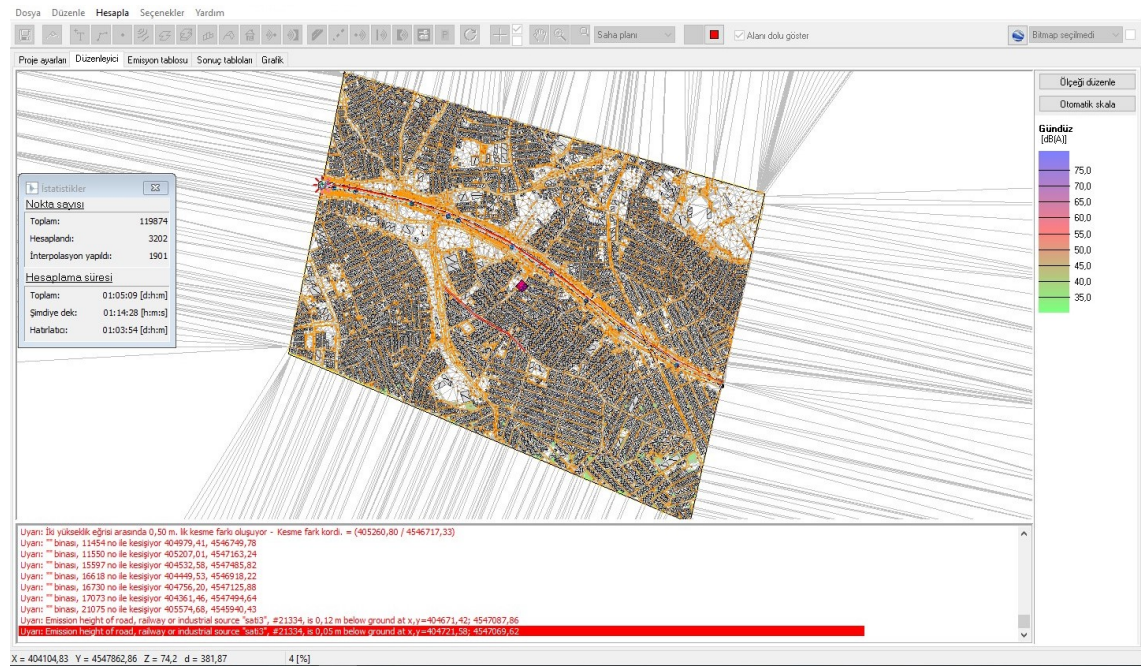
rüzgar yönü ve hızı, yağışlı gün sayısı verilerini ise İstanbul Meteoroloji 1. Bölge Müdürlüğünden resmi yazı ile talep edilmiş olup 2018 yılı ortalaması veriler; yıllık ortalama sıcaklık 10 °C, yıllık ortalama nem % 70, yıllık ortalama hava basıncı 1013 mbar olarak modele atmosferik veri olarak girdi teşkil edilmiştir. Şekil 4.5’ te modele yıllık ortalama atmosfer verilerinin girilmesi gösterilmektedir.



**Şekil 4.5** Modele atmosfer verileri ekleme

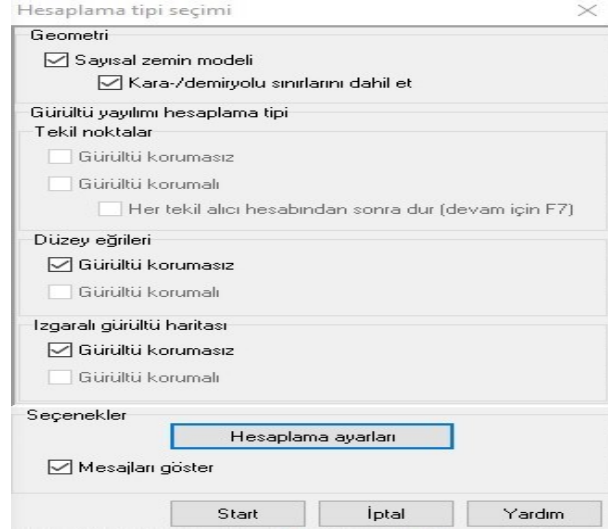
Ayrıca İBB Bilgi İşlem Daire Başkanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Müdürlüğü'nden topoğrafik yükseklik noktaları, yükseklik eğrileri, bina ayakizleri, bina türleri (konut,

işyeri, hastane, okul), bina katsayısı ve binalarda yaşayan kişi sayısı ve mahalle nüfus verileri ArcGIS ortamında resmi yazı ile talep edilmiş olup, ArcGIS tabanlı veriler cog-veri olarak yüklenmiştir. Tüm çalışma öncesi ayarlar tamamlandıktan sonra SoundPLAN 4.1 Essential' a AutoCAD ya da benzer bir programda hazırlanmış, arazi, bina ve yol bilgilerini içeren bir DXF dosyası cog-veri olarak çağırılır. Bu dosya katmanlar halinde ayrı ayrı eklenir, her ekleme ekranda gözlemlenir. Herhangi bir sorun varsa alt kısımda uyarı olarak gösterilmektedir. Cog-veri yüklemesi tamamlandığında ekranda tüm binalar, yollar, eşyükseltiiler gözükmemektedir. Sorun olup olmadığı ayrıca 3D gösterim seçeneği işaretlenerek kontrol edilmelidir.



