

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR ÜNİVERSİTE KAMPUS ALANINDA GÜRÜLTÜ HARİTASININ
ÇIKARILMASI : İTÜ MASLAK KAMPUSÜ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Başak AYDIN

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR ÜNİVERSİTE KAMPUS ALANINDA GÜRÜLTÜ HARİTASININ
ÇIKARILMASI : İTÜ MASLAK KAMPUSÜ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Başak AYDIN
501111738**

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İsmail TORÖZ

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501111738 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Başak AYDIN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**BİR ÜNİVERSİTE KAMPUS ALANINDA GÜRÜLTÜ HARİTASININ ÇIKARILMASI : İTÜ MASLAK KAMPUSÜ ÖRNEĞİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. İsmail TORÖZ**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyesi : **Prof. Dr. Kadir ALP**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyesi : **Doç. Dr. Yaşar AVŞAR**

Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **12.12.2014**

Savunma Tarihi : **20.01.2015**

ÖNSÖZ

Çevre mühendisliğinin ülkemizde eğitime başladığı 1970’li yılların sonundan bu yana, gerek araştırma gerekse uygulama alanında ilgi duyulan konuların başlıca atıksu, katı atık, hava kirliliği ve kısmen de içme suyu olduğu bilinmektedir. Oysa, insan sağlığını doğrudan etkileyen ve önemli bir kirlilik bileşeni olarak dikkate alınması gereken çevresel gürültü konusu da çevre mühendisliğinin konularından biridir. Ancak, bu konuda ilgili bölümlerde hemen hemen hiçbir çalışmanın olmadığı görülmektedir.

Bu tez çalışmasında, çevre mühendisliği alanında çevresel gürültü konusunun da olduğuna dikkat çekilmesi amaçlanmış, Avrupa Birliği uyum sürecinde mülga Çevre ve Orman Bakanlığı’nın hazırladığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC) gereğince hazırlanması gereken gürültü haritalarına bir örnek oluşturması amacıyla İstanbul Teknik Üniversitesi Maslak Kampüsü’nün gürültü haritası oluşturulmuştur.

Yüksek lisans programım süresince gerek aldığım dersler, gerekse özel ilgileri sayesinde gürültü kirliliği ve gürültü haritalarının oluşturulması konusunda temel oluşturmamı sağlayan, her ihtiyacım olduğunda bana yardımcı olan Prof. Dr. Neşe Yüğrük AKDAĞ ve Doç. Dr. M. Nuri İLGÜREL’e en içten teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul Teknik Üniversitesi’nde lisans ve yüksek lisans programları süresinde geçirdiğim yaklaşık yedi yıl boyunca emeği geçen, hem mühendislik hem de hayata hazırlamak açısından her türlü bilgi ve tecrübelerini öğrencileriyle paylaşan tüm hocalarıma ve özellikle her an yardıma açık olan, hiçbir zaman desteğini esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. İsmail TORÖZ’e bana kattıkları her şey için ayrıca teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak, hayatımın her anında her koşulda yanımda olan, buraya gelmemi sağlayan aileme, özellikle annem Ünzile AYDIN’a ve dostlarıma hayatımın en önemli parçaları oldukları için minnettarım, her şey için teşekkür ederim.

Aralık 2014

Başak Aydın
Çevre Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Gürültü Kontrolü İle İlgili Mevzuat	3
2. GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ	5
2.1 Ses	5
2.1.1 Sesin tanımı	5
2.1.2 Sesin özellikleri	7
2.1.3 Ses kaynakları	8
2.1.4 Sesin yayılması	8
2.2 Gürültü	18
2.2.1 Gürültünün tanımı	18
2.2.2 Gürültünün insan sağlığına etkisi	19
2.2.3 Gürültü kaynakları	24
2.2.4 Gürültü ölçüt ve limitleri	28
3. GÜRÜLTÜ HARİTASI VE ÖRNEK HARİTALAR	37
3.1 Gürültü haritası	37
3.2 Örnek Haritalar	41
3.2.1 Uluslararası Örnekler	41
3.2.2 Ulusal Örnekler	45
4. İTÜ MASLAK KAMPÜSÜ GÜRÜLTÜ HARİTASI	51
4.1 SoundPLAN uygulaması	57
4.1.1 SoundPLAN	57
4.1.2 İTÜ Maslak Kampüsü gürültü haritaları	64
4.2 Ölçümler	71
4.2.1 Ölçüm cihazı	71
4.2.2 Ses düzeyi ölçümü	75
4.2.3 Ölçüm noktaları ve ölçülen değerler	77
5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME	84
KAYNAKLAR	87
EKLER	90
ÖZGEÇMİŞ	98

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
ÇGDY	: Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
DNL	: Day-night level (Gündüz-gece seviyesi)
DOL	: Department of Labor (Amerikan İşçi Departmanı)
END	: Environmental Noise Directive (Çevresel Gürültü Direktifi)
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
FAA	: Federal Airway Administration (Federal havayolları İdaresi)
FHWA	: Federal Highway Administration (Federal Otoyol İdaresi)
FICON	: Federal Agency Review of Selected Airport Noise Analysis (Seçilmiş Havaalanlarının Gürültü Analizlerini İnceleyen Federal Hükümet Organı)
FRA	: Federal Railroad Administration (Federal Demiryolu İdaresi)
GPG	: Good Practise Guide (Uygulama Kılavuzu)
HUD	: Housing and Urban Development (Konut ve Şehir Geliştirme Bölümü)
NCB	: Balanced Noise Criterion (Dengelenmiş Gürültü Kriteri)
NIOSH	: National Institute for Occupational Safety and Health (Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü)
NRC	: Nuclear Regulatory Commission (Nükleer Düzenleme Komisyonu)
OSHA	: Occupational Safety and Health Administration (İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi)
TGM	: Trafik Genel Müdürlüğü
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WG-AEN	: European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (Avrupa Komisyonu Gürültü Maruziyeti Değerlendirme Çalışma Grubu)
SBS	: Ses basınç seviyesi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Sesin farklı ortamlarda yayılma hızı	8
Çizelge 2.2 : İzin verilen gürültü düzeyi, OSHA.....	30
Çizelge 2.3 : Hareket halindeki motorlu taşıtların 2008'den itibaren uygulanmakta olan dış gürültü emisyonları (70/157/AT).....	31
Çizelge 2.4 : Karayolu çevresel gürültü sınır değerleri (2002/49/EC)	32
Çizelge 2.5 : Hafif raylı sistemler için çevresel gürültü sınır değerleri (2002/49/EC)	32
Çizelge 2.6 : Hava alanı çevresel gürültü değerleri (2002/49/EC).....	33
Çizelge 2.7 : Endüstri tesisleri için çevresel gürültü değerleri (2002/49/EC)	33
Çizelge 2.8 : Dünya Sağlık Örgütü tarafından çevre gürültüsü için yayınlanan kılavuzda belirtilen sınır değerler (Schwela, 2001)	34
Çizelge 2.9 : Yapı içinde farklı mekan tipleri için önerilen sınır değerler (2002/49/EC).....	35
Çizelge 4.1 : Yönerge 2: Karayolu trafik akışı (WG-AEN, 2006)	52
Çizelge 4.2 : Saatlik tepe akışı değerinden günlük, akşamlik ve gecelik trafik akışı verileri elde edilmesi için dönüştürme katsayıları örneği (WG-AEN, 2006)	52
Çizelge 4.3 : Yönerge 4: Ağır araç oranı (WG-AEN, 2006)	54
Çizelge 4.4 : Yönerge 3: Ortalama karayolu trafik hızı (WG-AEN, 2006).....	55
Çizelge 4.5 : Büyükdere ve İstinye Bayırı Caddelerinde ortalama taşıt sayıları	668
Çizelge 4.6 : Büyükdere ve İstinye Bayırı Caddeleri üzerindeki ölçümlerin sonuçları	80
Çizelge 4.7 : İTÜ Maslak Kampüsü içerisindeki ölçümlerin sonuçları.....	83
Çizelge 5.1 : Ölçüm sonuçlarının ve ızgaralı gürültü haritası sonuçlarının karşılaştırılması	84

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Ses basıncı ve ses basınç seviyelerinin karşılaştırılması (Brüel & Kjør, 2001).....	6
Şekil 2.2 : Yansıma ve saçılmanın ortaya çıktığı dalgaboyu ve yüzey geometrisi ilişkisi.....	10
Şekil 2.3 : Yansıma, yutulma ve iletim olayı	10
Şekil 2.4 : Havadan zemine yayılan gürültü (uçak gürültüsü) için frekanslara bağlı olarak atmosferik azalım, bağıl nemin etkisi	12
Şekil 2.5 : Sıcaklık değişimlerinin olmadığı dengeli durumda ses yayılımı	13
Şekil 2.6 : Atmosferin zemine yakın tabakalarının daha soğuk olduğu durumda ses yayılımı (ses artırıcı meteorolojik koşullar)	13
Şekil 2.7 : Atmosferin zemine yakın tabakalarının daha sıcak olduğu durumda ses yayılımı (ses azaltıcı meteorolojik koşullar)	13
Şekil 2.8 : Nokta ve çizgi kaynaklarda engel etkilerinin karşılaştırılması	15
Şekil 2.9: Engel ve tepe tasarımlarına örnekler (Kurra, 2009)	17
Şekil 2.10 : Kulağın anatomisi (Url-1)	20
Şekil 2.11 : İşitme bölgesi	20
Şekil 2.12 : Eşyükseklik eğrileri.....	21
Şekil 2.13 : Ulaşım hızı, hacmi (eşdeğer taşıt sayısı/24 saat) ve gürültü düzeyi ilişkileri.....	25
Şekil 2.14 : Dengelenmiş Gürültü Kontrolü Ölçüt Eğrileri (NCB).....	34
Şekil 3.1 : Havaalanı gürültü haritası örneği, Phoenix (Url- 2).....	42
Şekil 3.2 : Karayolu gürültü haritası örneği, Londra (Url-3).....	43
Şekil 3.3 : Demiryolu gürültü haritası örneği, Hong Kong (Url-3).....	44
Şekil 3.4: Endüstri gürültü haritası örneği, Nijerya (Url-3).....	45
Şekil 3.5 : Karayolu gürültü haritası örneği, İstanbul (Aşçıgil, 2009)	46
Şekil 3.6: Karayolu gürültü haritası örneği, Bursa (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2011).....	47
Şekil 3.7: Afyonkarahisar karayolu gürültü haritası ölçüm noktaları.....	48
Şekil 4.1 : İBB Trafik Müdürlüğü trafik yoğunluk haritası örneği-trafik hızı.....	56
Şekil 4.2 : İBB Trafik Müdürlüğü trafik yoğunluk haritası örneği-meteorolojik veriler (Url-4)	56
Şekil 4.3 : Izgaralı ve kesitsel gürültü haritasının birlikte gösterimi örneği (Url-5) .	58
Şekil 4.4 : Cephe gürültü haritası örneği	59
Şekil 4.5 : Frekans bazında ağ gürültü haritası örneği.....	59
Şekil 4.6 : Stuttgart şehri için izgaralı gürültü haritası	60
Şekil 4.7 : Izgaralı gürültü haritası, arazinin üç boyutlu gösterimi örneği	61
Şekil 4.8 : Izgaralı gürültü haritası, binaların üç boyutlu gösterimi örneği.....	61
Şekil 4.9 : Gürültü bariyerinin etkisini gösteren kesitsel gürültü haritası örneği	62
Şekil 4.10 : Gürültü bariyerleri tasarlama örneği	62
Şekil 4.11 : Fabrika binası içinde gürültü haritası örneği.....	63
Şekil 4.12 : İç mekan gürültü haritası örneği.....	63
Şekil 4.13 : SoundPLAN programının ana menüsü.....	64

Şekil 4.14 : SoundPLAN programında standart seçimi	65
Şekil 4.15 : SoundPLAN hesaplama seçeneği	66
Şekil 4.16 : Hesaplatma anında oluşan gürültü haritası	66
Şekil 4.17: SoundPLAN grafik seçeneği, örnek gürültü haritası	67
Şekil 4.18 : İTÜ Maslak Kampüsü, gürültü haritası- Yalnız arazi, Lgündüz değerleri	68
Şekil 4.19 : İTÜ Maslak Kampüsü, gürültü haritası- Lgündüz değerleri	69
Şekil 4.20 : İTÜ Maslak Kampüsü, gürültü haritası- Lakşam değerleri	69
Şekil 4.21 : İTÜ Maslak Kampüsü, gürültü haritası- Lgece değerleri	70
Şekil 4.22 : İTÜ Maslak Kampüsü, gürültü haritası- Üç boyutlu , Lgündüz değerleri	70
Şekil 4.23 : Brüel&Kjaer-Tip 2250, el tipi ses düzeyi ölçer.....	71
Şekil 4.24 : Brüel&Kjaer-Tip 2250, el tipi ses düzeyi ölçer, bağlantı paneli	73
Şekil 4.25 : Brüel&Kjaer-Tip 2250 ses düzeyi ölçerin ölçüm süresince ana ekran görüntüsü	74
Şekil 4.26 : Brüel&Kjaer-Tip 2250 ses düzeyi ölçerde proje modelinin belirlenmesi	75
Şekil 4.27 : Brüel&Kjaer-Tip 2250 ses düzeyi ölçerin ana menü seçenekleri	75
Şekil 4.28 : Brüel&Kjaer-Tip 2250 ses düzeyi ölçerin ana ekranında ölçüm süresinin yeri	76
Şekil 4.29 : Brüel&Kjaer-Tip 2250 ses düzeyi ölçerde seçili projede yapılabilecek işlemler	76
Şekil 4.30 : Brüel&Kjaer-Tip 2250 ses düzeyi ölçerde ölçüm sonuç ekranı.....	77
Şekil 4.31 : Büyükdere ve İstinye Bayırı Caddeleri üzerindeki ve İTÜ Maslak Kampüsü içindeki çevresel gürültü ölçüm noktaları (Url-6).....	78

BİR ÜNİVERSİTE KAMPUS ALANINDA GÜRÜLTÜ HARİTASININ ÇIKARILMASI : İTÜ MASLAK KAMPUSÜ ÖRNEĞİ

ÖZET

Gürültü, tüm diğer çevresel kirlilikler gibi ciddiye alınması gereken, gerekli tedbirlerin alınmasını ve kontrol edilmeyi gerektiren bir unsurdur. Gerek iç gerekse dış mekanlarda gürültü oluşturan birçok kaynak mevcuttur. Gürültünün kontrol edilmemesi durumunda günlük hayatımızın her alanında karşılaşacağımız ve sürekli rahatsızlık verecek bir etken haline gelir. Bu da uzun ya da kısa vadede sürekli veya anlık birçok sağlık sorunu meydana getirir.

Gürültünün kontrol edilmesi aşamasında gürültü haritalarının rolü büyüktür. Gürültü haritalarının oluşturulması, seçilen bölgede gürültü düzeylerinin belirlenmesini, izin verilebilir değerlerin aşılp aşılmadığının gözlenmesini, eğer limit değerler aşılyorsa ne kadarlık bir nüfusun bu yüksek değerlere maruz kaldığını, ne kadarlık bir azaltım sağlanması gerektiğini ve bu azaltımı sağlayacak önlemlerin neler olabileceğini değerlendirme imkanı verir.

İTÜ Maslak Kampüsü için gürültü haritasının hazırlanması amacıyla yapılan bu çalışmanın en temel amacı, çevre mühendislerinin de çevresel bir kirlilik olan gürültünün kontrolü konusunda görev ve sorumluluğu olduğunu hatırlatmaktır. Tez metni içerisinde, gürültü ve gürültü kontrolünün daha iyi anlaşılabilmesini sağlamak için detaylı literatür bilgisine de yer verilmiştir.

Tez için çalışma alanı olarak üniversite kampüsünün seçilmesinin amacı, kampüs bünyesinde eğitim, idari, sosyal ve konut amaçlı kullanılan binaların birlikte yer almasıdır. Tüm bu yapılar mevzuatta gürültüye hassas alanlar olarak nitelendirilmiştir. Kampüs çevresinde ciddi bir trafik yükü bulunan anayolların bu binalara olumsuz etkide bulunup bulunmadığının belirlenmesi ve gerekiyorsa önlem alınması adına bir gürültü haritasının oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla, İTÜ Maslak kampüsü için SoundPLAN programı aracılığıyla ızgaralı gürültü haritası hazırlanmıştır. Haritada gürültü kaynağı olarak Büyükdere Caddesi ve İstinye Bayırı Caddesi ele alınmış, bu yolların trafik verileri ve yol özellikleri programda veri olarak girilmiştir. Ayrıca, gürültü haritasında hesaplamayla bulunan sonuçların doğruluğunu belirleyebilmek amacıyla altısı cadde üzerinde dördü kampüs içinde olmak üzere on noktada Brüel&Kjaer- Tip 2250 gürültü düzeyi ölçerle ölçümler yapılmıştır. Ölçüm sonuçları ve harita sonuçları birbirleriyle kıyaslanarak harita sonuçlarının doğruluğu gösterilmiş ve yine haritada elde edilen gürültü seviyelerine göre kampüsün gürültü açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Sonuç olarak, kampus genelinde 55-60 dBA aralığında gürültü seviyesinin hakim olduğu, bu değerlerin anayollara yaklaştıkça 5-10 dBA artış gösterdiği ve maksimum değerlere Büyükdere Caddesi boyunca ulaşıldığı gözlenmiştir. SoundPLAN programıyla yapılan hesaplamalar ve Brüel&Kjaer-Tip 2250 ses düzeyi ölçer ile yapılan ölçüm sonuçları, kampus alanının anayol civarında artan gürültü düzeyine rağmen sessiz alan olarak nitelendirilebileceğini göstermektedir.

NOISE MAPPING ON AN UNIVERSITY CAMPUSE AREA: CASE STUDY FOR ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY AYAZAGA CAMPUS

SUMMARY

Since the beginning of twentieth century it is clear that the developing technology brought a considerable amount of innovation for human beings. On the other hand this development rapidly created new sources of pollution. Firstly water sources and after air were polluted. Especially at the end of the twentieth century pollution became global rather than local dimension. Community did not stay unresponsive and initiated environmental movements. As a result of these movements the authorities have engaged in the process of finding solutions to these problems that require many disciplines work together. Legal regulations, initiation of institutional configurations and technical education is one of the results of this process. UK and USA, created new engineering departments within the civil engineering. Movements on a global scale has been reflected in our country, in addition to the regulatory sequence environmental engineering department has been established and education at undergraduate and postgraduate level has been started. This new branch of engineering, primarily dealt with issues such as supply, transmission and treatment of drinking water, but later researchs in water and at least as important as air and soil were done. In addition, studies have been initiated for the management of the waste that the inevitably result of increased consumption.

Water, air, soil pollutions and other wastes are excepted as environmental pollution sources that threaten all kind of livings and need to be controlled seriously. The main purpose of existing of environmental engineers is controlling all these environmental pollution sources.

Just as the other environmental pollution sources, noise should be under control. Mechanical engineers, acoustic engineers and architects have been working on this subject. However, enviromental engineers has just started to pay attention on this issue. Especially outdoor noise is an environmental problem which environmental engineers should work with other disciplines and be a part of solution of problems.

There are several kind of sources such as roads, railways, aircrafts, industries and construction/demolition activities that cause noise and if they are not controlled they will become an undesirable but inevitable part of the daily life which will cause different types of acute or chronic health problems. The most common health problems caused by noise are hearing loss, insomnia and psychological deteriorations.