**Şekil 4.6** SoundPLAN hesaplama ekran görüntüsü

Daha sonra çalışılacak karayolu modelde yer alan karayolu ikonu tıklanarak ekranda yolun başlangıç noktasından yol boyunca nokta nokta işaretlenir. Yol işaretlemesi bitip sonlandırıldıktan sonra yol genişliği, yol ismi, akış yönü, trafik yoğunluğu, araç hızı, araç tipine göre geçiş miktarları girilir. Bu çalışmada tek karayolu iki çizgi kaynak olarak çizilmiştir. Bunlardan biri İstanbul - Edirne istikameti diğeri Edirne - İstanbul istikameti yönündedir. Yolların herbiri üç şeritli ve yol genişliği 10 metre olarak modele girilmiştir. Çalışma alanına ait verilerin tamamı modele eklendikten sonra hesaplama alanı ikonuna basılarak modelin hesaplaması istediğimiz noktalar için seçilebilmektedir. Daha sonra seçilen noktalar bir dikdörtgen olacak şekilde tamamlanıp, SZM seçili olacak şekilde hesaplama başlatılır. Şekil 4.6' da SoundPLAN model yazılımının hesaplama esnasındaki ekran görüntüsü yer almaktadır. Hesaplamadan önce istenilen sonuçlara göre bazı ayarlamalar yapılır. Şekil 4.7' de SoundPLAN hesaplama ayarları yapılan arayüz gösterilmektedir. Bu çalışmada gürültü korumalı ızgara gürültü haritası seçilerek hesaplama yapılmıştır.



Şekil 4.7 Hesaplama ayarları

#### 4.8 Senaryo Çalışmaları

Bu çalışmada seçilen gürültü yönetim alanına (GYA) ait veriler modele girilip çalıştırılarak mevcut durumu gösterir gündüz ( $L_{gunduz}$ ), akşam ( $L_{aksam}$ ), gece ( $L_{gece}$ ) ve birleştirilmiş ( $L_{gag}$ ) gürültü düzeyi haritaları elde edilmiştir. Daha sonra seçilen gürültü yönetim alanına ait hız, araç yoğunluğu ve yol yüzeyi sıra ile değiştirilerek model tekrar çalıştırılmış ve gündüz ( $L_{gunduz}$ ), akşam ( $L_{aksam}$ ), gece ( $L_{gece}$ ) ve birleştirilmiş ( $L_{gag}$ ) yeni gürültü düzeyi haritaları elde edilmiştir. Elde edilen yeni gürültü düzeyi haritaları ile mevcut durumu gösteren haritalar kıyaslanarak sözkonusu alanda gerçekleştirilebilecek eylemler oluşturulmuştur.

Eylem planı yapılacak bölgede konutların yoğun olması durumunda  $L_{gece}$ , okulların yoğun olması durumunda  $L_{gunduz}$ , hastanelerin yoğun olduğu durumda ise  $L_{gag}$  dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada, karayolu yakınında konutların yoğun bulunması nedeniyle  $L_{gece}$  değerleri değerlendirmeye alınmıştır.

Senaryo çalışmalarında, önce mevcut durumun tespit edilmesin yönelik ilk durumu gösterir veriler ve model çıktıları ile daha sonra ise değiştirilmiş duruma ait veriler ve model çıktıları elde edilerek aşağıda yer alan Gürültü Azaltım Tedbirleri İçin Teknik Veri Sayfası Formu doldurulmuştur.

Formun birinci kısmı gürültü azaltım tedbirlerinin uygulanmasından önceki Gürültü Skoru, ID numarası ve kaynağın kısa tanımı gibi bazı bilgileri içermektedir. Kaynağın kısa tanımı kısmında ise; kaynak türü (karayolu, demiryolu, endüstri) ve bazı detaylı bilgileri (trafik akışı, karayolu için taşıtların hızı, demiryolu için tren geçişleri ve tren türleri, vb.) içermektedir. Alandaki maksimum aşımaları gösteren bir harita da burada sunulmaktadır.

Veri sayfasının sonraki kısmı, gürültü azaltım eylemlerini içeren farklı senaryolar tanımlamaktadır.

Son kısmında ise senaryo sonrası oluşan maruziyetlere ilişkin bilgiler ve senaryo sonrasını gösterir harita bulunmaktadır.

#### **4.8.1 Araç hızın azaltılması durumunda**

Karayolu gürültü kaynaklarından biri olan aerodinamik gürültü hız arttıkça artmaktadır. Motor sesi özellikle yüksek hızlarda ürkütücü bir hal alır. Gecenin sessizliğinde ise adeta patlama etkisi yapar. Ancak sözkonusu alanda yer alan konut sakinleri gece zaman diliminde dinlenme ve uyku halinde oldukları için bu yüksek sesle rahatsızlıkları artmaktadır. Ayrıca yüksek hızla ilerleyen bir taşıt ani fren yaptığı da korkunç bir ses etrafa yayılmaktadır. Seçilen yolun geniş olması ve yolun boş olması nedeniyle yüksek hızda araç kullanılmamı gece saatlerinde yoğundur.