Noise Directive (2002/49 / EC) has been published by European Parliament and Council on June 25th, 2002 for all EU member states and it is mandatory to be

transposed into national law by each member state. In our country, the need to take measures to environmental pollution, including noise is specified in the Constitution of the Republic of Turkey. Therefore, authorities prepared Environmental Act in 1983 and Noise Control Regulation that is related with Act, in 1986. In the accession process to European Union, Noise Control Regulation revised on 01/07/2005 and Assessment and Management of Environmental Noise Regulation has been published. Regulation requires noise maps, acoustic reports and the preparation of environmental noise assessment reports that cover the preparation of the results of the assessment and necessary for noise prevention and action to reduce background which indicate the levels of noise exposure.

Noise mapping is the most important part of noise control. By the help of noise mapping, the areas and the amount of population which exposure more noise than regulatory limits can be detected. If it is needed, the ways of noise reduction or control can be estimated. Insulation may be applied or noise barriers may be designed.

Noise maps may be done both by measurements or simulation programmes. Measurements supply more reliable results but noise mapping by measurement requires a few number of sound level analyzers and experts on noise measuring which increase the costs of projects. Also it takes really long time compared to using simulation programmes. Thus, the method that includes using simulation programmes and after controlling by some measurements is more feasible. Therefore, in this study firstly noise maps are prepared by a simulation programme called SoundPLAN and after some measurements are done by Brüel&Kjaer-Type 2250 sound level analyzer.

SoundPLAN is a good tool to create noise maps (grid, facade or meshed noise maps) and also design noise barriers. It is easy to use the programme and get results so it is an user-friendly programme. Both indoor and outdoor simulations can be prepared by this programme. Environmental noise maps for road traffic, railways or aircrafts or any other outdoor source can be simulated and the exposure levels can be detected. Also it can be applied for more than fifty regulations that allows the user work for whichever regulation needed. Due to reasons above SoundPLAN is used for noise mapping of ITU Maslak Campus.

Brüel&Kjaer-Type 2250 sound level analyzer is an professional and Type 1 analyzer which gives highly reliable results for both laboratory and site studies. It is also an user-friendly equipment that easy to understand and use. It can gives results as frequency base or sound levels in any desired filter. The reason for choosing this equipment is being both reliable and useful.

The main aim of this thesis that includes noise maps for ITU Maslak Campus is to be a case study for environmental engineering that should be a part of controlling noise pollution which is as important as the other environmental pollutions. Besides, because of that the noise pollution is a new issue for environmental engineers, this thesis includes subtitles for sound, noise and noise maps.

In this thesis, the purpose of choosing a campus area for noise mapping is that campus includes different kind of noise sensitive buildings which are used for educational, social purposes or as offices. To detect whether the sensitive buildings are negatively affected by the main road which has a significant traffic flow or not it is needed to prepare a noise map for the campus.

Due to reasons above a grid noise map is made by SoundPLAN simulation programme. The parts of Buyukdere Street and Istinye Street covering campus are selected as noise source and the data of roads are given to simulation programme and emission levels at 1,5 m height are calculated. To compare the accuracy of noise map results, some measurements are made by Brüel&Kjaer-Type 2250 sound level analyzer. Six measurement points are selected besides the road and four measurement points are selected inside the campus. The points outside are located at the entries of campus for both vehicles and pedestrians. The points inside are on the most used streets and chosen to be descriptive for campus profile. Measurements are done at 1,5 m height and results are in terms of dBA. All the levels that measured or simulated are A weighted which represents hearing capacity of human. The reason of having measurement results in terms of dBA is to have an ability to compare both the results of simulation programme and sound level analyzer.

Both noise maps and measurements gave noise level data for 1,5 m height and in terms of dBA. Therefore the results of maps and measurements became comparable. By comparing the results of measurements and noise maps, the accuracy of maps are proved and the noise levels among campus boundaries estimated.

Noise maps show that the campus area is as silent as it is supposed by regulatory limits. Between working hours (08:30-17:30) most of the buildings inside campus area are exposed to noise level which is lower than 65 dBA, the limit value of day time according to regulations. Very few of buildings inside the campus area are exposed to noise which is higher than 65 dBA. Because the noise levels in any times of day are mostly acceptable according to regulatory limits, taking individual precautions such as insulations for these buildings is feasible. The area where the all student hostels and main library are located is silent enough at any hour of day. Especially at night time the average sound level is between 40-45 dBA which is pretty good level for resting and studying areas.

In conclusion, it is clear that there is no need to take any precautions for all campus area. The buildings which are exposed to noise levels higher than regulatory limits may apply individual insulations. By the way the walls surrounding the campus area is getting higher and thicker. So that they will work as noise barriers and the sound levels will be lower than recent levels.

1. GİRİŞ

Gelişen teknolojinin hayatımıza kattığı yeniliklerin ve kolaylıkların yanı sıra birçok problemi de beraberinde getirdiği açıktır. Özellikle 20.yüzyılın sonlarına doğru etkisini iyice hissettirmeye başlayan çevresel kirlilikler bölgesel boyutlardan çıkıp küresel olmaya başlamıştır. Toplum, artan kirliliğe tepkisiz kalmamış ve birçok çevreci hareket başlatmıştır. Bu hareketliliğin sonucu olarak ise otoriteler birçok disiplinin bir arada çalışmasını gerektiren bu sorunlara karşı çözüm üretme sürecine girmişlerdir. Yasal düzenlemeler, kurumsal yapılandırmalar ve teknik eğitimlerin başlatılması bu sürecin sonuçlarındandır. İngiltere ve Amerika, inşaat mühendisliği bünyesinde yeni mühendislik bölümleri oluşturmuşlardır. Küresel ölçekteki hareketler ülkemize de yansımış, yasal düzenlemelerin yanı sıra *çevre mühendisliği* bölümleri kurulmuş, lisans ve lisansüstü düzeylerde eğitim başlatılmıştır. Bu yeni mühendislik dalı, öncelikli olarak içme suyu temini, iletimi ve arıtımı gibi konularla ilgilenmiş fakat daha sonra en az su kadar önemli olan hava ve toprak konusunda da araştırmalar yapmıştır. Ayrıca artan tüketimin kaçınılmaz sonucu olarak ortaya çıkan atıkların yönetimi de gündeme alınmış ve buna yönelik çalışmalar da başlatılmıştır.

Yurt dışında olduğu gibi ülkemizde de su kirliliği öncelikli olmak üzere çevresel kirliliğin yönetimi konusunda birçok kaliteli çalışma yürütülmüştür ve daha iyileri hedeflenmektedir. Çevresel kirlilik denince akla sadece su, hava ve toprak mı gelmelidir? Görme, dokunma, koklama ve tatma duyularına hitap eden bu kirliliklere ilave edilebilecek başka bir konu yok mudur? Elbette vardır. İşitme duyusu da günlük yaşantıda en az diğer duyular kadar önem arz etmektedir. Nasıl ki suyla bulaşabilen hastalıklar sadece insanların değil tüm canlıların sağlığını bozuyorsa gürültü kirliliği de etkisi altında kalan tüm canlılarda fiziksel ve psikolojik hasarlara yol açabilmektedir. O halde, gürültü kirliliği de önemsenmesi gereken bir çevresel kirliliktir ve en az diğer kirlilik unsurları kadar çevre kalitesini ve insan sağlığını etkilemektedir.

Gürültü kirliliğinin öncelikle tespiti, sebep olduğu rahatsızlığın seviyesinin belirlenmesi gerekmektedir. Gürültünün kaynağına ve çeşidine göre birçok ölçüm ve tahmin metodu üretilmiştir. Bu metodlara uygun ekipmanlar ise her geçen gün iyileştirilmektedir. Gürültü kontrolü, gürültünün ölçümü/tahmini sonrasında giderimi veya azaltılması için alınabilecek önlemlerin belirlenmesi ve uygulanmasıdır. Örneğin, ev ortamında yüksek sesle çalışan ve rahatsızlık yaratan bir makine gürültü kaynağıdır ve makinede yapılabilecek değişikliklerle gürültü yok edilebiliyor veya azaltılabiliyorsa gürültü kaynağında kontrol altına alınmış olur. Bu şekilde gürültünün kaynağında kontrolü ve günlük hayatımızda kullandığımız birçok makinenin sessizleştirilmesi adına makine mühendisleri, endüstri mühendisleri ve diğer mühendislik dalları sayısız çalışma yürütmektedir. Ancak, kaynağında müdahale etmek her zaman mümkün olmaz. Bu kez alıcının gürültüye maruziyetini azaltma yoluna gidilir. Bu azaltma yollarına örnek olarak, gürültülü bir iş yerinde çalışanların daha sessiz ortamlara alınması ya da çalışma ortamlarında yalıtım yapılması verilebilir. Akustik mühendisleri ve mimarlar da gürültü kontrolünün bu kısmında büyük rol oynamaktadır.

Gürültü kirliliği de bir çevresel kirlilik unsuru olduğuna göre çevre mühendisliğinin de gürültü kontrolünde bir payı olmalıdır. Bu görüşle, öncelikle öğrencilerin yoğun şekilde bulunduğu bir kampüs alanı için gürültü haritası çıkarılarak, incelenen kampüs alanında çevresel gürültünün tespiti fikri doğmuş ve tez çalışması bu fikir doğrultusunda yürütülmüştür.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, İstanbul Teknik Üniversitesi Maslak Kampüsü'nün maruz kaldığı, Büyükdere Caddesi ve İstinye Bayırı Caddesi'nden kaynaklanan karayolu trafik gürültüsünü tespit edebilmek adına bir gürültü haritasının oluşturulmasıdır. Kampüsün çalışma alanı olarak seçilmesindeki önemli etken ise kampüs bünyesinde gürültüye hassas birkaç unsurun aynı anda bulunmasıdır. Derslikler, ofisler, sosyal alanlar ve öğrencilerin kaldıkları yurtlar kampüs arazisinde içiçe yer almaktadır. Bu çalışmayla, gürültüye hassasiyetleri farklı olan bu ortamların etkilendikleri gürültü seviyelerinin belirlenmesi ve bir ileri adım olarak önlem gerektirip gerektirmediği incelenecektir.

1.2 Gürültü Kontrolü İle İlgili Mevzuat

Ülkemizde gürültü de dahil olmak üzere çevresel kirliliklere önlem alınması gerekliliği Türkiye Cumhuriyeti Anayasasının 56.maddesindeki “Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların ödevidir.” hükmüne dayanmaktadır.

Gürültü kirliliğinin yönetimi adına yapılan yasal düzenlemelerin temeli ise 1983 tarihli 2872 numaralı Çevre Kanunu'nun 14.maddesinin içerdiği “Kişilerin huzur ve sükununu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde ilgili yönetmeliklerle belirlenen standartlar üzerinde gürültü ve titreşim oluşturulması yasaktır. Ulaşım araçları, şantiye, fabrika, atölye, işyeri, eğlence yeri, hizmet binaları ve konutlardan kaynaklanan gürültü ve titreşimin yönetmeliklerle belirlenen standartlara indirilmesi için faaliyet sahipleri tarafından gerekli tedbirler alınır.” hükmüdür. Bu hüküm gereğince Gürültü Kontrol Yönetmeliği hazırlanmış, 1986 yılında yürürlüğe girmiş, yönetmelik kapsamında gürültü ile ilgili terimler açıklanmış, gürültüye hassas alanlar, çeşitli gürültü kaynakları için yasal limitler ve yönetmeliği uygulayacak yetkili merciler belirtilmiştir. Yönetmeliğe göre, mahallin en büyük mülki amiri, belediyeler ve köy tüzel kişileri yönetmeliğin uygulanmasıyla, Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü ise gürültü kontrolü konusunda ilgili kuruluşlar arasında koordinasyonu sağlamakla sorumlu tutulmuştur. Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 25 Haziran 2002 tarihli ve 2002/49/EC sayılı Çevresel Gürültü Direktifi (END) tüm AB üye devletlere yönelik olup, her bir üye devlet tarafından ulusal mevzuata aktarılması zorunlu tutulmuştur. Bu sebeple Avrupa Birliğine giriş sürecinde, Gürültü Kontrol Yönetmeliği revize edilerek 01/7/2005 tarihinde Çevre Kanunu'nun 14.maddesi kapsamında Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY) 25862 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik, çevresel gürültüye maruz kalan kişilerin huzur ve sükunlarının, beden ve ruh sağlıklarının bozulmaması amacıyla kişilerin maruz kalma seviyelerini gösteren gürültü haritalarının, akustik raporların ve çevresel gürültü değerlendirme raporlarının hazırlanmasını, bunların sonuçlarının değerlendirilmesini ve gerekli yerlerde gürültüyü önleme ve azaltmaya yönelik eylem planlarının hazırlanmasını kapsar. Çizelge A'da gelişmiş bazı ülkelerin

gürültüyle ilgili mevzuatları hakkında genel uygulamalara ilişkin bilgiler özetlenmiştir.

2. GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ

2.1 Ses

2.1.1 Sesin tanımı

Ses, işitme organının algılayabileceği basınç farklılığı olarak tanımlanabilir. Yani ses basıncı (p), ses yayılırken herhangi bir noktada belirli bir süre havanın basıncı ile atmosferin denge basıncı arasında oluşan basınç farkıdır. Ses basıncı birimi Newton/m² veya Pascal (Pa)'dır. Bir ortamın tipik ses basıncının belirlenebilmesi için zamansal değişimlerin de hesaba katılmasıyla hesaplanan p_{rms} değeri, anlık basınç ortalamasının karelerinin karekökü, dikkate alınmalıdır.

Sesin yayılabilmesi için maddesel bir ortam gereklidir. Sesin oluşturduğu basınç, sesin ne şekilde algılanacağını belirler. Duyulabilir ses basıncı değişimleri, 10⁵ Pa değerindeki statik hava basıncıyla kıyaslandığında, 20 µPa ile 100 Pa arasında oldukça küçük değerler alır. 20 µPa insanlar için duyma eşiği iken 100 Pa acı eşiği olarak tanımlanmıştır (Yılmaz, 2007).

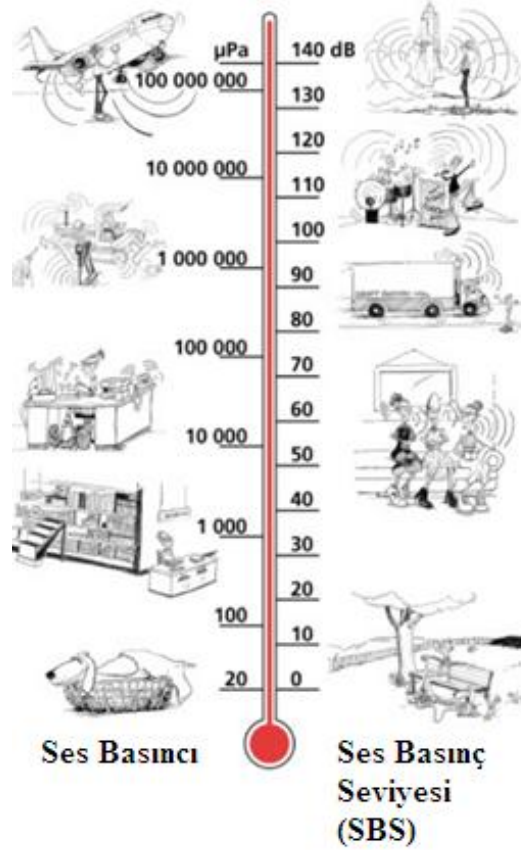
Kulağın ses basıncını algısı logaritmik olarak değiştiğinden ve 20 µPa-100 Pa arası değerlerin lineer skalasının kullanımı karmaşık olacağından ses basıncını belirtmek adına referans bir ses basıncı kullanılarak logaritmik bir ölçek hazırlanmıştır. Lineer ölçekten logaritmik ölçğe geçiş için aşağıdaki denklem kullanılır (2.1). Buradaki logaritmik oran desibel (dB) olarak adlandırılır. 0 dB duyma eşiği olan 20 µPa ile, 130 dB ise acı eşiği olan 100 Pa ile denktir. Şekil 2.1'de ses basınçları, dB cinsinden ses basınç seviyeleri (SBS) ve nasıl algılandıkları açıkça gösterilmektedir (Brüel & Kjær, 2001).

$$SBS = 20 \log x (p_0 / p) \quad (2.1)$$

Denklemdaki p_0 , referans ses basıncı (duyma eşiği) olan 20µPa'dır. Sesin işitilebilir aralığı 0-140 dB arasında değişiklik gösterirken bu ölçekte kaç dB artışın anlamlı

farklılık yarattığı, sesin nasıl algılandığı da belirlenmiştir. 1 dB'lik artış belli belirsiz farkedilirken 3 dB'lik artış anlaşılırdır ve 6 dB'lik artış sesin iki katına çıkması şeklinde algılanmaktadır.

Aynı anda farklı ses kaynaklarının bulunması durumunda seslerin oluşturduğu toplam SBS veya birçok kaynağın arasında belirli bir kaynağın SBS'sini ölçmek gerekebilir. Bu sebeple denklemler oluşturulmuştur ve hesaplamalar yapılabilmektedir.



Şekil 2.1 : Ses basıncı ve ses basınç seviyelerinin karşılaştırılması (Brüel & Kjør, 2001)

Birden fazla kaynağın oluşturduğu ortak SBS'yi hesaplamak için aşağıdaki denklem uygulanır (2.2). Denklem, tek tek ölçülen SBS'lerin lineer forma dönüştürülüp toplanması ve ardından toplam ses basıncının yeniden logaritmik ölçek olan SBS'ye dönüştürülmesine dayanır.

$$Lp_{toplam} = 10 \cdot \log\left(10^{\frac{Lp1}{10}} + 10^{\frac{Lp2}{10}} + 10^{\frac{Lp3}{10}} + \dots + 10^{\frac{Lpn}{10}}\right) \quad (2.2)$$

Denklemde Lp , dB cinsinden olan ses basınç seviyesini göstermektedir. (Yılmaz ve Belek, 2013)

Aynı şekilde birçok kaynak arasından belirli bir kaynağın SBS'sinin hesaplanmasında da önce lineer forma dönüp sonra tekrar logaritmik ölçeğe geçilir. Burada ise Denklem 2.3'te gösterildiği üzere toplam SBS'den arka plan ses basınç seviyesi çıkarılır (Yılmaz, ve Belek, 2013)

$$L_p \text{ kaynak} = 10 \cdot \log\left(10^{\frac{L_p \text{ toplam}}{10}} - 10^{\frac{L_p \text{ arkaplan}}{10}}\right) \quad (2.3)$$

2.1.2 Sesin özellikleri

Kaynaktan çıkan ses bulunduğu maddesel ortamdaki molekülleri titreştirerek, dalgalar halinde yayılır. Her bir tam ses dalgası seyrekleşme ve sıklaşma serisi içerir. Ortamdaki taneciklerin yoğunluğuna göre sesin yayılma hızı değişir. Tanecikler sıklaştıkça sesin hızı artar. Sesin hız birimi m/s'dir ve V ile gösterilir. Ses dalgaları katılarda yaklaşık olarak 5000 m/s hızla, suda 3000 m/s hızla yol alır. Havadaki hızı ise rüzgar ve sıcaklık farkları etkisine bağlı olarak değişse de yaklaşık olarak 340 m/s'dir.