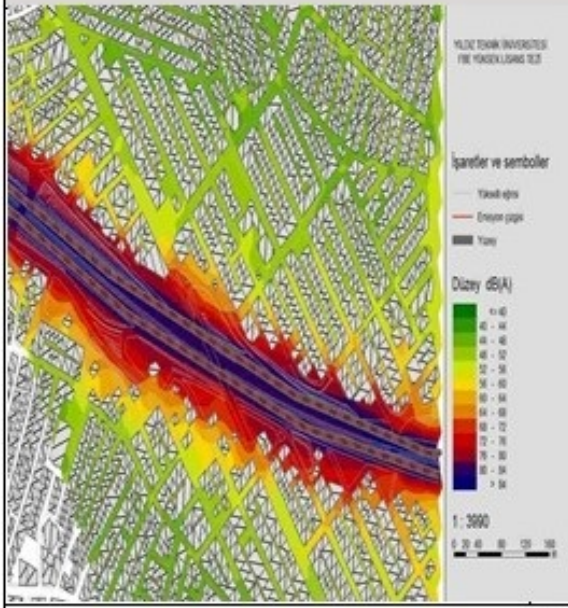
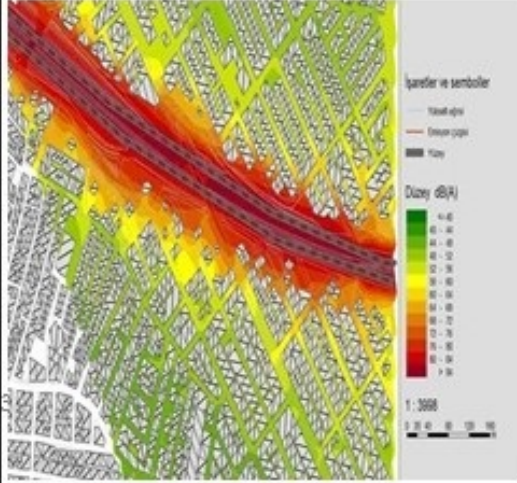
Seçilen gürültü yönetim alanında trafiğin her istikamette tek yönlü olması ve şerit sayısının fazla olması nedeniyle özellikle trafik yoğunluğunun azaldığı gece saatlerinde otoyolda araçlar yüksek hızda ilerlemektedir. Otoyolda geç saatlerde hız daha da artmaktadır.

Seçilen GYA' da birinci senaryo olarak otoyolda gece zaman dilimi için hafif taşıt hızı 70 km/sa, ağır taşıt içinse 50 km/saat olan hızın; hafif taşıt için 50 km/sa, ağır taşıt içinse 30 km/sa olması durumunda oluşacak gürültü haritası tespiti için modele veri girişi yapılmıştır.

Model hesaplaması yaklaşık bir gün sürdükten sonra gündüz, akşam, gece ve birleştirilmiş gürültü haritalarını oluşturmuştur. Bu çalışmada gece oluşan gürültü düzeyi haritaları kıyaslanmıştır. Gürültü azaltım senaryosu uygulandıktan sonra bir CBS yazılımı kullanılarak aşımara maruz kalan yeni sakin sayısı da hesaplanmıştır.

Çalışılan senaryo sonucu elde edilen tüm veriler Şekil 4.8' da yer alan ve ÇŞB tarafından eylem planları için doldurulması istenilen Gürültü Azaltım Tedbirleri İçin Teknik Veri Sayfası Formunda yer almaktadır.

Hızın azaltılması sonucu elde edilen verilere göre gürültü düzeyinin 3 dBA azaldığı ve gürültü skor değerinin 6.534.710' dan 6.011.933' e düştüğü tespit edilmiştir. Gürültüye maruz kalan kişi sayısında 11.830 kişiden 11.356 kişiye düştüğü tespit edilmiştir. Bu eylem hız sınırlaması ve aşırı hız cezalarının arttırılması ile gerçekleştirilebilir.

|                                                                                   |       |                                                                                      |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ                                                        |       | Sıcak nokta ID'si                                                                    | KGYA_01                         |
|  |       | GURULTU SKORU                                                                        |                                 |
|                                                                                   |       | Eylem öncesi toplam gürültü skoru                                                    | 6.534.710                       |
|                                                                                   |       | Eylem sonrası toplam gürültü skoru                                                   | 6.011.933                       |
|                                                                                   |       | GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI BİLGİSİ                                                           |                                 |
|                                                                                   |       | Haritalanan kaynak hakkında kısa açıklama                                            | Yıllık Ort. Günlük Trafik 19206 |
|                                                                                   |       |                                                                                      | Trafik Akışı Sürekli Akış       |
|                                                                                   |       |                                                                                      | Hafif Taşıt Hızı 70/70/70 Km/sa |
|                                                                                   |       |                                                                                      | Ağır Taşıt Oranı %25/25/21      |
|                                                                                   |       |                                                                                      | Ağır Taşıt Hızı 50/50/50 Km/sa  |
|                                                                                   |       |                                                                                      | Yol Yüzeyi Pürüzsüz Asfalt      |
| EYLEM TANIMI                                                                      |       |                                                                                      |                                 |
| Analiz edilen senaryo sayısı                                                      |       | 3                                                                                    |                                 |
| Seçilen Senaryo                                                                   |       | 1                                                                                    |                                 |
| Azaltım Eyleminin No'su ve Türü                                                   |       | 1.2 Gürültülü taşıtlarla ilgili kontrol önlemleri                                    |                                 |
| Azaltım Eyleminin No'su ve Türü                                                   |       |                                                                                      |                                 |
| MARUZİYET BİLGİSİ                                                                 |       |  |                                 |
| Alandaki toplam sakin sayısı                                                      | 33780 |                                                                                      |                                 |
| Eylem öncesi alandaki gürültü aşımına maruz kalan sakin sayısı                    | 11830 |                                                                                      |                                 |
| Eylem sonrası alandaki gürültü aşımına maruz kalan sakin sayısı                   | 11356 |                                                                                      |                                 |
| Alandaki toplam hassas bina sayısı                                                | 1249  |                                                                                      |                                 |

Şekil 4.8 Senaryo 1 Gürültü Eylem Planı

#### 4.8.2 Araç sayısının azaltılması durumunda

İstanbul dünyada en yoğun trafiğe sahip şehirler arasında 6. sıradadır. TUIK verilerine göre İstanbul’ da 2018 yılında trafiğe kayıtlı araç sayısı 4.170.000’ dir. Bunlardan 2.970.000’ i otomobil, 86.000’ i minibüs, 45.000’ i otobüs, 837.000’ i kamyonet ve 234.000’ i ise kamyonudur [3].

Araçlarda motor gürültüsü, tekerlek & yol kaplaması etkileşimi ve aerodinamik gürültü olmak üzere üçlü gürültü oluşumu vardır. Yüksek motor gücüne sahip araçlar, yüksek hızla ilerleyen ya da uygun olmayan lastikle yol alan bir taşıt gürültünün artmasına neden olmaktadır.

Karayolundan geçen araç tipleri gürültü düzeyini etkileyen faktörlerden biridir. Ağır vasıta sayısı arttıkça düzey artmaktadır. Ayrıca araç yaşı yükseldikçe de gürültünün artmasına neden olmaktadır.

Seçilen gürültü yönetim alanı (GYA) otogar güzergahında olup, İstanbul’da yer alan trafik hacminin yüksek olduğu karayollarından biridir. Araç yoğunluğu arttıkça araçtan kaynaklanan gürültü de arttığından dolayı eylem planlarında tercih edilen yöntemlerden biri de araç yoğunluğunun azaltılmasıdır.

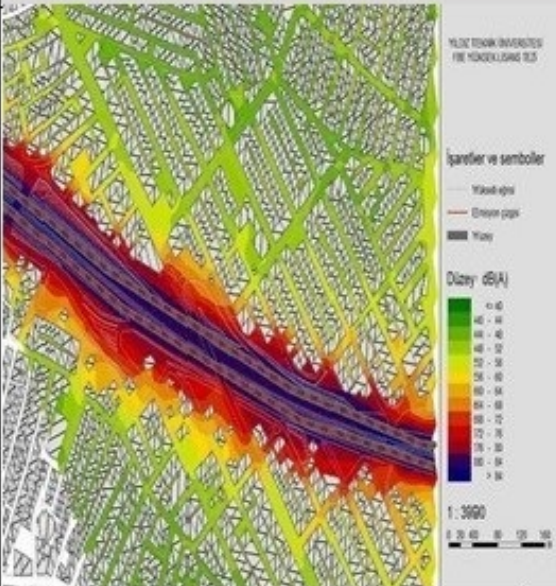
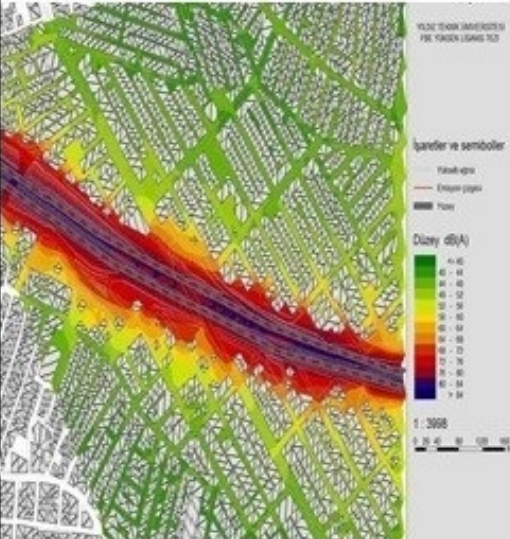
Özellikle ağır vasıta araçların gürültüye hassas alanlardan uzaklaştırılması ve kontrolü tercih edilen yaygın bir yöntemdir. Sözkonusu karayolundan 2018 yılında 19.206 araç geçmiş olup, bunlardan 4.802’ i ağır vasıta niteliğindedir.

İkinci senaryo olarak trafik hacminin düşürülmesi durumunda oluşan gürültü düzeyi haritası incelenmiştir. Yoldan yıllık geçen araç sayısı gündüz, akşam ve gece olarak ayrı ayrı mevcudun yarısına düşürülerek, modelde tekrar hesaplama yapılmıştır. Ayrıca ArcGIS kullanılarak eylem sonrası oluşan yeni maruziyet sayısı bulunmuştur.

Çalışılan senaryo sonucu elde edilen veriler Şekil 4.9’ da yer alan Gürültü Azaltım Tedbirleri İçin Teknik Veri Sayfası Formunda yer almaktadır.

Araç sayısının azaltılması sonrası elde edilen verilere göre 4 dBA’ lik azalma olduğu tespit edilmiştir. Gürültü skor değeri 6.534.710’ dan 5.031.726’ a düştüğü tespit edilmiştir. Maruz kalan kişi sayısı da 11.830 kişiden 9506 kişiye düştüğü tespit edilmiştir.