Sesin, hızı haricinde dalga boyu ve frekansı vardır. Dalga boyu, tam bir ses dalgasının oluşabilmesi için sesin aldığı yoldur, birimi metredir ve λ ile gösterilir. Frekans, sesin birim zamandaki titreşme sayısıdır, birimi hertz (Hz)'dir ve f ile gösterilir (Yılmaz, 2007). İnsan kulağının duyma aralığı teoride 20 ile 20000 Hz'dir fakat pratikte en rahat duyulan ses frekansları 200 ile 4000 Hz arasında olanlardır. Teorik değerlerin altında ve üstünde kalan frekanslar infrasound (çok düşük frekanslı) ve ultrasound (çok yüksek frekanslı) sesler olarak tanımlanırlar.

Ses dalgası, hızı ve frekansı arasında denklem 2.4'te gösterildiği şekilde bir bağlantı vardır ve denklemden de anlaşılacağı üzere dalga boyu ve frekans ters orantılıdır. Yani uzun dalga boyuna sahip sesler düşük frekanslıyken kısa dalga boylu sesler yüksek frekanslıdır. Dalga boyu ve frekans birbirini etkilerken ses hızı sadece sesin yayıldığı ortamın özelliklerine göre değişir, aynı ortamda farklı dalgaboyu veya frekansa sahip sesler aynı hızla yayılır. Çizelge 2.1'de görüldüğü üzere farklı ortam yoğunluklarında ise sesin yayılma hızı değişir (Yılmaz, ve Belek, 2013)

$$\lambda \text{ m} = V \frac{\text{m}}{\text{s}} / f \left(\frac{1}{\text{s}}\right) \quad (2.4)$$

Denklemden V ile gösterilen ses hızıdır ve aşağıdaki çizelgede belirli sıcaklıkta farklı ortamlarda sesin yayılma hızı gösterilmektedir (Yılmaz, 2007).

Çizelge 2.1 : Sesin farklı ortamlarda yayılma hızı (T=21°C)

Ortam	Yayılma hızı (m/s)
Hava	344
Mantar	500
Kurşun	1200
Su	1400
Sert kauçuk	1400-2400
Beton	3000-3400
Tahta	3300-4300
Dökme demir	3700
Çelik Alüminyum	5100
Cam	5200

2.1.3 Ses kaynakları

Genel olarak ses veren her maddeye ses kaynağı denir. Kaynak belli bir enerjiyle ses dalgaları oluşturmalı ve bu dalgalar maddesel bir ortamda yayılmalıdır. Ses kaynakları doğal ve yapay olarak gruplandırılırsa, yağmur, rüzgar, her türlü doğa ve canlı sesleri doğal kaynaklar, enstrumanlar, makineler ve benzer araç gereçler yapay kaynaklar grubunda yer alır.

Ses kaynakları geometrik özellikleri açısından ise noktasal, çizgisel ve düzlemsel olarak sınıflandırılır. Noktasal kaynakların boyutları ürettikleri ses dalgasının boyutlarından küçüktür ve küresel dalgalar yayarlar. Çizgisel kaynaklar ise sonsuz tane eşdüzeyle noktasal kaynağın bir doğrultu üzerinde yer almasıyla oluşur. Çizgisel kaynağı oluşturan nokta kaynaklardan yayılan ses dalgaları girişim yaparak silindirik bir akış oluştururlar. Yol trafiği çizgisel kaynak örneğidir ve yarısilindirik dalga oluşturur. Son olarak düzlemsel ses kaynakları ise eşdüzeyle tekil kaynakların sonsuz bir düzlem üzerinde biraraya gelmesi ve düzlemsel şekilde yayılmalarıyla oluşur.

2.1.4 Sesin yayılması

Sesin yayılması, yani iletilen ses basıncının hissedilen değeri; ses kaynağına, yayılma ortamına ve alıcının konumuna göre farklılık gösterir. Örneğin ses kaynaklarında bahsedildiği üzere, noktasal kaynaklar küresel dalgalar halinde yayılırken çizgisel kaynaklar silindirik dalgalar oluşturmaktadır. Bu dalgalar yayılırken ortam özelliklerine göre bazı bozunumlara uğrarlar. Bunlar sesin yansınması, kırılması, saçılması, kıvrılması ve yutulmasıdır. Her biri özetle aşağıdaki şekilde açıklanır:

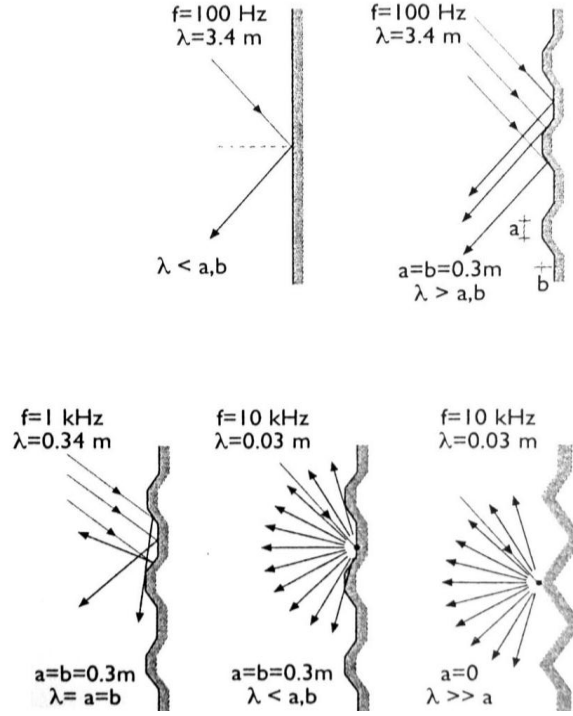
- Sesin yansması, ses ışınlarının yayılma yolu üzerinde ses dalgasının dalgaboyunun dörtte birinden daha büyük boyutlara sahip, düzgün ve gözeneksiz yüzeyli bir engelle karşılatığında geometrik yansma kuralına göre yüzeye geliş açısına eş bir açıyla yüzeyden geri dönmesidir. Yansma anında yüzeye çarpan ses dalgası yüzeyin özelliklerine göre enerjisinin bir kısmını kaybeder. Sesin frekansı, havanın empedansı, zeminin yansıtma katsayısı ve akış direnci yansıyan ses dalgasının basıncı üzerinde etkilidir. Ses dalgaları tek bir yüzeyden yansıyor, gelen ve yansıyan ses dalgalarının enerjisi toplamda gelen enerjinin iki katı olacağından ses gücü 3 dB artış gösterir.

Ses kaynağı kesişen iki yansıtıcı yüzeyin ortasında ise, yani ses birbirine dik iki yüzeyden birden yansıyor, ses gücü 6 dB artar.

Birbirine dik üç adet yansıtıcı yüzeyin arasında bulunan ses kaynağının ses gücü yansımalar sebebiyle 8 dB artar.

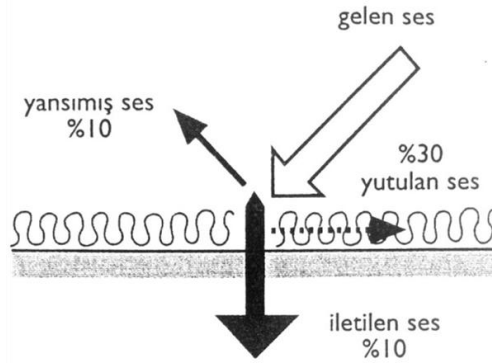
Yansma etkileri kapalı çalışma ortamlarında ses gücü yüksek makinelerin konumlandırılmalarında önemli bir unsurdur. Doğru noktalara yerleştirilmemiş makineler yansma etkisiyle ortam gürültüsünün artmasına sebep olur.

- Sesin kırılması, ses ışınlarının yayılma yolu üzerinde ses dalgasının dalgaboyundan daha büyük engellerle karşılaşması durumunda kırılarak engelin arkasına geçmesidir. Ses engele çarpıp kırılırken engel arkasında bir gölge bölgesi oluşturur. Bu gölge bölgesi sesin frekansına, engelin uzaklığına ve boyutlarına göre ciddi miktarda ses azalımı sağlayabilir. Sesin kırılma özelliği engel tasarımının temelini oluşturur.
- Sesin saçılması, Şekil 2.2' de görüldüğü üzere ses ışınlarının yayılma yolu üzerinde ses dalgasının dalgaboyuna eşit ya da dalgaboyundan daha küçük boyutlu, girintili çıkıntılı, köşeli veya dalgalı yüzeyli engellerle karşılaşması sonucu her yöne yansmasıdır (Kurra, 2009). Sesin saçılma özelliği salon akustiğinde önemlidir. Saçılma, yansma kadar olmasa da sesi arttırıcı etki oluşturur bu sebeple kullanım amacına göre salon tasarımlarında özel saçıcı elemanlardan yararlanılabilir.



Şekil 2.2 : Yansıma ve saçılmanın ortaya çıktığı dalgaboyu ve yüzey geometrisi ilişkisi

- Sesin kırılması, ses dalgalarının yayıldıkları ortamda farklı etkenler sebebiyle doğrultu değiştirmesidir. Örneğin sıcaklık ve rüzgar ses dalgalarının kırılmasına sebep olur. Bu kırılma sesin yayılmasında meteorolojik faktörlerin etkilerinde daha açık anlatılmıştır.
- Sesin yutulması, Şekil 2.3'te görüldüğü üzere ses dalgalarının yayılma ortamlarında karşılaştıkları yüzeylerin özelliklerine göre sürtünme sebebiyle enerjilerinin bir kısmını kaybederek iletilmesidir (Kurra, 2009). Gözenekli yüzeylerin yutuculuk özelliği fazladır. Sesin yutulmasında sesin frekansı, zeminin akış direnci ve havanın empedansı etkilidir.



Şekil 2.3 : Yansıma, yutulma ve iletim olayı

Sesin yayılmasında yukarıda bahsedilen bozunumlara sebep olan faktörler; kaynak ile alıcının arasındaki mesafe, sesin yayıldığı ortamın yutuculuğu, meteorolojik etkenler, zeminin yutuculuğu, orman ve ağaçlık alanların mevcudiyeti, doğal ve/veya yapay engeller ve çevrede sert yüzeylerin mevcudiyetidir. Her faktörün etkisini kısaca özetlemek gerekirse:

1. *Uzaklığın etkisi:* Kaynak türüne göre sesin yayılma geometrisi ve dolayısıyla azalma miktarları da farklılık gösterse de tüm kaynak tipleri için alıcı ile ses kaynağı arasındaki mesafe arttıkça ses basıncında azalma gözlenir. Genel bir denklemlerle bu azalmanın hesaplanması mümkündür (Kurra, 2009).

$$A = Lp_1 - Lp_2 = 20 \log \left\{ g \frac{p_1}{p_2} \right\} \quad (2.5)$$

Denklemlerde;

A: Uzaklığa bağlı ses basınç seviyesindeki azalım

L_{p1} : Kaynaktan d_1 uzaklıkta ses basınç seviyesi, dB

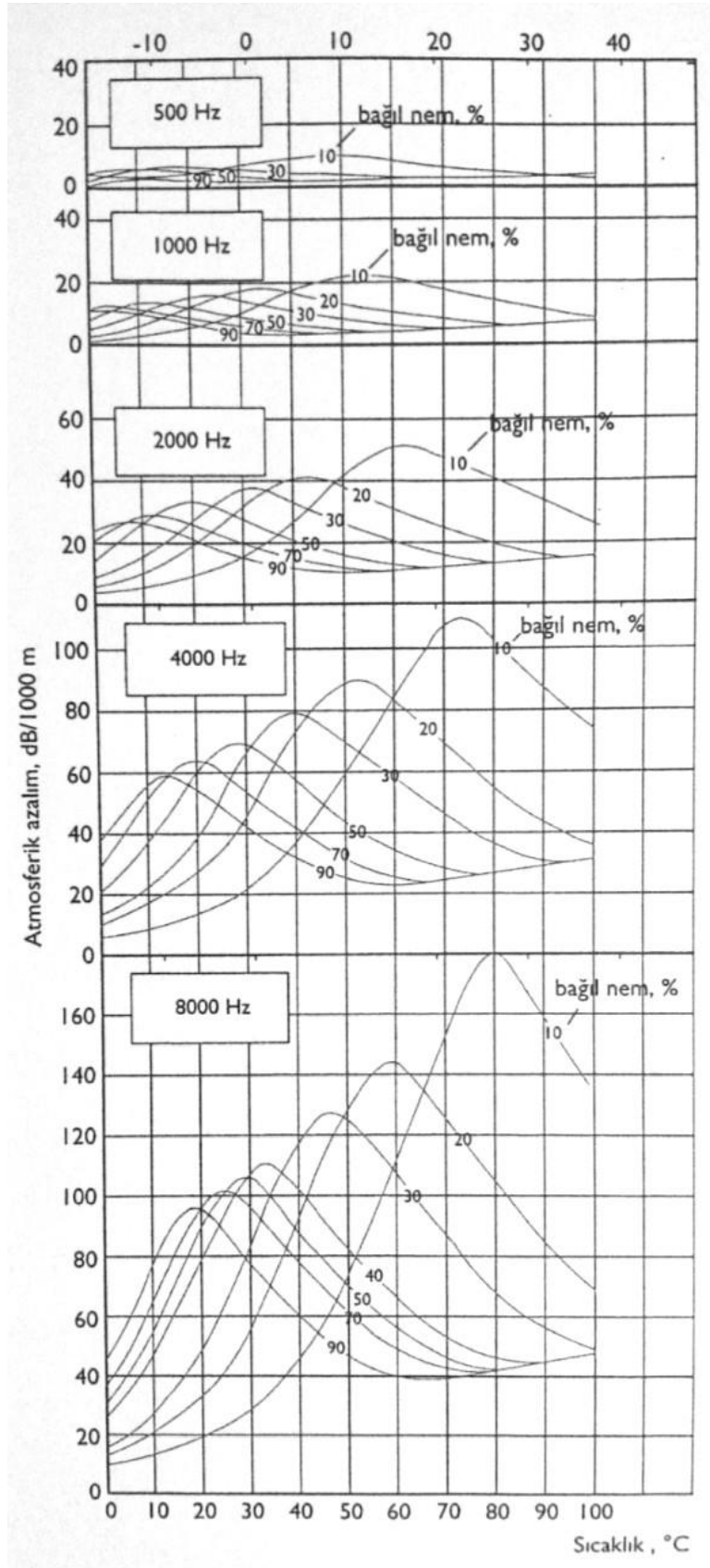
L_{p2} : Kaynaktan d_2 uzaklıkta ses basınç seviyesi, dB

p_1 : d_1 uzaklıktaki ses basıncı, Pa

p_2 : d_2 uzaklıktaki ses basıncı, Pa

g: Kaynak türüne bağlı katsayı: $g = 0$ (düzlem dalga)
 $g = 1$ (küresel dalga)
 $g = 1/2$ (silindirik dalga)

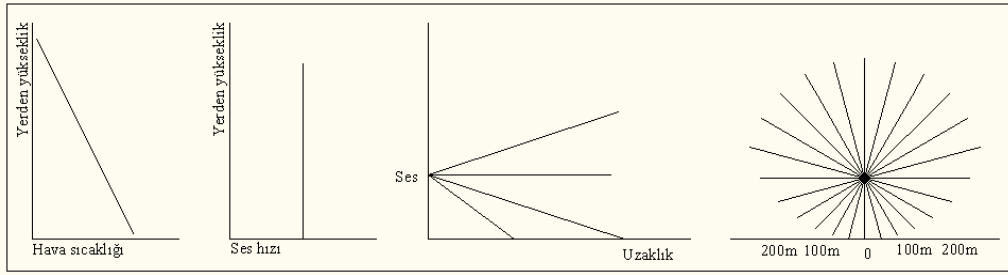
2. *Ortamın yutuculuk özelliği:* Sesin yayıldığı ortam hava iken, yutuculuk özelliği havadaki bağıl neme, atmosferik basınca ve sıcaklığa bağlı değişir. Şekil 2.4'te ses basınç seviyesinin bu parametrelere bağlı değişimi gösterilmiştir (Beranek, 1971). Şekil incelenirse, her frekans için bağıl nem azaldıkça atmosferik azalımın arttığı gözlenir. Yani bağıl nem havanın yutuculuk özelliğini azaltıcı etki gösterir. Sesin frekansı arttıkça, dalgaboyu azaldıkça sesin yutulma kapasitesi artar. Yutulma sesin enerjisini kaybetmesi idi, kaybedilen enerji frekansla birlikte artar. Yüksek frekanslı seslerin uzun mesafelerde yutulma miktarı yani ses basınç seviyesindeki azalım daha fazladır.



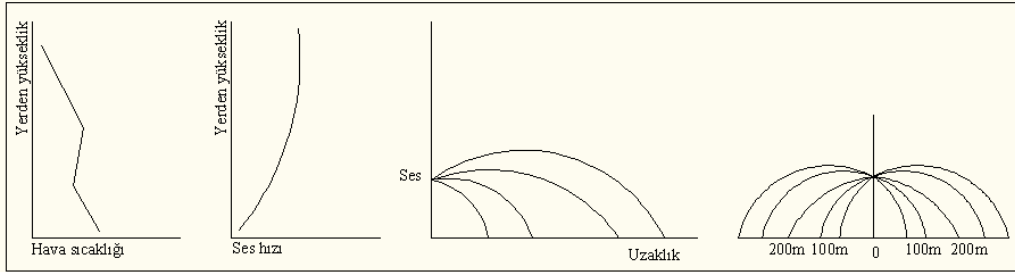
Şekil 2.4 : Havadan zemine yayılan gürültü (uçak gürültüsü) için frekanslara bağlı olarak atmosferik azalım, bağıl nemin etkisi

3. Meteorolojik etkenler :

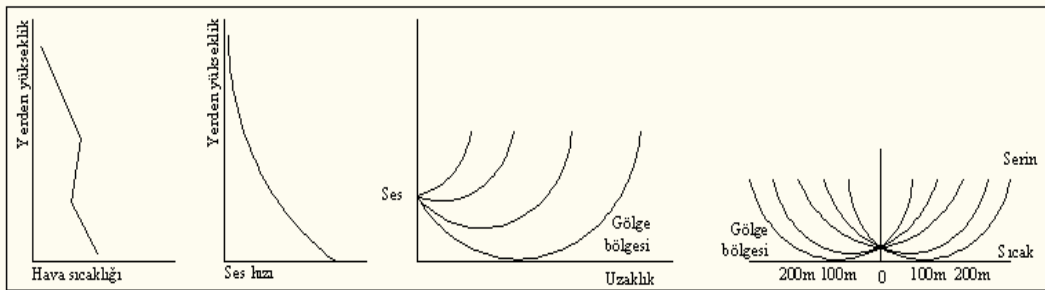
a. Sıcaklık etkisi: Atmosferdeki sıcaklık değişimleri hava hareketleri oluşturur ve bu hareketler sonucu da basınç farkları ortaya çıkar. Atmosfer ile yüzey arasındaki sıcaklık farkına *düşey sıcaklık gradyanı* denir ve bu gradyanın negatif ya da pozitif olmasına göre sesin yayılımı farklılık gösterir. Güneşin doğumundan batımına kadar yükseklik arttıkça sıcaklık azalır, gradyan negatif olur. Aksi şekilde güneşin batımından tekrar doğumuna kadar ise soğumaya başlayan yüzey ile atmosfer arasında pozitif gradyan oluşur. Şekil 2.5, 2.6 ve 2.7’de sıcaklık gradyanının sesin yayılmasını nasıl etkilediği özetlenmiştir (Kurra, 2009).