İkinci senaryo verileri incelendiğinde araç sayısının düşürülmesinin gürültü düzeyini büyük oranda azalttığı görülmüştür. Bu eylem alternatif güzergahlara ağır vasıtaların yönlendirilmesi, ücretli geçiş sayısının arttırılması veya belirli yaş üstündeki araçların trafikten men edilmesi ile gerçekleştirilebilir.

|                                                                                   |       |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ                                                        |       | Sıcak nokta ID'si                                                                    | KGYA_01                                                                                                                                                                                                                 |
|  |       | GÜRÜLTÜ SKORU                                                                        |                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                   |       | Eylem öncesi toplam gürültü skoru                                                    | 6.534.710                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                   |       | Eylem sonrası toplam gürültü skoru                                                   | 5.031.726                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                   |       | GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI BİLGİSİ                                                           |                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                   |       | Haritalanan kaynak hakkında kısa açıklama                                            | <p>Yıllık Ort. Günlük Trafik 19206</p> <p>Trafik Akışı Sürekli Akış</p> <p>Hafif Taşıt Hızı 70/70/70 Km/sa</p> <p>Ağır Taşıt Oranı%25/25/21</p> <p>Ağır Taşıt Hızı 50/50/50 Km/sa</p> <p>Yol Yüzeyi Pürüzsüz Asfalt</p> |
| EYLEM TANIMI                                                                      |       |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |
| Analiz edilen senaryo sayısı                                                      |       | 3                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                         |
| Seçilen Senaryo                                                                   |       | 2                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                         |
| Azaltım Eyleminin No'su ve Türü                                                   |       | 1.2 Gürültülü taşıtlarla ilgili kontrol önlemleri                                    |                                                                                                                                                                                                                         |
| Azaltım Eyleminin No'su ve Türü                                                   |       |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |
| MARUZİYET BİLGİSİ                                                                 |       |  |                                                                                                                                                                                                                         |
| Alandaki toplam sakin sayısı                                                      | 33780 |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |
| Eylem öncesi alandaki gürültü aşımına maruz kalan sakin sayısı                    | 11830 |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |
| Eylem sonrası alandaki gürültü aşımına maruz kalan sakin sayısı                   | 9506  |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |
| Alandaki toplam hassas bina sayısı                                                | 1249  |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |

Şekil 4.9 Senaryo 2 Gürültü Eylem Planı

#### 4.8.3 Yol yüzeyi değişimi durumunda

Gürültü herhangi bir yüzeye geldiğinde enerjinin bir kısmı yansır, bir kısmı iletilir, bir kısmı ise yüzey tarafından yutulur. Serbest alanda, kaynaktan direk yayılan anlık ses basıncı ve yüzey yansımalarından dolayı olarak yayılan ses enerjisinin bir kısmı yutulur. Eğer yutulma ve iletim düşükse; yüzeye gelen ses enerjisinin büyük bir kısmı yansır.

Zemin düzgün ve yansıtıcıysa gürültü herhangi bir azalmaya uğramadan her noktadan yükselen bir düzeyle akustik enerjisini yayarak ilerler.

Beton gibi yansıtıcılık özelliği iyi olmayan sert bir yapay yüzey ve doğal yüzeylerin büyük çoğunluğu önemli yutuculuk değerine sahiptir. Bu tür yüzeylere gelen gürültü seviyesinde azalma meydana gelir. Zeminin pürüzlülük özelliğine, dalga boyu ve zemin düzensizliklerine bağlı olarak yüksek frekanslı gürültü düzeyinde azalma daha fazla olur.

Karayolu gürültüsünü oluşturan etmenlerden biri tekerleğinin yol yüzeyi ile teması sonucunda oluşur. Yolda kullanılan malzeme, yolun engebeli olması yada yolun eğimi sürtünmede etkilidir [15].

Yol yüzeylerinin çok farklı özellikte olmaları nedeniyle, yol yüzeyi tipine göre farklı seviyelerde gürültü oluşmaktadır. Örneğin mıcır kaplı bir yolda sürtünme fazla olduğu için yüksek seviyelere ulaşırken; pürüzsüz asfalt kullanımında sürtünme azalacağı için daha düşük seviyelerde kalır. Genellikle yol yüzeyi için uzun ömürlü ve güvenli olduğu bilinen asfalt kullanılmaktadır.

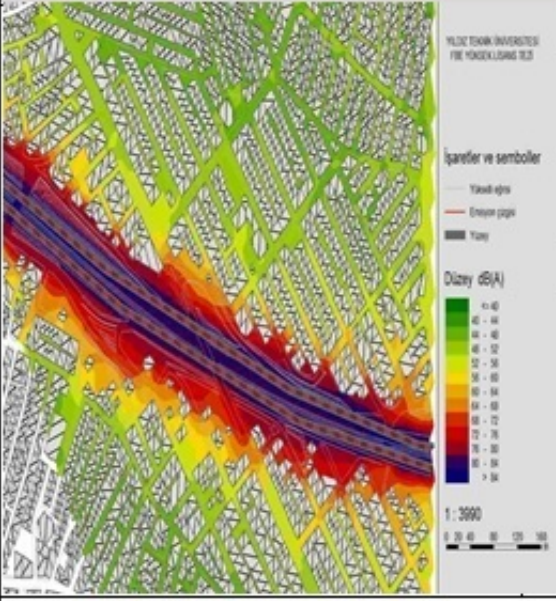
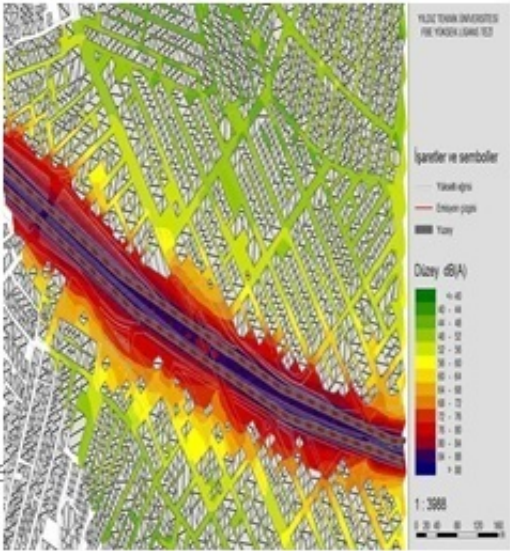
Kullanılan malzemenin gözenekli yapıda olması sesi içine hapsetmesine dolayısıyla sesin azalmasına olanak sağlamaktadır [22].

Seçilen karayolu mevcut durumda kaplamasının yoğun gradasyonlu mastik (düz asfalt) ile kaplanmış olup bunun yerine modelleme çalışması ile ince katmanlı asfalt yol malzemesi tipine dönüştürülerek değişim incelenmiştir. ArcGIS kullanılarak eylem sonrası maruziyetler de hesaplanmıştır.

Çalışılan senaryo sonucu elde edilen tüm veriler Şekil 4.10' da yer alan Gürültü Azaltım Tedbirleri İçin Teknik Veri Sayfası Formunda yer almaktadır.

Bu verilere göre yüzey kaplamasının değişimi sonrasında 2 dBA' lık bir azalma olduğu ve gürültü skor değerinin 6.534.710' dan 6.289.658' e düştüğü tespit edilmiştir.

Ayrıca yüzeyin değiştirilmesi ile gürültüye maruz kalan kişi sayısının 11.830 kişiden 11.447' e düştüğü hesaplamalar sonrasında tespit edilmiştir.

|                                                                                   |       |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ                                                        |       | Sıcak nokta ID'si                                                                    | KGYA_01                                                                                                                                                                                                                 |
|  |       | <b>GURULTU SKORU</b>                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                   |       | Eylem öncesi toplam gürültü skoru                                                    | 6.534.710                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                   |       | Eylem sonrası toplam gürültü skoru                                                   | 6.289.658                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                   |       | <b>GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI BİLGİSİ</b>                                                    |                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                   |       | Haritalanan kaynak hakkında kısa açıklama                                            | <p>Yıllık Ort. Günlük Trafik 19206</p> <p>Trafik Akışı Sürekli Akış</p> <p>Hafif Taşıt Hızı 70/70/70 Km/sa</p> <p>Ağır Taşıt Oran%/25/25/21</p> <p>Ağır Taşıt Hızı 50/50/50 Km/sa</p> <p>Yol Yüzeyi Pürüzsüz Asfalt</p> |
| <b>EYLEM TANIMI</b>                                                               |       |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |
| Analiz edilen senaryo sayısı                                                      |       | 3                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                         |
| Seçilen Senaryo                                                                   |       | 3                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                         |
| Azaltım Eyleminin No'su ve Türü                                                   |       | 1.2 Gürültülü taşıtlarla ilgili kontrol önlemleri                                    |                                                                                                                                                                                                                         |
| Azaltım Eyleminin No'su ve Türü                                                   |       |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>MARUZİYET BİLGİSİ</b>                                                          |       |  |                                                                                                                                                                                                                         |
| Alandaki toplam sakin sayısı                                                      | 33780 |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |
| Eylem öncesi alandaki gürültü aşımına maruz kalan sakin sayısı                    | 11830 |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |
| Eylem sonrası alandaki gürültü aşımına maruz kalan sakin sayısı                   | 11445 |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |
| Alandaki toplam hassas bina sayısı                                                | 1249  |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |

Şekil 4.10 Senaryo 3 Gürültü Eylem Planı

#### 4.9 Senaryoların Karşılaştırılması

Bu çalışmada öncelikle mevcut durumun analizi yapılmış, daha sonra alternatif gürültü azaltım senaryolarının olası sonuçları hesaplanmıştır.

Senaryo 1' de; Araç hızları 20 km/sa azaltıldığında oluşacak yeni durum değerlendirilmiştir. Araç hızları azaltıldığında gürültünün 3 dBA azaldığı tespit edilmiştir. Senaryo 1' de % 5 maruziyet azalımı tespit edilmiştir.

Senaryo 2' de; Araç hacmi yarı yarıya azaltıldığında gürültü skorunda ve maruziyet oranı % 23 oranında azalma sağlanmıştır. Senaryolar içerisinde en fazla azalım bu senaryoda gerçekleşmiştir. Gürültü düzeyinde ise 4 dBA'lık azalım tespit edilmiştir.

Senaryo 3' de; Yol kaplaması mastik yerine ince katmanlı asfalt ile değiştirildiğinde 2 dBA'lık azalma tespit edilmiştir.

**Tablo 4.11** Senaryo sonuçlarının karşılaştırılması

|           | PEL farkı | Maruz kalan kişi sayısı farkı | Uygulanabilirlik |
|-----------|-----------|-------------------------------|------------------|
| Senaryo 1 | 522.777   | 474                           | Orta             |
| Senaryo 2 | 1.502.984 | 2324                          | Orta             |
| Senaryo 3 | 245.052   | 385                           | Orta             |

Edirne - İstanbul yönündeki binaların karayoluna olan mesafenin daha fazla olması nedeniyle maruziyet oranı, İstanbul-Edirne tarafına göre daha düşüktür. Dolayısıyla gürültünün mesafeye bağlı olarak azalması bu sonuca ulaşılmasında etkili olmuştur.

Tablo 4.11' de çalışılan üç senaryo sonucunda elde edilen veriler gösterilmektedir. Maruziyet farkı ve gürültü skorundaki değişim en çok Senaryo 2' de gözlemlenmiştir. Araç sayısının düşürülmesi alınabilecek en verimli aksiyon olarak belirlenmiştir.