Şekil 2.5 : Sıcaklık değişimlerinin olmadığı dengeli durumda ses yayılımı



Şekil 2.6 : Atmosferin zemine yakın tabakalarının daha soğuk olduğu durumda ses yayılımı (ses artırıcı meteorolojik koşullar)



Şekil 2.7 : Atmosferin zemine yakın tabakalarının daha sıcak olduğu durumda ses yayılımı (ses azaltıcı meteorolojik koşullar)

Şekil 2.7’de görüldüğü üzere zemine yakın tabakaların sıcaklığı arttığında pozitif gradyan oluşur ve bu durumda gölge bölgeleri oluşur. Gölge bölgelerinin sınırları keskin değildir fakat sesin frekansı arttıkça nispeten keskinleşir. Gölge bölgelerinde gidildikçe ses azalımı artar.

b. Rüzgar etkisi: Yükseklik arttıkça rüzgar hızı artar ve rüzgar gradyanı oluşturur. Sıcaklık gradyanıyla benzer şekilde rüzgar altı ve rüzgar üstü bölgelerde sesin yayılması farklılık gösterir. Rüzgar altı bölgesinde ses ışınları yere doğru eğilir aksi şekilde rüzgar üstü bölgede ise ışınlar yukarı doğru eğilir ve pozitif sıcaklık gradyanında olduğu gibi gölge bölgesi oluşur. Bu gölge bölgelerinde ses basıncında ani azalimler gözlenir. Güneşli ve orta rüzgar hızına sahip bir havada rüzgar altı gölge bölgesinde ses kaynağından yaklaşık 200 m uzaklıkta 20-50 dB arasında azalım gözlenebilir. (Beranek, 1971)

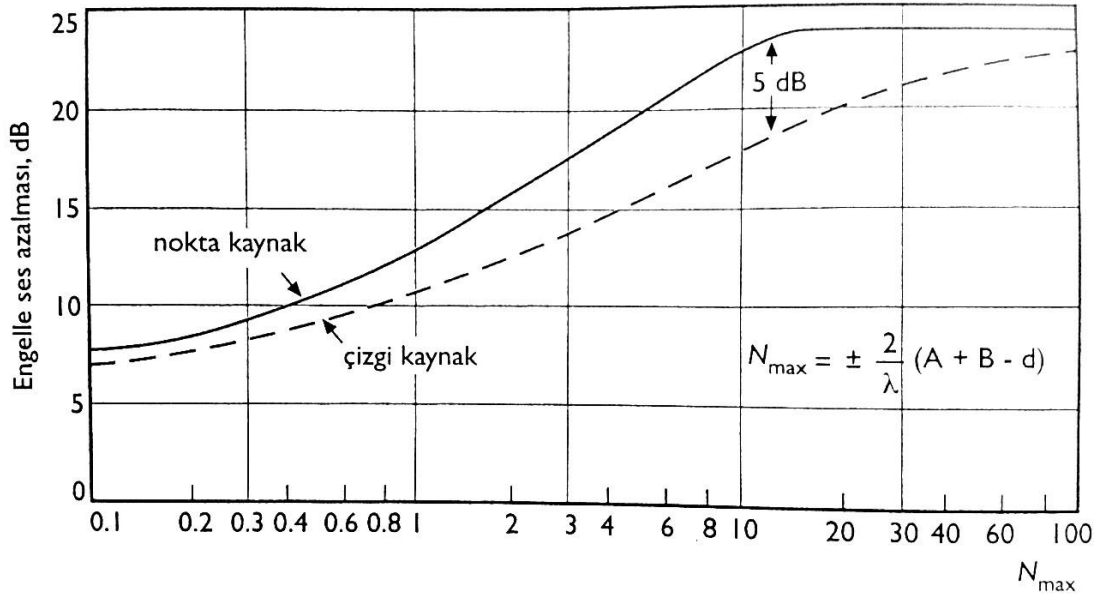
c. Türbülans etkisi: Havadaki hareketler havanın yoğunluğunun, basıncının, sıcaklığının ve rüzgar hızının bir sonucudur. Bu değişkenler sebebiyle havada girdaplar meydana gelebilir ve bir ses ışını kümesi bir girdapla karşılaşır enerji dışarı saçılır. Buradaki enerji kaybı küresel dalgalarda yok sayılabilir de önemlidir. Ayrıca yere yakın hava akımları da türbülans oluşturabilir ve bu tür türbülanslar ses basıncında büyük farklar yaratır ve bu da seste 3 dB’lik bir artışa sebep olur. Bu da hissedilebilir bir ses seviyesi değişimidir.

Diğer hava hareketlerinin (yağmur, kar, sis vb.) sesin yayılması üzerindeki etkisi ihmal edilebilir.

4. *Zemin etkisi:* Zemin temel olarak sert (yansıtıcı) ve yumuşak (yutucu) olarak sınıflandırılabilir. Fakat bu temel ayırım zeminin ses üzerindeki etkisini belirlemede yeterli değildir ve zeminin empedansı, akış direnci ve yansıtma katsayısı da bilinmelidir. Gözenekli, pürüzlü ve yumuşak zeminler sesi yutuculuk özelliği sebebiyle azaltır, bu azalımda sesin frekansı, kaynak-alıcı arasındaki mesafe ve kaynak ile alıcının yükseklikleri, havanın empedansı ve akış direnci de rol oynar. Beton, asfalt, sıkıştırılmış toprak gibi akustik açıdan sert zeminler ise sesi arttırır.

5. *Orman ve ağaçlık alanlar:* Ağaçlık alan içinden geçen ses hem kırılma nedeniyle hem de ağaçlar arasında iletim sebebiyle azalır. Ormanı oluşturan ağaç cinsleri, gövde kalınlıkları, ağaçların birbiriyle olan mesafesi, ormanın genişliği, alıcıyla kaynak arasındaki mesafe ve tabii sesin frekansıyla ilişkilidir. Örneğin 50 m genişliğindeki bir ağaç kuşağı ses seviyesini 10 dB azaltabilir. (Pal, Kumar, ve Saxena, 2000)
6. *Engellerin etkisi:* Engeller sesin kırılma özelliği ve kırılma sonucu oluşan gölge bölgesindeki ses azalımının hesaplanabilmesi sayesinde ortaya çıkmıştır. Bu akustik gölge bölgesinin özellikleri engelin yüksekliğine ve tabii sesin dalga boyuna bağlıdır. Engelin etkin olabilmesi için boyutlarının sesin dalgaboyundan daha büyük olması gerekmektedir. Örneğin kamyon gürültüsü alçak frekans yani yüksek dalgaboyu ağırlıklıdır, bu sebeple de otomobil gürültüsüne kıyasla daha az perdelenir. Ağır taşıt yoğunluğu fazla olan trafik gürültüsünün engeller ile kontrolü daha zordur.

Engelin oluşturduğu gölge bölgesinde keskin sınırlar söz konusu olmasa da önemli ölçüde ses azalımı elde edilebilmektedir. Sesin kaynak tipine göre oluşan dalga geometrisi ve kırılmalar farklı olduğu için engellerin etkileri de farklı olur. Fakat hem nokta hem de çizgi kaynak için engellerin belirli miktarlarda azalım sağladığı bilinmektedir.



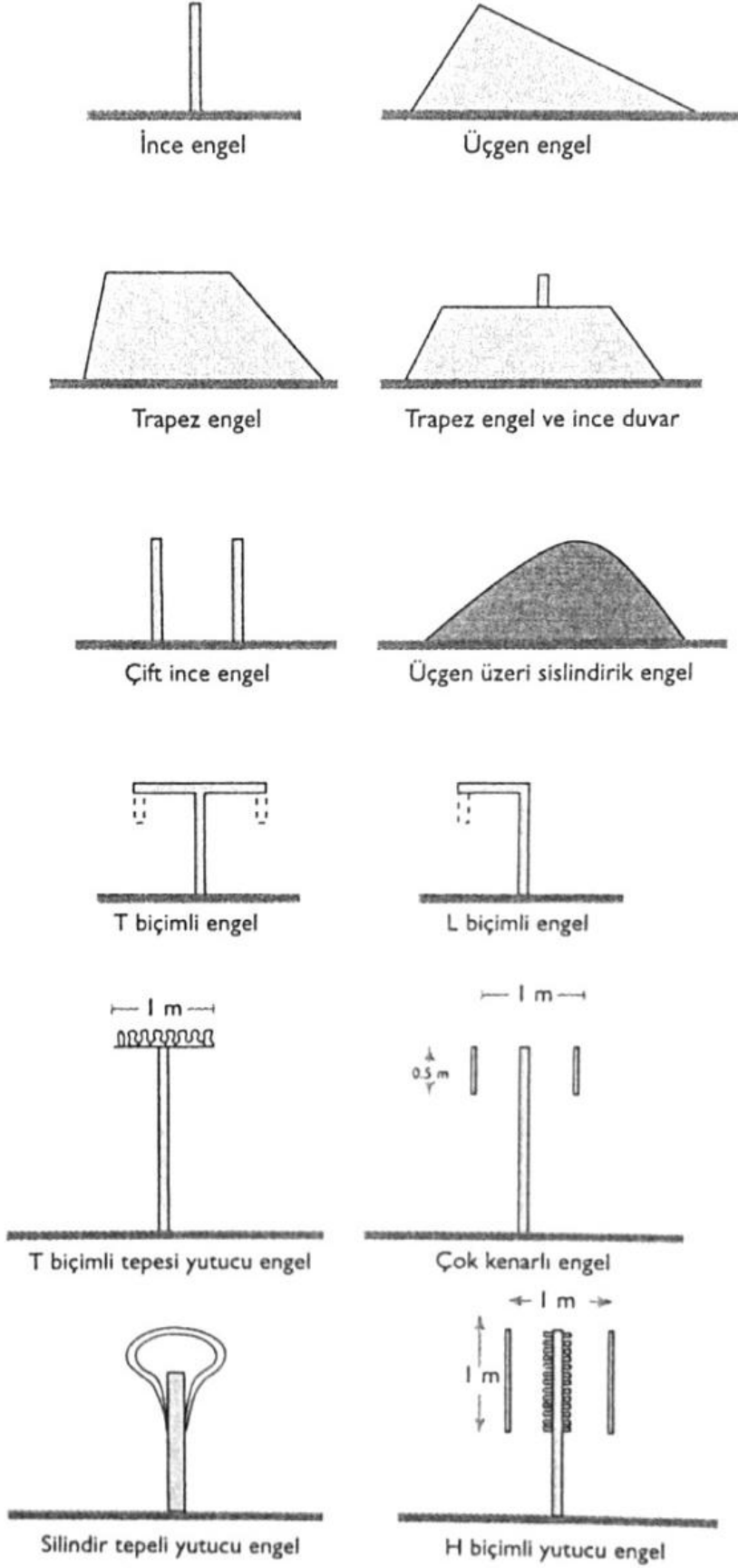
Şekil 2.8 : Nokta ve çizgi kaynaklarda engel etkilerinin karşılaştırılması

Şekil 2.8’de nokta ve çizgi kaynaklar için engellerin etkisi kıyaslanmıştır (Beranek, 1971). Şekilde N ile ifade edilen değer *Fresnel sayısı*dır. Fresnel sayısı, sesin dalga boyu (λ), ses kaynağı ile alıcı arasındaki kırılmış ışının en kısa yolu ($A+B$) ve yine ses kaynağı ile alıcı arasındaki ışının engele dik düzlemdeki en kısa yolunun (d) bir fonksiyonudur. Fresnel sayısı arttıkça engelin ses azaltımı da artmaktadır. Burdan ses kaynağı ve alıcı sabitken dalga boyunun azalmasıyla yani sesin frekansının artmasıyla Fresnel sayısının arttığı yani ses azalımının da arttığı görülmektedir. Öyleyse yüksek frekanslı seslerde engel etkisi daha belirgindir. Sesin frekansı sabit tutulduğunda ise Fresnel sayısının yüksek olabilmesi için alıcı ile kaynak arasında kırılan ışının mesafesinin, engele dik yüzeydeki direkt mesafeden büyük olması gerekmektedir. Bu da engelin yüksekliğiyle orantılıdır. Engel yüksekliği arttıkça $[(A+B)-d]$ olarak gösterilen fark artacak ve dolayısıyla Fresnel sayısı ve ses azalımı artacaktır.

Sesin frekansının, kaynak-alıcı arasındaki mesafenin ve engelin yüksekliğinin yanı sıra engelin kalınlığının da ses azalımında etkisi vardır. Engel kalınlığı sesin dalgaboyundan büyük olduğu durumda ihmal edilemeyecek bir ek azalım sağlar.

Engelin boyutlarının yanısıra yüzey tipi, tepe şekli ve konumlandırıldığı zemin de akustik azalıda etkilidir. Engelin yüzeyinin, tepede kullanılan malzemenin ve zeminin yutuculuğu arttıkça azalım da artar.

Son olarak alıcı ile kaynak arasındaki kot farkı ele alındığında her ikisinin aynı kotta olduğu durumlarda engel etkisinin, alıcının daha düşük kotta olması durumuna göre daha az olduğu gözlenmiştir. Bu sebeple anayollarda yolun yükseltilmesi ve yol kenarında gürültü engelleri inşası yaygın kullanılan bir gürültü kontrol yöntemidir.



Şekil 2.9: Engel ve tepe tasarımlarına örnekler (Kurra, 2009)

2.2 Gürültü

2.2.1 Gürültünün tanımı

“İşitecek kimse yokken ormanda devrilen bir ağacın çıkardığı ses gürültü müdür?” Gürültü tanımları oluşturulurken ortaya atılan filozofik sorulardan biridir bu. Cevap verilebilmesi için sesin ormanda bulunan bir kişi ya da bir hayvan tarafından işitilmesi ve hatta rahatsız edici olarak nitelendirilmesi gerekir. Fakat eğer işiten kimse yoksa, olsa dahi ses rahatsız edici olarak tanımlanmıyorsa cevap çıkan sesin gürültü olmadığıdır. Çünkü gürültü, en genel tanımıyla istenmeyen ve rahatsızlık veren sestir.

Gürültü, fiziksel olarak birbiriyle tonal uyum göstermeyen, gelişigüzel seslerin bir araya gelmesiyle oluşan genellikle yüksek seviyeli ses topluluğudur. Çevre gürültüsü ise genellikle yapıların dış çevresindeki etkilenme süresi uzun, çeşitli sağlık ve konfor sorunları yaratan karmaşık seslerdir. Gürültü kirliliği insan sağlığını ve huzurunu olumsuz etkileyen ve seslerin serbestçe işitilebildiği bir enerji kirliliğidir. Doğal ortamla girişim yapan ses dalgaları olsa da diğer kirlilikler gibi fiziksel kirleticileri yoktur. Hangi seslerin hangi sınırlarda kirlilik yarattığı çok net değildir.

Gürültü sanayileşmenin bir sonucu olarak çevresel kirlilik unsurlarına katılmış ve son yüzyılda oluşturduğu çevre sorunlarına çözüm süreci başlamıştır. Kentleşme ve taşıt kullanımı yaygınlaştıkça gürültü de yok sayılamayacak düzeye ulaşmıştır. Bu nedenle çevre gürültüsünün insan sağlığı üzerindeki etkilerini anlamaya yönelik, gürültünün kaynaklarını ve yayılmasını inceleyen bilimsel ve teknik çalışmalar yaygınlaşmış ve standartların oluşturulması hız kazanmıştır.

Gürültü kirliliğinin nitelik ve niceliklerinin ortaya konabilmesi ve gürültünün kontrol altına alınabilmesi için izlenecek yöntemin adımları, öncelikle kaynakların belirlenmesi ve analizi, bulunulan çevrenin incelenmesi, gürültü koşullarının tahmin yöntemleri, ölçümler ya da gürültü haritaları ile saptanması, gürültü ölçüt ve limitlerinin belirlenmesi ve mevcut koşulların limitlere göre değerlendirilmesidir. Değerlendirmeler sonucu da gerekli görülen yerlerde uygun önlemlerle gürültü ya kaynakta ya da alıcı tarafında kontrol altına alınmalıdır.

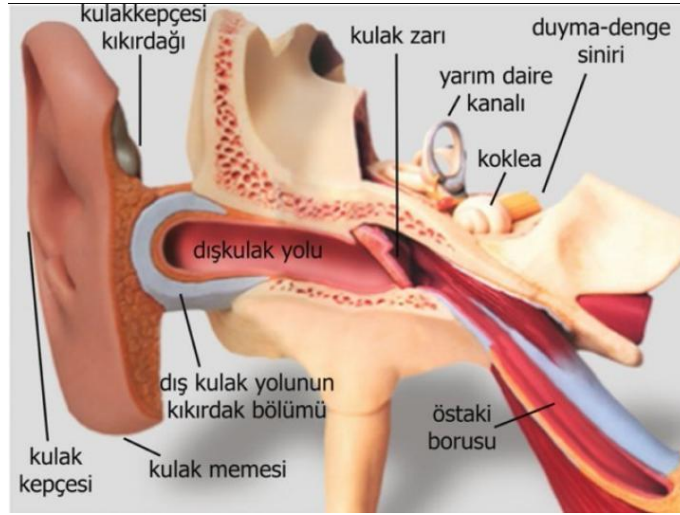
2.2.2 Gürültünün insan sağlığına etkisi

Dünya Sağlık Örgütü insan sağlığını; fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik durumu olarak tanımlar. Günümüz koşullarında gürültü, insan sağlığını her yönünden tehdit etmekte olan bir çevresel sorundur. Eskiden gürültünün insan sağlığına etkileri araştırılırken yalnızca fabrikalarda uzun çalışma saatleri süresince maruz kalınan gürültü sebebiyle oluşan işitme kayıpları incelenirdi. Oysa gürültünün etkileri işitsel kayıplarla sınırlı kalmamaktadır. Gürültünün işitsel etkilerin yanısıra fizyolojik, psikolojik etkileri ve insanın performansı üzerinde de olumsuz etkileri vardır. İşitsel ve fizyolojik etkiler genel hatlarıyla çok farklılık göstermezken psikolojik ve performans üzerine olan etkiler kişiden kişiye oldukça farklı sonuçlar doğurabilir. Çünkü genel hatlarıyla istenmeyen ses olarak tanımlanan gürültü, kişilerin özelliklerine göre farklı algılanabilen sesler bütünüdür.

Gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkileri başlıklar altında detaylandırılırsa;

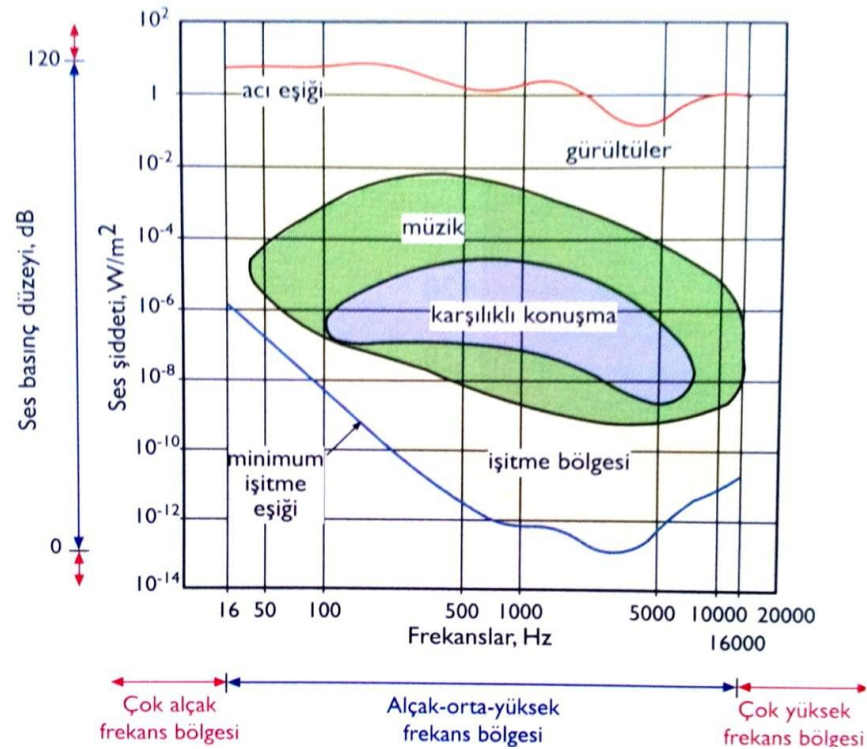
- İşitsel etkiler

Öncelikle kulak yapısı ve işitme fizyolojisinin özetle bilinmesi gerekmektedir. Kulak anatomik olarak dış kulak, orta kulak ve iç kulak olmak üzere üç bölümde incelenir. Dış kulak, sesleri toplayan kulak kepçesi ve kulak kepçesinden kulağın içine uzanan yaklaşık 3 cm uzunluğundaki kulak yolundan oluşur. İşitme kanalı, östaki borusu ve örs-çekiç-üzengi kemiklerinin bulunduğu timpan boşluktan oluşan kas ve sinir barındıran orta kulağa açılır. Orta kulaktaki östaki borusu ve kulak zarı dış ve iç basıncı dengeler. Yuvarlak ve oval pencerelerle orta kulakla bağlantılı olan iç kulakta ise denge organları ve yarım daire kanalları (koklea) bulunur. İşitme, kulak kepçesi tarafından toplanan ses dalgalarının kulak yoluyla kulak zarına iletilip kemikçikler aracılığıyla oval pencereye ve buradan da koklea ve korti organına ulaşması, buradaki tüycükler sayesinde ses dalgalarının yarattığı titreşimlerin elektriksel sinyallere dönüştürülüp beyindeki işitme merkezi tarafından ses olarak algılanmasıdır.



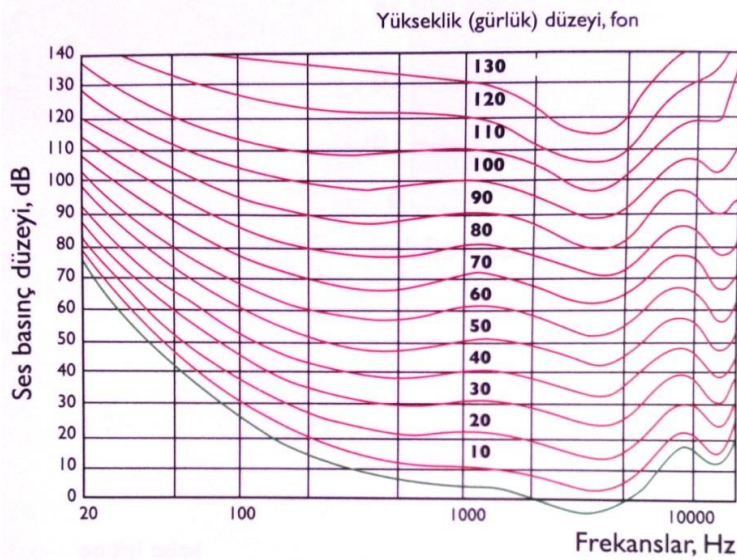
Şekil 2.10 : Kulağın anatomisi (Url-1)

İnsan kulağı sesleri gerçek fiziksel özelliklerine göre algılayamaz. Farklı ses şiddetine sahip, farklı frekanstaki sesler kulakta aynı etkiyi yaratabilirler. Şekil 2.11’de görüldüğü üzere insan kulağı aynı düzeydeki sesler arasından orta frekanslardaki sesleri algılamaya yatkındır (Moller, 2006). Algılama kişinin yaşına, kişisel duyarlılık derecesine, iç kulağın fonksiyonlarına ve önceden herhangi kulak rahatsızlığı geçirilip geçirilmediğine bağlıdır.



Şekil 2.11 : İşitme bölgesi

Kulağın algıladığı farklı frekans ve şiddetteki sesler algılanışlarına göre gruplandırılarak eşyükseklik eğrileri oluşturulmuştur. Eşyükseklik eğrileri, 1000 Hz'deki tonun ses basınç değerini gösteren fon birimi ile tanımlanır. Eşyükseklik eğrilerinin bazıları basitleştirilerek ses değerlendirmelerinde temel olarak kullanılır. Şekil 2.12'te eşyükseklik eğrileri gösterilmektedir (Kryter, 1970). Bu eğrilerden 40 fon eğrisi A ağırlıklı ve 100 fon eğrisi C ağırlıklı eğriler olarak adlandırılır. Bu ağırlıklı eğriler gürültü ölçüm ve hesaplamalarında dikkate alınır. A ağırlıklı eğri insan kulağının duyma kapasitesine en yakın değerleri içerir. Ayrıca çevre gürültüsünün tanımlanmasında yaygın olarak kullanılan standart bir ölçüdür. A ağırlıklı ses basınç düzeyinde gürültü seviyesinin 3 dB artması algılanabilir, 5 dB artması oldukça farkedilirdir. 10 dB artış ise sesin iki kat gibi hissedilmesine sebep olur. Örneğin 40 dB bir ses düzeyi referans alındığında sesin 50 dB'e çıkması iki kat, 60 dB'e çıkması dört kat ve 70 dB'e çıkması ise sekiz kat artması olarak algılanır.



Şekil 2.12 : Eşyükseklik eğrileri

Gürültünün işitme üzerindeki etkileri, geçici veya sürekli işitme eşiği kaymaları, kulak çınlaması ve akustik traumalardır. İşitme hasarlarının sebebi kulağın anatomisinde bahsedilen orta ve iç kulaktaki işitme sinirlerinde bozulmalar olmasıdır. Bu bozulmalar öncelikle 4000-6800 Hz aralığında görülür. Sonrasında 500, 1000, 2000 Hz seslerde duyma eşiği yükselir yani sesin işitilebilmesi için daha yüksek düzeylere ihtiyaç duyulur (Moller, 2006). Kulak çınlaması, yüksek endüstri gürültülerine maruz kalma sonucu tek ya da çift kulakta hissedilebilir. Aralıklı olabileceği gibi sürekli de olabilir. Akustik traumalar yüksek düzeyde seslere bir kez ya da birkaç kez maruz kalma sonucu iç kulağın fizyolojik

yapısının bozulmasıdır. Genellikle ani patlamalarda görülür. İşitme kaybı fizyolojik bir etki olsa da kişinin sosyal hayatını etkilediğinden psikolojik olarak da olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. İşitme güçlüğü kişinin iletişimini, öğrenmesini zorlaştırırken davranış bozuklukları ve sosyal toplum içinde yalnız bırakılmaya sebep olur.

- Fizyolojik etkiler

Fizyolojik tepkiler insan vücudunun, sürekli ya da ani yüksek seslere bilinçsiz olarak otomatik tepkileridir. Gürültünün fizyolojik sonuçları, yüksek kan basıncı (hipertansiyon), yüksek kalp atışı, kolesterol artışı, adrenalinin yükselmesi, solunumun hızlanması, kas gerilmesi, irkilme, metabolizma değişimi, sindirim sistemi düzensizliği, yorgunluk ve uyku bozukluklarıdır. Ayrıca gürültü stresin en önemli çevresel kaynaklarından biridir.

Gürültünün fizyolojik etkilerinin de insan vücudunda olumsuz etkileri olmaktadır. Örneğin gürültü uyku bozukluklarına sebep olmakta ve düzensiz uyku sebebiyle kişilerin fiziksel ve ruhsal sağlıkları da bozulmaktadır. Uyku her yaşta insan için sağlığın korunmasında önemli bir etkidir. Gürültülü yerlerde uzun süre yaşayan insanlar üzerinde yapılan çalışmalar sonucu, kişilerde depresyon, yorgunluk, baş ağrısı ve nevroz mide bozuklukları sıkça gözlenmiştir. (Öhrsöm, 1989)

- Kişinin performansının etkilenmesi

Gürültü odaklanmayı zorlaştırdığı için dikkat gerektiren işlerde çalışanın işin tamamlanma süresini uzar, zamana bağlı verimi düşer. Yapılan işte hata payı artar. Yüksek ve ani gürültüler sebebiyle yaşanan irkilmeler, sesli ikazların işitilememesi ve çalışanın gürültü yüzünden işe odaklanamaması iş kazalarına sebep olabilir.

İş performansının yanı sıra gürültü günlük aktiviteleri de olumsuz etkiler. Karşılıklı konuşmalarda girişim yaparak iletişimi güçleştirir. Kişilerin dinleme ve anlama güçlüğü çekmesine, konuşmaların bölünerek rahatsızlık duyulmasına, gürültüyü bastırabilmek adına yüksek sesli konuşma ihtiyacı duyulmasına ve sesin zorlanması sebebiyle fiziksel rahatsızlıkların da ortaya çıkmasına sebep

olur. Çevrede 70 dB düzeyinde gürültü mevcudiyeti durumunda, telefonla konuşmak oldukça güçleşir. Yapılan çalışmalar gösteriyor ki gürültü düzeyi 35 dBA iken konuşmaların %100 anlaşılması mümkündür ve karşılıklı konuşmalar için uygun bir ortam mevcuttur. Düzey, 55 dBA üzerine çıktığında anlaşma problemleri başlar ve 65 dBA olduğunda ancak yüksek sesle konuşularak anlaşma sağlanır. (Klumpp, ve Webster, 1963)

Sosyal hayatın bir parçası olan eğitim sürecinde de gürültü öğretmen ve öğrencilerin odaklanmasını, anlama ve anlatma yetisini, karşılıklı iletişimini olumsuz etkilediği için eğitim ve öğretimin verimini düşürür.

- Psikolojik etkileri

Gürültünün psikolojik etkilerinin tespiti için anket çalışmaları yaygındır. Kişilere, belirli ortamlar için ortamın gürültü düzeyini derecelendirmelerini isteyen (yüksek-orta-düşük düzey), çevrenin gürültülü hissedilip hissedilmediğini ve rahatsız edici bulunup bulunmadığını soran sorular yöneltilir. Sonuçlar gürültülülük algısının her zaman yükseklikle ilişkili olmadığını gösterir. Rahatsızlık konusu da oldukça öznedir. Gürültünün rahatsız ediciliği kişilerin fizyolojik, psikolojik, sosyal ve kültürel ve ekonomik durumlarıyla, bulunulan mekana, zamana, yapılan işe, gürültüye alışkanlığa ve birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterir. Herhangi bir sesin gürültü olarak algılanması için illa yüksek olması gerekmez. Örneğin bir duvar saatinin sesi gün ortasında fark edilemezken gece saatlerinde kişiye göre rahatsız edici nitelikte olabilir ve o zaman gürültü olarak tanımlanır. Basit bir duvar saatinin sesi bile uyku problemleri, huzursuzluk, yorgunluk gibi etkiler yaratarak kişinin sağlığını ve huzurunu bozuyor ve istenmeyen ses olarak algılanıyorsa gürültüdür.

Gürültünün kişilerde yarattığı temel psikolojik etkiler, hoşgörünün azalması, ani parlamalar, öfkeye hakim olamama, şiddete eğilim gibi davranışlar, kızgınlık, sakinleştirici kullanma ihtiyacı ve başkalarına karşı yardımseverlik duygusunun azalmasıdır.

2.2.3 Gürültü kaynakları

Gürültü kontrolünde öncelikli adım kaynakların belirlenmesidir. Gürültü kaynaklarının tanınması üretilen sesin akustik özelliklerinin tespitini, sesin çevrede yayılma şeklinin ve insanlar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesini sağlar.

Genel hatlarıyla gürültü kaynakları yapı içi ve yapı dışı kaynaklar olarak iki sınıfa ayrılır. Yapı içi kaynaklar nispeten daha az kişiyi etkiler. Yapı içi gürültüleri; konutlardaki komşuluk gürültüleri (hane içinde yüksek sesli konuşmalar, bağırılmalar, eşya sürtme veya düşürme sesleri, TV ve diğer ev aletlerinin sesleri vb.), mekanik cihaz ve donanım sesleri (ısıtma-soğutma-havalandırma sistemleri, sıhhi tesisat sistemleri vb.), elektriksel sistemler (jeneratörler, transformatörler vb.), sirkülasyon sistemleri (asansörlerin makine daireleri ve donatımları, yürüyen merdivenler ve platformlar vb.) ve 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. Yapı dışı kaynakları özetle incelemek gerekirse;

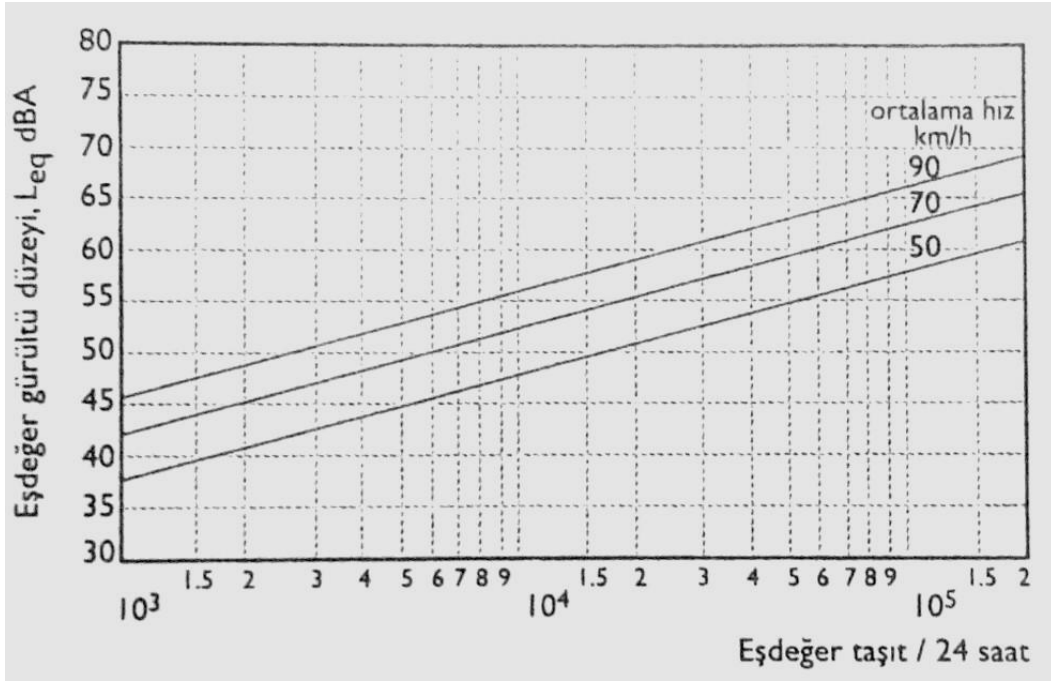
- Ulaşım gürültüleri; motorlu taşıtların bireysel ve toplu gürültüsünü, raylı sistemlerden kaynaklanan gürültüleri, uçak ve havaalanı gürültülerini ve deniz ulaşımı gürültüsünü kapsar.

Tek bir motorlu taşıtın oluşturduğu gürültüyü belirleyen unsurlar; taşıtın tipi (ağır veya hafif), motor tipi (benzin ya da dizel motor), egzost ve susturucu sistemi, aerodinamik hareketler, lastik tipi ve lastik ile yüzey arasındaki sürtünme, aracın yaşı, bakımı, fren sistemi ve klakson sesleridir.

Çeşitli boyutlardaki kamyonlar, tırlar ağır taşıt (toplam ağırlığı 3500 kg ve üzerinde olanlar) ve kamyonet, minibüs, otomobil ve motosikletler hafif taşıt olarak gruplanır. Ağır taşıtların yarattığı gürültü hafif taşıtlardan daha fazladır. FHWA, 1 ağır taşıtın 7 hafif taşıta eşdeğer gürültü oluşturduğunu belirtir. Motor tipi de devir sayısı ve gücüyle ilişkili olarak farklı seviyelerde gürültü oluşturur. Dizel motorlar benzinli motorlara göre daha gürültülüdür.

Taşıtların bireysel gürültülerinin yanısıra trafiğin akışına göre de oluşan gürültü farklılık gösterir. Akışın duraklamalı olup olmaması, trafiğin hacmi, ağır taşıt/hafif taşıt oranı, trafik hızı oluşan toplam gürültüyü etkileyen

parametrelerdir. Dönemeç, kavşak, trafik ışıkları gibi sebeplerle duraksayan trafiğin gürültüsü serbest akıştan daha fazladır. Serbest akışlı trafikte toplam araç sayısı, ağır taşıt oranı ve trafik hızı arttıkça gürültü de artar. Şekil 2.13'te ulaşım hızı ve hacminin gürültü seviyesiyle ilişkisi verilmiştir (Ljunggren, 1973). Tek başına taşıt hızı ele alındığında ise hızla ilişkili olarak baskın gürültü kaynağının değiştiği görülür. Yüksek hızlarda lastik ve yol yüzeyi arasındaki sürtünmeden kaynaklı gürültü baskınken düşük hızlarda motor gürültüsü ve orta hızlarda aerodinamik gürültüler hakim olur.



Şekil 2.13 : Ulaşım hızı, hacmi (eşdeğer taşıt sayısı/24 saat) ve gürültü düzeyi ilişkileri

Motorlu taşıtların gürültüsünde yol da önemli bir faktördür. Yolun yüzeyi lastikle oluşturacağı sürtünme miktarını ve dolayısıyla oluşacak gürültüyü etkiler. Yivli ya da oluklu beton yüzeylerde gürültü miktarı fazladır. Yolun yüzeyinin yanı sıra eğimi de önemli bir unsurdur. Eğimli yollarda özellikle ağır taşıtların gürültüsü 5-6 dB artmaktadır.

Motorlu taşıtlar kadar yaygın olmasalar da yolcu ve yük taşınmasında kullanılan raylı sistemler de yerleşim yerlerinin çok yakınlarından geçebildikleri ve gürültülü oldukları için ulaşım gürültüsü kaynaklarındandır. Trenler, tren yolları ve tren hareketleri demiryolu gürültüsünü oluşturan unsurlardır. Tren bazlı etkenler, trenlerin türü (yük, yolcu, hızlı tren vb.) ve

vagon sayısı, vagonların özellikleri (ağırlığı, tekerlek sayısı vb.), lokomotifin gücü (dizel ya da elektrikli sistemler), lokomotiflerdeki susturucular, fren özellikleri, vantilasyon şaftı ve sirenlerdir. Tren yollarında ise, rayların tipi, bakımı, bağlantı özellikleri (civatalı, kaynaklı, enine bağlantılı vb.), balast sistemleri, makaslar, dönüş yarıçapları, banketler, demiryolu strüktrü (hemzemin, yükseltilmiş, tünel vb.), tüneller ve şevlerin geometrisi, viyadükler ve köprüler gürültüyü etkileyen faktörlerdir. Ayrıca trenlerin toplam ulaşım hacmi veya ulaşım yoğunluğu, geçiş hızları, varsa siren yasağı, istasyonlardaki duruşlar ve kalkışlardan meydana gelen gürültüler tren hareketlerinin raylı sistem gürültüsündeki etkisini belirleyen faktörlerdir.