## 5 SONUÇ VE ÖNERİLER

---

Gürültü, günümüzde birçok sağlık problemine neden olmakta ve yaşam kalitesini düşürmektedir. Son 15 yıl içinde ülkemizde gürültü kaynaklı meydana gelen olumsuzlukların önlenmesi, etkilenen sayısının ve etkilenme düzeyinin düşürülmesi noktasında önemli çalışmalar yapılmaktadır. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinde yer alan yasal limitler ve zorunluluklar uygulanan denetlemeler ve yaptırımlar sonucu hızla yerine getirilmektedir. AB uyum sürecinde gerçekleştirilen projeler de gürültü sorunu çözümüne önemli ölçüde fayda sağlamaktadır.

İstanbul geniş yüzölçümüne sahip kalabalık bir şehir. Ulaşım ihtiyacı artışı gürültüsünün de hızla artmasına sebep olmaktadır. Bir yerden bir yere gitmek bazen trafiğin etkisiyle de saatlerce sürmektedir. Bu da karayolu kaynaklı gürültünün oluşmasına neden olmaktadır. Bu sorunu çözmek adına stratejik gürültü haritalarından faydalanarak eylem planları hazırlanmaktadır.

Karayolu eylem planları yapılırken genellikle hız sınırlamaları, trafik hacmi ve kompozisyonu (ağır ve hafif araç oranı) düzenlemeleri ile ses emici yol üst yapı tipleri kullanılarak gürültünün azaltılması hedeflenmektedir [3].

Bu çalışmada, modelleme ve hesaplamalar doğrultusunda alan başına düşen nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu noktalardan biri eylem planı uygulama alanı olarak tespit edilmiştir. Gürültü Direktifinin Uygulama Kapasitesi için Teknik Yardım Projesi kapsamında kullanılan gürültü azaltım tedbirleri kataloğu kullanılmıştır [30].

Eylem planları hazırlama aşamalarımız önceki bölümlerde adım adım anlatılmıştır. Her bir gürültü azaltım tedbiri literatüre ve ulusal ve uluslararası projeler gibi diğer deneyimlere dayanarak tanımlanmıştır. Her bir çözüm için maruziyet ve süre özellikleri değerlendirilmiştir.

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği karayolu gürültü sınırlarında konutların yoğun olduğu alanlarda  $L_{gndz}$  68,  $L_{aksam}$  63 ve  $L_{gece}$  58 dBA

[29] olarak belirtilmiştir.

Halkın toplu taşımaya özendirilmesi ve yönlendirilmesi eylem planları kapsamında oldukça etkili bir yöntemdir. Toplu taşımanın kullanımının artması, karayolu trafik hacminin azalmasında oldukça yüksek bir katkı sağlamaktadır.

Araç hız limitlerinin azaltılması, toplu taşımaya yönelimin arttırılması, ağır araçlara sınırlandırmalar getirilmesi ve yol üstyapı malzemesi olarak yoğun gradasyonlu asfalt yerine gözenekli yüzeye sahip asfaltın kullanılması, karayolu kenarlarında yaşayan insanların trafik gürültüsünden rahatsızlıklarını tamamen yok etmese de büyük ölçüde azaltacağı saptanmıştır.

Sıcak nokta olarak tespit edilen bölgelerdeki otoyol ve caddelerde abartı egzoz kullanımı engellenmelidir. Yetkili birimler abartı egzoz için denetimleri sıklaştırmalı ve cezaları arttırmalıdır.

Eylem planı gerektiren, gürültü seviyelerinin eşik değerlerin üzerinde kaldığı bölgelerde yukarıda açıklanan yöntemlerden bir veya birkaçı beraber uygulanarak gürültünün azaltılması sağlanabilir [3].

Bu çalışmamızda kısa vadeli eylemler incelenmiştir. Uzun vadeli eylem planlarında ise karayolu kenarına, hassas alan olarak değerlendirilen okul, hastane, konut vb. yapıların inşası için imar izni verilmemelidir. Yol kenarına yapılacak olan binaların tamamen ticari faaliyet gösteren binalara dönüştürülmesi gerekmektedir.

Gürültü eylem planlarının başlıca amaçlarından birisi de şehirdeki sessiz bölgeleri belirlemek ve koruma altına almaktır. Böylece alınacak bu gibi tedbirler, ileride oluşturulacak olan imar planlarına kılavuz edecek ve şehrin yüksek gürültüye maruz kalacak kişilerin kontrol altında tutulmasına katkıda bulunacaktır.

Mevcut veya planlanan imar planlarının projelendirilmesi ve hazırlama aşamasında Stratejik Gürültü Haritaları mutlaka dikkate alınmalıdır. Sıcak noktalarda yer alan okul, hastane, konut gibi hassas alanların tamamı, uzun vadede ticari alana dönüştürülmelidir.

Binaların yerleşim şekilleri de önemlidir. Banyo, mutfak, lavabo gibi az kullanılan alanlarının ses gelen yöne; yatak odaları, oturma odaları gibi dinlenme alanları ise sessiz kalan kısımda olacak şekilde konumlandırılmasına özen gösterilmelidir.