Uçak ve havaalanları yakınlarındaki yerleşim bölgelerinde 100 dBA'nın üzerinde gürültüye sebep olduklarından ciddiye alınması gereken gürültü kaynaklarıdır. Karayolundan farklı olarak uçak ulaşımında belirli bir düzlem olmadığından etki daha geniş bir alanda hissedilir. Hava ulaşımından kaynaklanan gürültü incelenirken karayolunda olduğu gibi tek bir uçağın ve havaalanının toplam gürültüsüne bakılabilir. Gürültü emisyonları incelenirken uçaklar yapısal özelliklerine (pervaneli ya da turbo uçaklar, jetler, süpersonik uçaklar ve helikopterler) göre ya da kullanım amaçlarına (yolcu veya yük taşımacılığı) göre sınıflandırılır. Uçakların kalkış, iniş ve uçuş sürecinde gürültü oluşturan unsurları, hava emişi (vantilatör, kompresör vb.), motor (yanma ve gövde hareketleri) ve egzosttur. 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 egzostunun etkisiyle alçak frekanslı ses hakimdir.

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. Havaalanlarındaki diğer gürültü kaynağı olan yer işlemleri, bagajların taşınması, uçaklara yakıt taşıyan tankerlerin, yemek servislerinin hareketleri, yolcu servis araçları, yolcu indirip bindirme standlarının taşınması ve diğer uçuş öncesi ve sonrası hizmet hareketleridir.

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 sözkonusu değildir. Deniz taşıtlarında da karayolu taşıtlarıyla benzer şekilde araç türü, makine tipi, egzost sistemi, taşıtın yaşı ve bakımı, tonajı ve hızı gürültü seviyesini belirleyen etkenlerdir.

- Endüstri ve mekanik donatımdan kaynaklanan gürültü emisyonları; tek araç, makine veya donatım olarak ya da endüstri yapısında ve alanında toplu makineler ve işlemler olarak ele alınır. Tek makine ve donatımlara bakıldığında, darbeler, mekanik olaylar, akışkan akımları, yanmalar ve elektromanyetik kuvvetler temel gürültü kaynaklarıdır. Endüstriyel alanda en yüksek ses basınç seviyesi yüksek hızla hareket eden gaz akışında gözlenir. Makinelerin gürültü üretme nedenleri; hareketli kısımların yüksek hızlarda çalışması, hızlı moment değişimleri, hava girişi ve egzostlarda susturucu bulunmaması, soğutma sistemlerinin büyüklükleri ve tipleri, makinenin kendi gücü, makinede hatalı veya gevşek parça mevcudiyeti, makine bileşenlerinin dengesiz dönüşleri, makineyi kullanan kişinin kullanma şekli, yetersiz yağlama ve bileşenlerde titreşim sönümleniminin yetersiz olmasıdır.

Çalışma ortamındaki toplam gürültüyü oluşturan faktörler ise, aynı anda çalışan makine sayısı ve türü, makinelerin çalışma modları, birbirlerine göre konumları, endüstri yapısının mimari ve yapısal özellikleri, yapının çevreye göre konumu, civardaki yansıtıcı ve yutucu yüzeyler, ses engeli olup olmaması, endüstri yapısındaki dışarı açılışlar, makinelerin hacim içinde yerleşim düzeni ve monte edildikleri yüzey/tabana/altlık özellikleridir.

- Yapım ve yıkım işlemleri, açık alanda olması, öngörülemeyen zamanlarda ortaya çıkabilmesi, aralıklı ancak yüksek düzeyli gürültü oluşturması ve iş makinelerinin ayrıca sorun yaratabilmesi sebepleriyle oldukça rahatsız edicidir. Yol yapımında; inşaa öncesi depo ve ofislerin kurulması, ekipman ve malzeme yığılması süresince kullanılan kamyonlar, dozerler ve forkliftler, temel hazırlanması için kazı, taşıma, doldurma işlemlerinde kullanılan kazı araçları, paletli traktörler, kazı, boru taşıma, döşeme gibi drenaj işlemleri,

toprağın sıkıştırılması, yolu kaplayan döşeyiciler, beton kamyonları, karıştırıcılar, yayıcılar, kompaktörler ve yol işaretleme araçları temel gürültü kaynaklarıdır. Bina yapımında da benzer şekilde arazi hazırlanması ve temizlenmesi, yıkım, moloz kaldırma, kırma, kesme, yükleme, strüktür kurma, drenaj, işaretleme, temizleme ve çevre düzenlemesi gürültü oluşturan temel süreçlerdir. Bina ve yol yapımlarında kullanılan makine ve araçlar 75-105 dBA aralığında gürültü oluştururlar. Bu değerler özellikle akşam ve gece saatlerinde oldukça rahatsız edicidir.

- Son olarak yapı dışı gürültü kaynaklarına insan kaynaklı eğlence ve ticari gürültüleri eklemek gerekir. Klüpler, barlar, restoranlar, kafeler, açık sinemalar, konser alanları, düğün salonları, lunaparklar vd. özellikle yaz aylarında ciddi gürültü kaynakları olmaktadır. Bu tür eğlence alanlarında ses kaynakları ve işletme alanının yapısı oluşan gürültüyü etkileyen faktörlerdir. Ses yükseltici hoparlörlerin sayısı, özellikleri, konumları, sahnedeki düzenleri, etraflarında yansıtıcı yüzey olup olmaması, müziğin çalınma süresi, tesis etrafında perdeleyici engel bulunup bulunmaması, kapalı mekan ise mekanın yüksekliği, büyüklüğü vd. gürültü emisyonunu etkileyen unsurlardır.

2.2.4 Gürültü ölçüt ve limitleri

Bilimsel çalışmalar sayesinde ortaya konulacak ölçütlerin ülke koşullarına uygunluğu tespit edilmeli sonrasında ölçütler yasa ve yönetmeliklerle zorlayıcı hale getirilmelidir. Ölçütler mevzuata aktarılmadan mevcut durum saptanarak, önerilen değerlere ulaşmak için gerekli önlemler belirlenerek ve bunlar için gerekli maliyet analizi yapılarak uygulanabilirlik araştırması yapılmalıdır. Uygunluğu tespit edilen ölçütler mevzuata *sınır değerler* veya *limitler* olarak aktarılır ve bu değerlere uyulmaması halinde yaptırımlar uygulanır. Bu değerlere uygunluğun tespiti yetkili kurum kuruluşlar tarafından yapılan gürültü ölçümleriyle belirlenir. Bunların başlıcaları, üniversite laboratuvarları (İTÜ Elektrik Fakültesi Telekomünikasyon Laboratuvarı, İTÜ Fiziksel Çevre Kontrolü Akustik Laboratuvarı, İTÜ Makine Fakültesi Otomatik Anabilim Dalı OTAM Laboratuvarı, Bahçeşehir Üniversitesi BUTECH Laboratuvarı, ODTÜ ve Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Laboratuvarları, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği Birimi Laboratuvarları ve diğerleri), TÜBİTAK Yapı Araştırma Merkezi Akustik

Laboratuvarı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü Laboratuvarı, Ulusal Metroloji Enstitüsü Akustik Laboratuvarı ve diğer özel laboratuvarlardır.

Gürültü ölçüt ve limitleri, işitme sağlığı ve çevresel gürültü ölçütleri olmak üzere iki alt başlıkta hazırlanır.

- İşitme sağlığı ölçütlerinin belirlenebilmesi için insanların gürültüden etkilenimlerini ve optimal akustik koşulları belirlemek gerekir. Bunun için de kişilerin fizyolojik durumlarını (işitme eşiği, kalp atışı, metabolik özellikler vb.) gösteren testler, herhangi bir işi istenilen doğrulukta ve hızda yapıp yapamadıklarını gösteren testler ve kişinin duygusal olarak bulunduğu hoşnutsuzluk veya hoşnutsuzluk halini gösteren öznel testler yapılmalıdır. İşitme kaybının ortaya çıktığı koşulların gürültünün tonal özelliğine, zaman ve mekana bağlı olarak gösterildiği ölçütler işitme sağlığı ölçütleridir. Endüstriye ait bir işyerinde işitme sağlığı ölçütleri, etkilenme süresine bağlı ve 8 saatlik toplam değerler olarak konulmuştur.

2003/10/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifine paralel olarak hazırlanan 28/07/2013 tarihli, 28721 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik kapsamında, 8 saatlik çalışma süresince, gürültünün günlük ağırlıklı ortalaması dikkate alınarak, en düşük maruziyet eylem değeri 80 dBA, en yüksek maruziyet eylem değeri 85 dBA ve maruziyet sınır değeri 87 dBA olarak belirlenmiştir. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununca 85 dBA ve üzeri gürültüde işveren çalışana uygun kişisel koruyucu donanımı sağlamakla ve çalışan da bu donanımları kullanmakla yükümlüdür.

Çizelge 2.2 ise ABD İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi (OSHA)’nin belirlediği çalışma saatlerine göre izin verilebilir gürültü düzeylerini göstermektedir (Vesilind,Morgan ve Heine, 2011).

Çizelge 2.2 : İzin verilen gürültü düzeyi, OSHA

L max, dBA	Çalışma süresi, saat
90	8
92	6
95	4
97	3
100	2
102	1 1/2
105	1
110	1/2
115	< 1/4

- Çevresel gürültü ölçütleri; emisyon ölçütleri, yapı içi ve dışı çevresel ölçütler ve yalıtım ölçütleri olarak sınıflandırılır.

Çevresel gürültünün kontrol altına alınabilmesi için öncelikle kaynakların gürültü emisyonları (ses gücü düzeyleri, kaynaktan belirli mesafe uzaklıklarda ses basıncı seviyeleri) bilinmeli ve bu emisyonlara limitler konulmalıdır. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, karayolu taşıtları ve açık alanda kullanılan teçhizat ve makinelerin gürültü düzeylerini belirlemek için Sanayi ve Ticaret Bakanlığını, demiryolu ve havayolu taşıtları için Ulaştırma Bakanlığını ve su yolu taşıtları için Denizcilik Bakanlığını yetkili kılmıştır. Bu yetkilendirmeye Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Avrupa Birliği mevzuatı (70/157/AT) uyum gereği Motorlu Araçların Dış Gürültü Emisyonları ve Egzos Sistemleri ile İlgili Tıp Onayı Yönetmeliği'ni yayınlamış burada araç kategorisine göre dış gürültü emisyonlarını belirlemiştir. Çizelge 2.3 bu değerleri göstermektedir.

Çevresel ölçütlere bakıldığında yapı içi ve yapı dışı çevre ölçütleri olarak iki grup oluşturulmuştur. Yapı içi ölçütler A ağırlıklı ses basınç düzeyleri ve spektral düzeylere dayalı birimler olarak, yapı dışı ölçütler ise yalnızca A ağırlıklı ses basınç düzeyleri olarak belirtilir.

Çevresel ölçütlerin bağlı olduğu faktörler;

- Gürültü kaynağı türü ve işlemsel özellikleri (ulaşım, endüstri, eğlence ve insan kaynaklı)
- Gürültünün akustik özellikleri (zamana göre değişimi, tonal özellikleri, ses basınç düzeyleri)

- Arka plan gürültü düzeyleri
- Çevre ve yerleşim yerleri özellikleri
- Çevre ve binaların kullanım amacı (konut, okul, hastane, otel vb.)
- Mekan işlevleri ve eylemler (uyuma, oturma, yemek vs. odaları; pencerelerin açık/kapalı olma durumu; betonarme, ahşap, yığma vb. yapılar)
- Zaman ve süreler (yıllık, mevsimsel, günlük, saat ve dakika)

Çizelge 2.3 : Hareket halindeki motorlu taşıtların 2008'den itibaren uygulanmakta olan dış gürültü emisyonları (70/157/AT)

Araç kategorisi	Emisyon değerleri, dBA
Yolcu taşıma amacıyla tasarlanan ve sürücü koltuğu dahil dokuzdan fazla koltuğu bulunmayan araçlar	74
Yolcu taşıma amacıyla tasarlanan, sürücü koltuğu dahil dokuzdan fazla koltuğu bulunan ve izin verilen azami kütlesi 3.5 tondan fazla olan araçlar;	
motor gücü 150 kW'tan az olanlar	78
motor gücü 150 kW'tan az olmayanlar	80
Yolcu taşıma amacıyla tasarlanan, sürücü koltuğu dahil dokuzdan fazla koltuğu bulunan araçlar;	
izin verilebilir azami kütlesi 2 tonu aşmayan yük taşıma amaçlı araçlar	76
izin verilebilir azami kütlesi 2 tonu aşan, ancak 3.5 tonu aşmayan yük taşıma amaçlı araçlar	78
Yük taşıma amaçlı ve izin verilen azami kütlesi 3.5 tondan fazla olan araçlar;	
motor gücü 75 kW'tan az olanlar	77
motor gücü 75 kW'tan fazla olan ancak 150 kW'tan az olanlar	78
motor gücü 150 kW'tan az olmayanlar	80

Çizelge 2.4, 2.5, 2.6 ve 2.7 Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinin (2002/49/EC) ülkemizde uygulanan yapı dışı sınır değerlerini göstermektedir.

Çizelge 2.4 : Karayolu çevresel gürültü sınır değerleri (2002/49/EC)

Alanlar	Planlanan/Yeni/Onarılmış yollar			Mevcut yollar		
	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu yerler	60	55	50	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas yapıların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	63	58	53	68	63	58
Ticari yapılar ile gürültüye hassas yapıların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55	70	65	60
Endüstriyel alanlar	67	62	57	72	67	62

Çizelge 2.5 : Hafif raylı sistemler için çevresel gürültü sınır değerleri (2002/49/EC)

Yer altı istasyonları	Leq (dBA)	Yerüstü istasyonları	Leq (dBA)
Gişeler, merdivenler, koridorlar	55	Duran ve kalkan trenler için	70
Platformlar (platform kenarından 1,8 m)	80	Platformlar (platform kenarından 1,8 m)	75
Duran ve kalkan trenler için	85	Geçen trenler için	65
Geçen trenler için	65	Çalışır durumda bekleyen trenler için	65
Çalışır durumda bekleyen trenler için	55		
İstasyon içinde havalandırma sistemi	55		
Caddelerde havalandırma kanalları (9 m'de)	55		
İstasyon içinde kapalı sistemlerde bulunan acil havalandırma fanları (22,5 m'de)	80		

Çizelge 2.6 : Hava alanı çevresel gürültü değerleri (2002/49/EC)

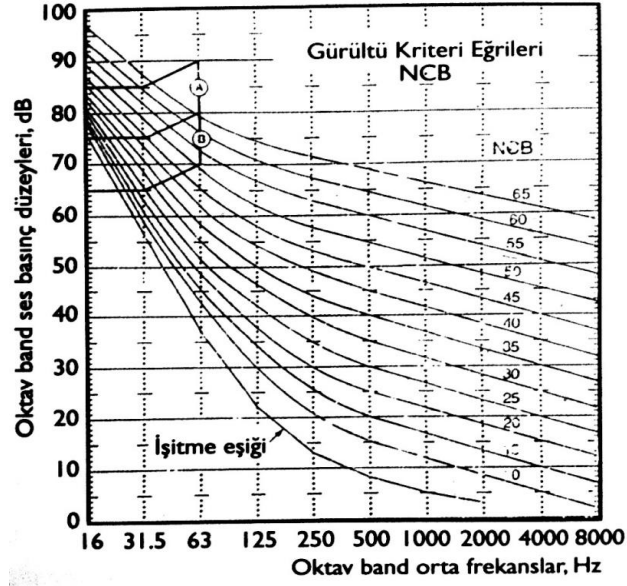
Alanlar	Küçük havaalanları (yılda elli bin altında iniş/kalkış olduğu hava alanları)			Büyük havaalanları (yılda elli bin üstünde iniş/kalkış olduğu hava alanları)		
	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu yerler	63	58	53	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas yapıların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55	68	63	58
Ticari yapılar ile gürültüye hassas yapıların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	67	62	57	72	67	62
Endüstriyel alanlar	70	65	60	75	70	65

Çizelge 2.7 : Endüstri tesisleri için çevresel gürültü değerleri (2002/49/EC)

Alanlar	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu yerler	60	58	50
Ticari yapılar ile gürültüye hassas yapıların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas yapıların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	68	62	58
Organize Sanayi Bölgesi veya İhtisas Sanayi Bölgesi içindeki her bir tesis için	70	65	60

İnsanların gürültüden etkilenmeleri sesin spektral özelliğiyle de ilişkilidir. İnsan kulağı orta frekanslı sesleri alçak ve yüksek frekanslı seslere göre daha kolay işitir. Ayrıca yüksek düzeyde alçak frekanslı sesler insan algısına göre daha rahatsız edici niteliktedir. Buna ağır taşıtların trafik gürültüsü veya bazı endüstriyel makinelerin sesleri örnek verilebilir. Bu nedenle iç mekanlarda seslerin A ağırlıklı ölçütlerine ek olarak spektral değerleri içinde belirli ölçütler belirlenmiş ve mevzuata aktarılmıştır.

Şekil 2.14'te Beranek'in geliştirdiği dengelenmiş gürültü ölçütü değerleri gösterilmektedir (1989).



Şekil 2.14 : Dengelenmiş Gürültü Kontrolü Ölçüt Eğrileri (NCB)

Çizelge 2.8 ve 2.9 ise farklı iç ortamlarda uyulması gereken sınır değerleri göstermektedir.

Çizelge 2.8 : Dünya Sağlık Örgütü tarafından çevre gürültüsü için yayımlanan kılavuzda belirtilen sınır değerler (Schwela, 2001)

Çevre türü	Kritik sağlık etkisi	Leq, dBA	Zaman (saat)	LAmaz (hızlı tepki), dB
Konutların içi	Konuşma anlaşılabilirliği ve orta derecede rahatsızlık, gündüz ve akşam	35	16	
Yatak odalarının içi	Uyku bozukluğu, gece	30	8	45
Yatak odalarının dışı	Uyku bozukluğu, pencere açıkken (dış değer)	45	8	60
Okullarda derslikler, okul öncesi binaların içi	Konuşma anlaşılabilirliği, bilgi aktarımı ve mesaj alışverişinin güçlüğü	35		Ders sırasında
Okul öncesi yatak odaları	Uyku bozukluğu	30		Uyku zamanı 45
Hastane yatak odaları, iç mekanlar	Uyku bozukluğu, gece	30	8	40
	Uyku bozukluğu, gündüz ve gece	30	16	40
Hastane tedavi odaları, iç mekanlar	Dinlenme ve tedavi ile girişim	Olabildiğince düşük düzey		

**Çizelge 2.9 : Yapı içinde farklı mekan tipleri için önerilen sınır değerler
(2002/49/EC)**

Kullanım Alanı		Kapalı pencere, L eq (dBA)	Açık pencere, L eq (dBA)
	Tiyatro salonları	30	40
Kültürel Tesis Alanları	Sinema salonları	30	40
	Konser salonları	25	35
	Konferans salonları	30	40
Sağlık Tesis Alanları	Yataklı tedavi kurum ve kuruluşları, dispanser, poliklinik, bakım ve huzurevleri vb.	35	45
	Dinlenme ve tedavi odaları	25	35
Eğitim Tesisleri Alanları	Okullardaki derslikler, özel eğitim tesisleri, kreşler, laboratuvarlar vb.	35	45
	Spor salonu	55	65
	Yemekhane	45	55
Turizm Yerleşme Alanları	Kreşlerdeki yatak odaları	30	40
	Otel, motel, tatil köyü, pansiyon vb. yatak odaları	35	45
Sit Alanları	Konaklama tesisindeki restoran	35	45
	Arkeolojik, doğal, kentsel, tarihi vb.	55	65
Ticari Alanlar	Büyük ofis	45	55
	Toplantı salonları	35	45
	Büyük daktilo ve bilgisayar salonları	50	60
	Oyun odaları	60	70
	Özel büro	45	55
	Genel büro	50	60
	İş merkezleri, dükkanlar vb.	60	70
	Ticari depolama	60	70
Lokantalar	45	55	

Çizelge 2.9 (devam) : Yapı içinde farklı mekan tipleri için önerilen sınır değerler (2002/49/EC)

Kullanım Alanı		Kapalı pencere, L eq (dBA)	Açık pencere, L eq (dBA)
	Ofisler	45	55
Kamu Kurum Kuruluşları	Laboratuvalar	45	55
	Toplantı salonları	35	45
	Bilgisayar odaları	50	60
Spor Alanları	Spor salonları ve yüzme havuzları	55	65
Konut Alanları	Yatak odaları	35	45
	Oturma odaları	45	55

3. GÜRÜLTÜ HARİTASI VE ÖRNEK HARİTALAR

3.1 Gürültü haritası

W. Probst gürültü haritasını, “gerçek çevrenin ve gürültü kaynaklarının sayısal ve görsel bir modelinin kurulması” olarak tanımlamıştır (2003). Belirli bir çevredeki fiziksel faktörlere göre ses basınç seviyesindeki değişimlerin bir plan üzerinde gösterimidir. Haritalar belirli noktalarda yapılacak ölçümlerle veya hesaplamalarla eş düzeydeki noktaların belirlenip ve bir eğriyle birleştirilmesiyle oluşturulur. Harita oluşturmada bilgisayar destekli sistemlerin kullanımı yaygındır. Bu sistemler istenildiği düzeyde detaylı bir harita oluşturabilir, bu nedenle harita değerleriyle ölçüm değerleri her zaman birebir örtüşmeyebilir.

Genel olarak gürültü haritalarının amaçları;

- Kent ölçeğinde bir bölgenin ortalama ses düzeylerinin hesaplanması,
- Özel olarak belirlenen bir bölgede ses düzeylerinin istenilen ölçütleri aşmadığının belirlenmesi,
- Hesap alanında yaşayan kişilerin olumsuz etkilendiği bölgelerin tespiti,
- Çalışılan bölgede belirli gürültü bölgeleri içinde kalan veya limitleri aşan ses düzeylerine maruz kalan kişi sayısının tahmini,
- Yeni veya değiştirilmesi planlanan bir ses kaynağının çevreye etkisinin belirlenmesi,
- Özel bir kaynak için ÇED raporunun hazırlanmasında gürültünün hesaplanması,
- Gürültüden etkilenme çalışmalarına veri temini,
- Eylem planlarının hazırlanmasında mevcut durum tespitidir.

Ayrıca ÇGDYY 1.maddesinde gürültü haritalarının, akustik rapor ve çevresel gürültü seviyesi değerlendirme raporu sonuçları esas alınarak; özellikle çevresel gürültüye maruz kalma seviyelerinin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiye yol açmasının mümkün olduğu ve çevresel gürültünün kalitesini korumanın gerekli olduğu

yerlerde, gürültüyü önleme ve azaltmaya yönelik eylem planlarının hazırlanması ve bu planların uygulanmasında kullanıldığı belirtilmiştir.

ÇGDYY çevre gürültüsü haritaları ve stratejik gürültü haritaları olmak üzere iki tip harita hazırlanmasını öngörmüştür. Çevre gürültüsü haritaları, bir çevredeki özel bir gürültü kaynağının sebep olduğu gürültü seviyesini, limitleri aşan bölgeleri ve etkilenen nüfusu tespit eder. Stratejik haritalar ise çevredeki tüm gürültü kaynaklarının toplam etkisini ortaya koyar. Stratejik gürültü haritalarında karayolları, demiryolları, havaalanları, endüstri tesis ve alanları bulunması gereken kaynaklardır. Bu çalışma kapsamında Maslak Büyükdere Caddesi ve İstinye Bayırı'nın bir bölümü gürültü kaynağı alınarak İTÜ Maslak Kampüsünün bir çevresel gürültü haritası hazırlanmıştır. Çevresel gürültü haritalarında kullanılan göstergeler, L_{gag} , $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$ ve L_{gece} 'dir.

$L_{gündüz}$ (Gündüz (07:00-19:00) gürültü göstergesi): A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, yılın gündüz sürelerinin tamamına göre belirlenir ve gündüz süresince rahatsızlık düzeyini,

$L_{akşam}$ (Akşam (19:00-23:00) gürültü göstergesi): A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, yılın akşam sürelerinin tamamına göre belirlenir ve akşam süresince rahatsızlık düzeyini,

L_{gece} (Gece (23:00-07:00) gürültü göstergesi): A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, yılın gece sürelerinin tamamına göre belirlenir ve gece süresince uyku kaçıracı rahatsızlık düzeyini,

L_{gag} (Gündüz, akşam, gece gürültü göstergesi): A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, günlük rahatsızlık düzeyini belirtir (TS ISO 1996-2). Aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$L_{gag} = 10 \log \frac{1}{24} \left(12 \times 10^{\frac{L_g}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_a+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_g+10}{10}} \right) \quad (3.1)$$

Yönetmelikte stratejik gürültü haritalarının esasları aşağıdaki şekilde belirtilmiştir:

a) Gürültü kaynağı işletmecilerince en geç 30/6/2013 tarihine kadar;

- 1) İki yüz elli binden fazla yerleşik nüfusu olan yerleşim alanları,
- 2) Yılda altı milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yolları,
- 3) Yılda altmış binden fazla trenin geçtiği ana demir yolları,
- 4) Yılda elli binden fazla hareketin gerçekleştiği hava alanları,

için bir önceki takvim yılındaki durumu gösteren stratejik gürültü haritalarının hazırlanması ve uygun olan hallerde bu haritaların onaylanmış olması temin edilir.

b) Stratejik gürültü haritası hazırlanması zorunlu olan kaynaklar için kaynak işletmecileri, en geç 30/6/2011 tarihine kadar ve daha sonra her beş yılda bir altı milyondan fazla aracın geçtiği kara yolları, yılda altmış binden fazla sayıda trenin geçtiği demir yolları, ana hava limanları ve iki yüz elli binden fazla yerleşik nüfusu olan yerleşim alanlarını mülga Çevre ve Orman Bakanlığına (yeni adıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) bildirir.

c) Bakanlık, 30/6/2018 tarihine kadar ve bu tarihten sonra her beş yılda bir bütün yerleşim alanları, ana kara yolları ve ana demir yolları için bir önceki yıldaki durumu gösteren stratejik gürültü haritalarının yapılmış olmasını ve onaylanmış olmasını temin etmek için gereken tedbirleri uygulamaya koyar.

d) Stratejik gürültü haritası hazırlanması zorunlu olan kaynaklar için kaynak işletmecileri en geç 2014 tarihine kadar tüm yerleşim alanları, ana kara yolları ve ana demir yollarını Bakanlığa bildirir.

e) Stratejik gürültü haritaları Ek-IV de yer alan Stratejik Gürültü Haritalama İçin Asgari Gereksinimleri karşılayacak nitelikte hazırlanır. Bu gereksinimler:

1) Stratejik gürültü haritası aşağıda belirtilen hususlardan herhangi birine yönelik verilerin sunuşunu içerecektir:

- Bir gürültü göstergesi cinsinden mevcut, önceki veya öngörülen bir gürültü durumu,
- Bir sınır değerinin aşılması,
- Bir gürültü göstergesinin özel değerlerine maruz kalan belirli bir alandaki konut, okul ve hastanelerin tahmini sayısı,
- Gürültüye maruz kalan bir alandaki tahmini insan sayısı.

2) Stratejik gürültü haritaları kamuoyuna;

- Coğrafi paftalar,
- Çizelgeler halindeki rakamsal veriler,
- Elektronik form halindeki rakamsal veriler

şeklinde sunulabilir.

3) Yerleşim alanlarının stratejik gürültü haritalarında;

- Kara yolu trafiği,
- Demir yolu trafiği,

- Hava alanları,
- Limanlar dahil, endüstriyel faaliyetlerin yapıldığı yerlerden yayılan gürültüler

özel bir önemle vurgulanacaktır.

4) Stratejik gürültü haritaları aşağıda belirtilen amaçlar için kullanılacaktır:

- 35 inci maddenin (b) bendi ve Ek-VI ya uygun olarak Bakanlığa gönderilmesi gereken verilerin tedarik edilmesi,
- 34 üncü maddeye uygun olarak kamuoyu için bir bilgi kaynağı,
- 33 üncü maddeye uygun olarak eylem planlarına esas teşkil etmesi.

Stratejik gürültü haritalarının yukarıda sıralanan her bir amaca uygun olarak hazırlanması gerekmektedir.

5) Stratejik gürültü haritalarının Bakanlığa gönderilmesi gereken veriler ile ilgili olarak asgari gereksinimler Ek VI nın 1.5, 1.6, 2.5, 2.6 ve 2.7 sinde tanımlanmıştır.

6) 34 üncü maddeye uygun olarak kamuoyuna bilgi vermek ve 33 üncü maddeye uygun olarak eylem planları geliştirmek için ilave ve daha ayrıntılı bilgilerin verilmesi gereklidir.

Örneğin;

- Her türlü grafiksel sunumlar,
- Her türlü sınır değerinin aşılmasını gösteren haritalar,
- Gelecekte olası çeşitli durumlar ile mevcut durum karşılaştırmaları içeren fark haritaları,
- Uygun hallerde 4 m’den daha fazla bir yükseklikte ölçülmüş olan bir gürültü gösterge değerini gösteren haritalar.

7) Yerel veya ulusal uygulamalara yönelik stratejik gürültü haritalarının 4 m. lik bir değer tayin yüksekliği ve EK-VI da tanımlanan usule uygun olarak 5 dB’ lik L_{gag} ve L_{gece} aralıkları ile yapılması zorunludur.

8) Yerleşim alanları için kara yolu trafik gürültüsü, demir yolu trafik gürültüsü ve hava aracı gürültüsü ile endüstriyel gürültüler için ayrı stratejik gürültü haritaları yapılmalıdır.

f) Komşu konumda olan üye ülkelerle sınırlara yakın bölgelerin stratejik gürültü haritalarının hazırlanmasında, Dışişleri Bakanlığı ile koordinasyon içinde işbirliği yoluna gidilir.

g) Stratejik gürültü haritaları hazırlanıldıkları tarihten sonra en az beş yılda bir gözden geçirilecek ve gerektiğinde revize edilecektir.

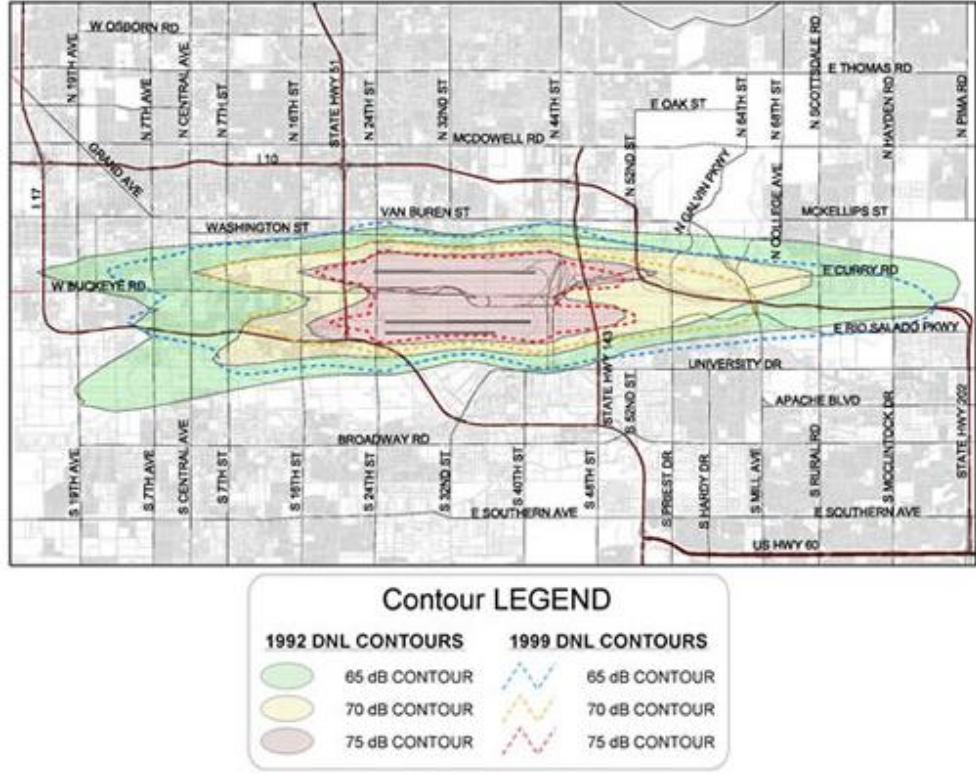
3.2 Örnek Haritalar

Gürültü haritalarını oluşturmak üzere 1970'li yıllardan bu yana çalışmalar yürütülmektedir. Öncelikle motorlu taşıt gürültüsü konusunda modeller hazırlanmış ardından daha karmaşık olan havaalanı gürültü haritaları konusunda çalışmalar yapılmıştır. Farklı modeller kullanılarak ve zaman içerisinde bu modeller geliştirilerek çeşitli şekillerde gürültü haritaları oluşturulmuştur. Bu bölümde uluslararası ve ulusal harita örnekleri incelenecektir.

3.2.1 Uluslararası Örnekler

Havaalanı gürültü haritası örneği :

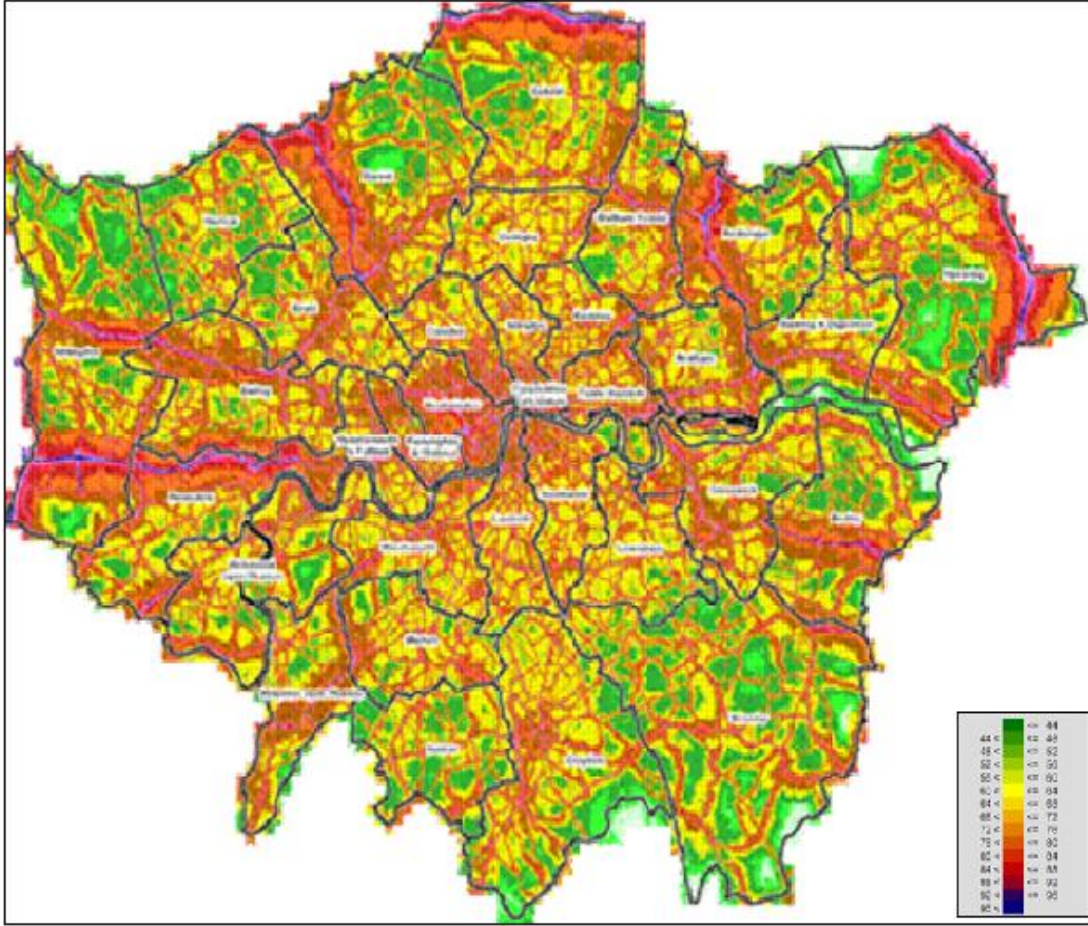
Şekil 3.1'de gösterilen havaalanı gürültü haritası, ABD'nin Phoenix kentindeki Sky Harbor Havaalanı'na aittir. Haritada gürültü seviyeleri gece-gündüz ortalama ses seviyesini belirten, FAA'nın gürültüye maruziyetin kümülatif değerini belirleme standardı olan DNL olarak verilmiştir. Haritada görüldüğü üzere iniş/kalkış yapılan pistlerde ses seviyesi 75 dB ve üzerinde iken çevresinde 70 dB'dir. 1999 yılında 65 dB gürültüye maruz kalan konut/kişi sayısı, 1992 yılına göre izolasyon ve ses azaltım sistemleri sayesinde azaltılmıştır.



Şekil 3.1 : Havaalanı gürültü haritası örneği, Phoenix (Url- 2)

Karayolu gürültü haritası örneği :

Şekil 3.2’de gösterilen karayolu gürültü haritası, İngiltere’nin Londra şehrine aittir. İlk kez tüm şehri kapsayan bir karayolu gürültü haritası Londra için oluşturulmuştur. Bu gürültü haritası ulusal çevre gürültüsü stratejisi ve AB’nin Çevresel Gürültü Direktifi için bir pilot çalışma olarak, coğrafi bilgi sistemleri ve üç boyutlu bir bilgisayar programı kullanılarak hazırlanmıştır.