- [1] S. Kurra, Çevre gürültüsü ve yönetimi. Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları, 2009.
- [2] H. N. Özgüven, “Gürültü kontrolü,” Ankara: Türk Akustik Derneği Yayını, pp. 35– 196, 2008.
- [3] A. ÖNGEL and F. SEZGİN, “Trafik gürültüsünü etkileyen faktörlerin soundplan 6.5 programı ile incelenmesi,” Teknik Dergi, 28, no. 1, pp. 7669–7684, 2017.
- [4] C. Özdemir, Gürültü Kirliliği Ders Notları. Selçuk Üniversitesi, 2005.
- [5] Y. Öztan, “Çevre kirlenmesi ve korunması (Environmental pollution and protection),” Standart Dergisi, 1996.
- [6] B. Kjaer, Brüel Kjaer Temel Ses Kavramları Ders Notu. Pro Plan, 2007.
- [7] S. Y. Demirkale, Çevre ve yapı akustiği: mimarlar ve mühendisler için el kitabı. Birsan Yayınevi, 2007.
- [8] İ. Ertaş, Denel fizik dersleri. Ege Üniversitesi, 1996.
- [9] B. Lichtberger, “Track compendium: Formation, permanent way, maintenance,” Economics, 1, 2005.
- [10] V. ARLI and Z. OZTURK, “Noise reduction measures on İstanbul urban rail systems,” Eurotransport, 2008.
- [11] E. Kalıpcı and İ. Bilgen, “Nevşehir il merkezinde trafik kaynaklı gürültü düzeyleri ölçümü ve gürültü haritasının hazırlanması,” Master’s thesis, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, 2017.
- [12] B. Y. Kılavuzu, “Çevre ve şehircilik bakanlığı çevre yönetimi genel müdürlüğü,” EkIII ([http://www.csb.gov.tr/db/cygm/editor/dosya/bisiklet\\_yolu\\_ek31.pdf](http://www.csb.gov.tr/db/cygm/editor/dosya/bisiklet_yolu_ek31.pdf)), 2012.
- [13] M. Karpuzcu, Çevre kirlenmesi ve kontrolü, kubbealtı neşriyat, 975-7663- 10-7, 381s, 2007.
- [14] S. Karadayı, “Bursa ilinin trafik kaynaklı gürültü haritasının hazırlanması,” Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2001.
- [15] G. Ener, “Köprülü kavşakların çevresel trafik gürültüsü seviyelerine etkilerinin incelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
- [16] C. Özdemir, Gürültü Kirliliği Ders Notları. Selçuk Üniversitesi, 2012.
- [17] T. Çevre and O. Bakanlığı, “Türkiye Çevre Atlası,” ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2004.

- [18] Ş. Dursun and C. Özdemir, 'Konya il merkezinde gürültü kirliliği haritasının hazırlanması' Selçuk Universty Research Fund BAP Project, 1999.
- [19] Ç. Güler and Z. Çobanoğlu, Gürültü, çevre sağlığı temel kaynak dizisi no. 19, T.C Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, T.C Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1994.
- [20] Bazı trafik gürültüsü tahmin modellerinin eleştirel bir incelemesi.
- [21] K. B. Belediyesi. (Dec. 2018). Kayseri gürültü eylem planı @online, [Online]. Available: <https://www.kayserigurultueylemplanı.com/>.
- [22] "Karayolu ulaşımından kaynaklanan çevresel gürültü ve bu gürültüye yol kaplamalarının etkilerinin incelenmesi."
- [23] Hearing Anatomy, Physiology and Disorders of the Auditory System, Academic Press: second edition. Coğul Yayıncılık.
- [24] Uyku bozukluğu, psiko-sosyal ve tıbbi semptomlar yüksek düzeyde trafik gürültüsüne maruz kalan kişiler arasında yapılan pilot bir anket.
- [25] TSE. (Dec. 2018). Tse 9798 ocak 1992 akustik-çevre gürültüsünün tanımlanması ve ölçülmesi kısım 2 - arazi kullanımında meydana gelen gürültülerle ilgili verilerin elde edilmesi,1992@online,[Online].Available:<https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?08111805111510805110411911010/>.
- [26] C. Uslu and M. Yücel, "Adana kentinde gürültü kirliliği üzerine bir araştırma," Ekoloji, no. 25, pp. 9–13, 1997.
- [27] N. Akdag, "Kent planlamada gürültü haritalarının önemi: Barbaro bulvarı çevresi örneği," TMOB Mimarlık Dergisi, no. 311, pp. 56–60, 2003.
- [28] S. A. T. Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2015.
- [29] ÇŞB. (Oct. 2018). Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Ve Yönetimi Yönetmeliği @online, [Online]. Available: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.14012&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch>.
- [30] Ç. Ş. B, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Eylem planları çalışması, 2015.
- [31] Soundplan. (Dec. 2018). Soundplan kullanım kılavuzu @online, [Online]. Available: <http://www.soundplan.eu/english/soundplan-acoustics/soundplan-modules/noise-maps-grid-facade-meshed/>.
- [32] S. V. T. L. S., dB-KES Mühendislik İnşaat. (Nov. 2018). Gürültü modelleri @online, [Online]. Available: <http://www.dbkes.com.tr/>.
- [34] pnt. (Nov. 2018). Gürültü @online, [Online]. Available: <http://www.pnt-grp.com/>.
- [35] B. Kjaer. (Nov. 2018). Gürültü @Online, [Online]. Available: <http://www.bksv.com/>.
- [36] B. Belediyesi. (Nov. 2018). Gürültü eylem planı ön raporu @online, [Online]. Available: <http://www.balikesir.bel.tr/>.

- [37] İBB. (Sep. 2018). İBB gürültü eylem planı taslak raporu @online, [Online]. Available: <http://cevrekoruma.ibb.gov.tr/Dokumanlar/isgepdoc/taslakgurultueylemplaniraporu.pdf/>.