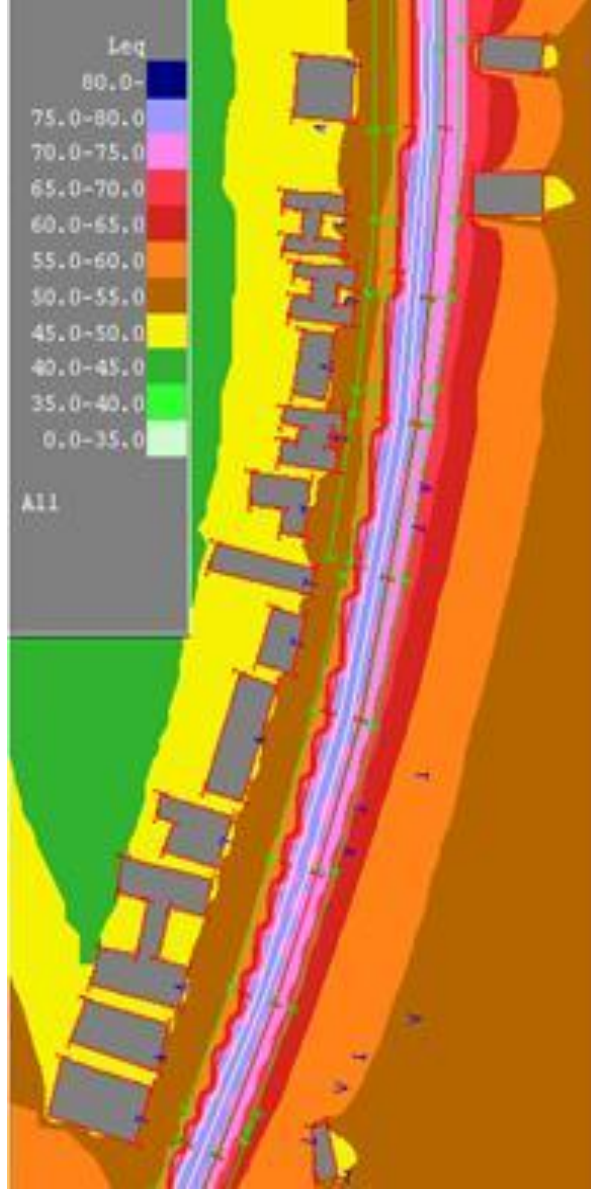
Şekil 3.2 : Karayolu gürültü haritası örneği, Londra (Url-3)

Harita, akustik olarak önem taşıyan 2,67 milyon bina ve trafiğin azımsanamayacağı 5200 km'den uzun karayolunu içeren 1600 km²'lik alanı kapsamaktadır. Harita oluşturulurken kullanılan trafik verileri; 2 ile 106 km/saat arasında değişen trafik akış hızı ve 18 saatlik süreçlerde 0 ile 171800 araç arasında değişen trafik hacmidir. Gürültü seviyelerini belirtmek amacıyla renklendirilmiş haritada kırmızı-kahve tonları gürültü seviyesinin en yüksek olduğu, yeşil tonları ise en düşük olduğu noktaları belirtmektedir.

Demiryolu gürültü haritası örneği :

Şekil 3.3'te bir bölümü gösterilen demiryolu gürültü haritası Hong Kong ve Çin arasında yolcu ve banliyölerde yaşayıp her gün şehre çalışmaya gidip gelen kişileri taşıyan ekspres trenlerin ve yük trenlerinin yoğun olarak kullandığı bir demiryolu hattı üzerinde gürültü bariyeri tasarımı yapmak amacıyla hazırlanmıştır. 30 mil boyunca gürültü hedeflerini sağlayabilecek boyutlarda ve uygun tasarımda gürültü bariyerlerini tasarlamak için bu harita oluşturulmuştur. Elde edilen gürültü seviyeleri

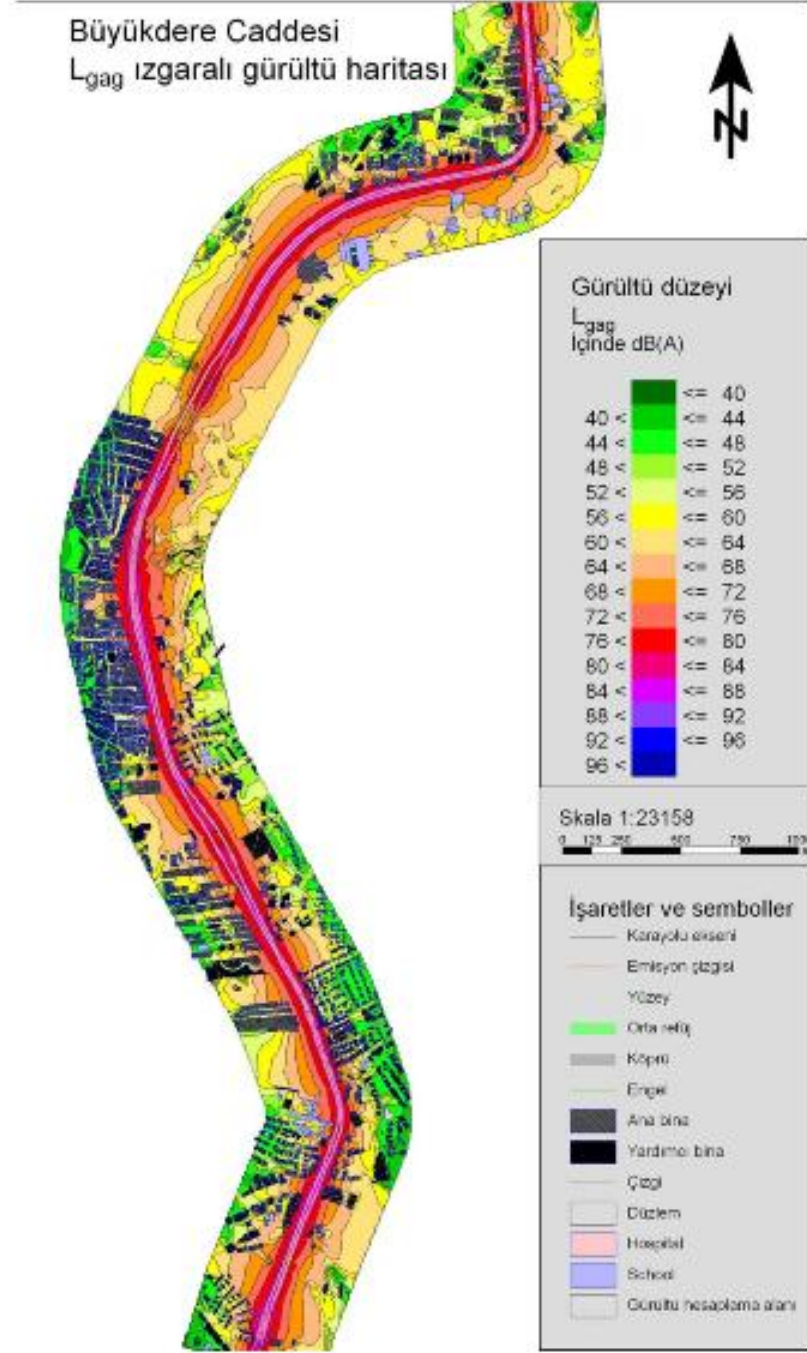
renklendirilmiş haritada açıkça görülmektedir. Engeller sayesinde konutlar çoğunlukla 45-50 dB'lik nispeten sessiz alan arasında kalmaktadır.



Şekil 3.3 : Demiryolu gürültü haritası örneği, Hong Kong (Url-3)

Endüstri tesisi gürültü haritası örneği :

Şekil 3.4'te gösterilen harita, Nijerya'da sıvılaştırılmış doğal gaz tesisine ait bir endüstri gürültü haritasıdır. 24 saat sürekli olan inşa faaliyetleri arkaplan gürültüsünün belirlenmesini zorlaştırırsa da toplam ses gücü seviyesi, gürültü seviyelerinin sınırları, tesiste tehlikeli gürültü seviyelerinin boyutları ve tesisteki her bir elemanın ses gücü seviyesi hesaplanabilmiş ve bu harita oluşturulmuştur. Endüstrilerde gürültü haritalarının çıkarılması, mevcut gürültü seviyelerini ve

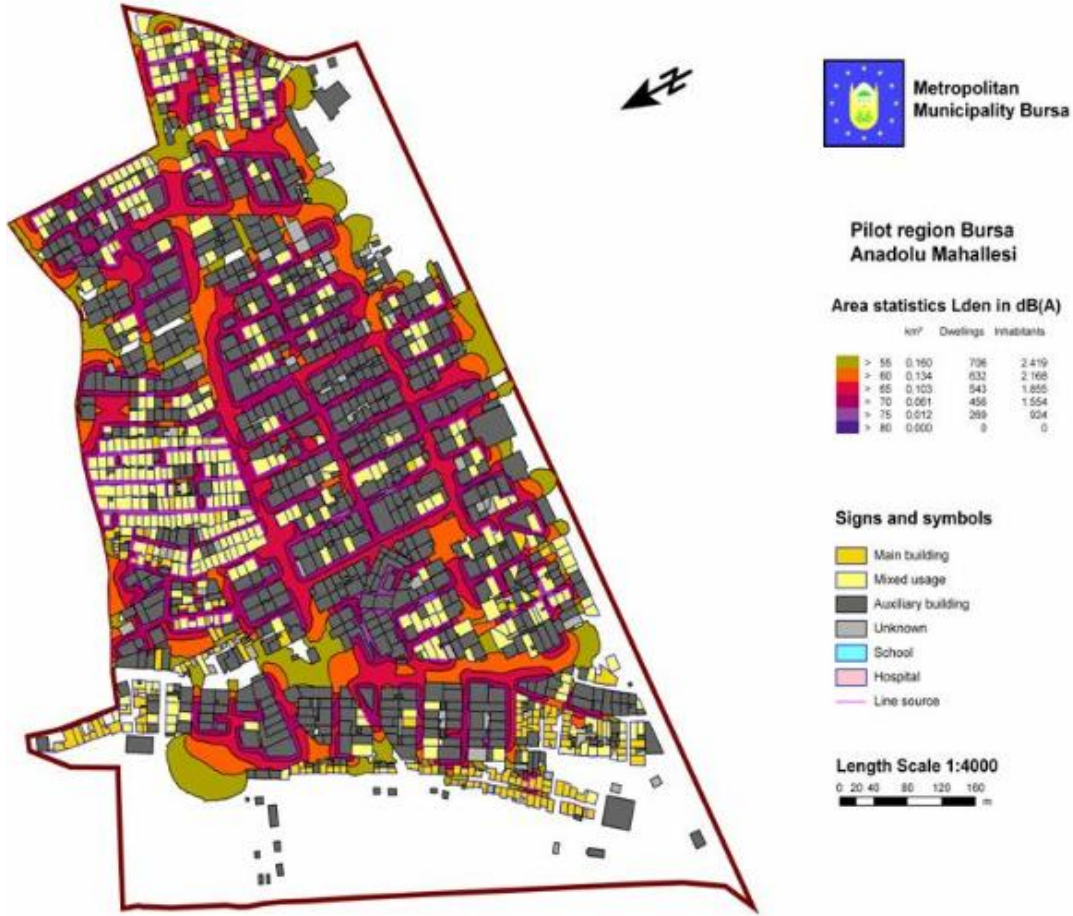


Şekil 3.5 : Karayolu gürültü haritası örneği, İstanbul (Aşçıgil, 2009)

Haritanın oluşturulduğu çalışma bölgesi 345 konutu, 617 ofis binasını, 71 eğitim binasını ve 1 hastane binasını kapsamaktadır. Bölgede 147.98 konut sakininin ve 163.091 ofis çalışanın etkilediği öngörülmüş ve hazırlanan karayolu gürültü haritası sayesinde sınır değerleri aşan gürültüye maruz kalan konut sakinlerinin, ofis çalışanlarının ve okulların sayısal değeri elde edilmiştir. Çalışmaya göre, gündüz saatlerinde okulların %59'u, konutların %32'si ve konut sakinlerinin %35'i sınır değerlerin üzerinde gürültüye maruz kalmaktadır.

Karayolu gürültü haritası örneği-Bursa :

ÇGDDY, belediyeleri kendi sınırları içinde kalan karayollarına stratejik gürültü haritalarının hazırlanmasıyla sorumlu tutmuştur. Bu çalışma da Bursa Büyükşehir Belediyesi'nin bünyesinde bulundurduğu Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü, Çevre Kontrol Şube Müdürlüğü ve Ulaşım Dairesi Başkanlığı'na hazırlattığı karayolu gürültü haritasıdır.

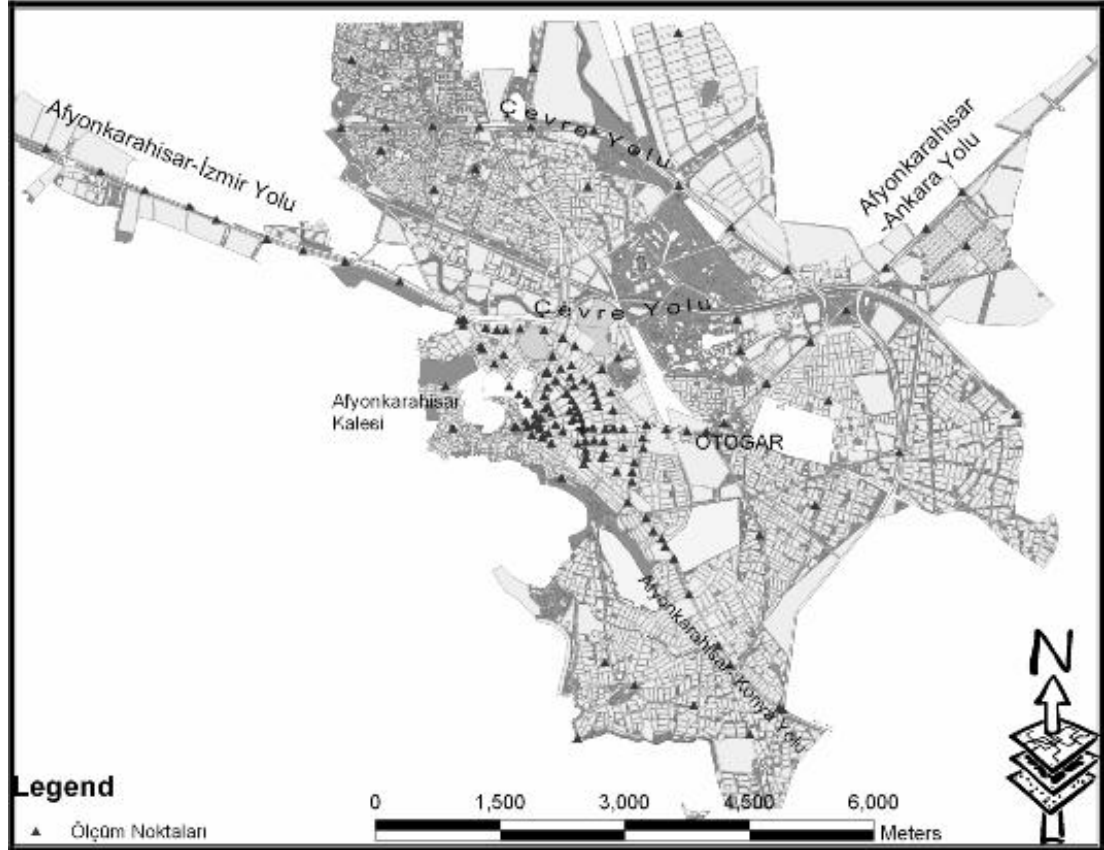


Şekil 3.6: Karayolu gürültü haritası örneği, Bursa(Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2011)

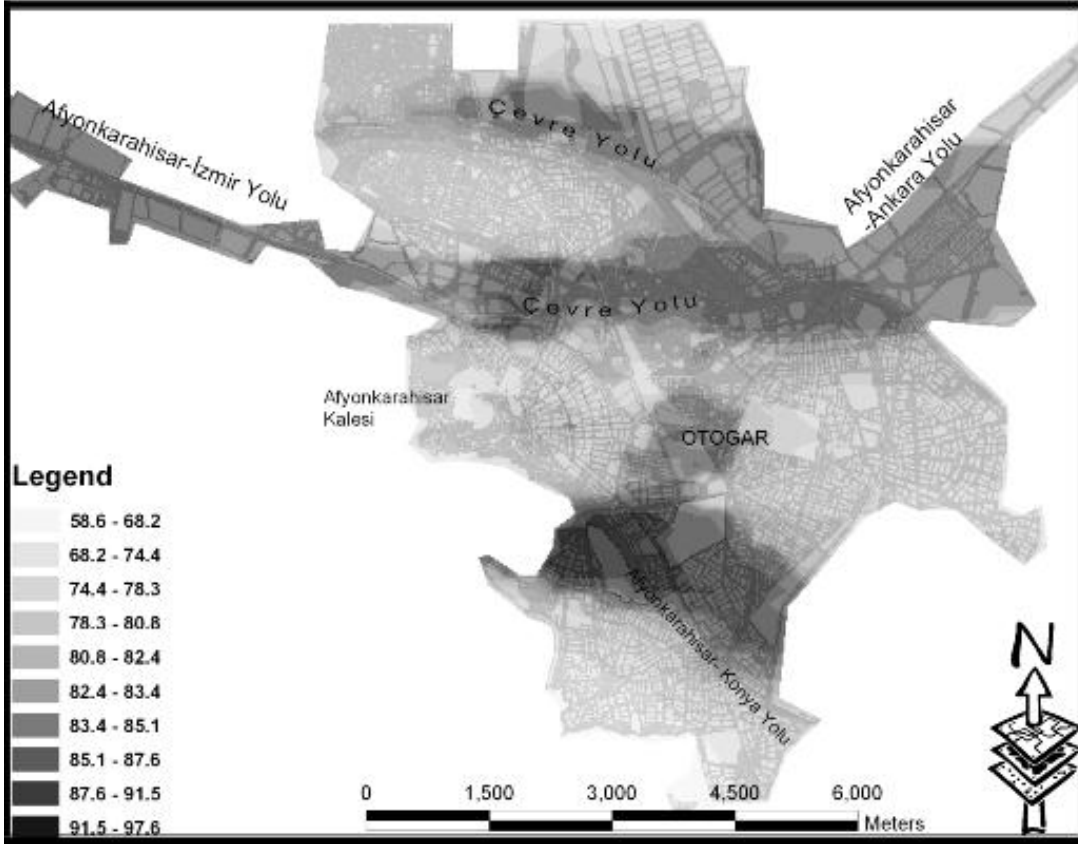
Harita kapsamında nüfusu 250.00'den fazla olan Osmangazi, Yıldırım ve Nilüfer ilçeleri hesaba katılmıştır. Bu ilçelerde yılda 6 milyondan fazla aracın geçtiği toplam 69 caddenin trafik ve yol verileri değerlendirilmiştir. Toplamda 123,44 km'lik karayolu haritalanmıştır. Müdürlüklerin ortak çalışmasıyla Şekil 3.6'daki karayolu gürültü haritası elde edilmiştir. Elde edilen harita değerlendirilerek gerekli önlemlerin alınması ve eylem planının oluşturulması hedeflenmiştir.

Karayolu gürültü haritası örneği- Afyonkarahisar :

Bu alışma Afyonkarahisar il merkezinde trafik kaynaklı gürültünün tespiti amacıyla, belirli bölgelerde ölçüm yapılarak ve bu ölçüm sonuçlarının Coğrafi Bilgi Sistemi yardımıyla analiz edilerek oluşturulmuştur. Yaklaşık 5 km²'lik bir alanı kaplayan ölçüm noktaları şekil 3.6'da ve ölçüm sonuçlarıncı oluşturulan gürültü haritası ise şekil 3.7'de gösterilmektedir (Erdoğan, Doğan, vd, 2011).



şekil 3.7: Afyonkarahisar karayolu gürültü haritası ölçüm noktaları



Şekil 3.7: Karayolu gürültü haritası örneği-Afyonkarahisar

Çalışma sonucunda elde edilen değerlerin %58,5'inin 80 dBA ve %6,85'inin 90 dBA'nın üzerinde olduğu gözlenmiş ve bu seviyelerin düşürülmesi için tedbirler düşünülmüştür.

4. İTÜ MASLAK KAMPÜSÜ GÜRÜLTÜ HARİTASI

Tez kapsamında hazırlanacak haritada gürültü kaynağı olarak karayolu ele alınacaktır. Karayolu gürültü haritası hazırlamak için gerekli veriler şunlardır (Kurra, 2009):

- Ulaşım hızı
- Ortalama trafik hacmi
- Ağır taşıt yüzdeleri
- Trafik akımının özellikleri
- Yol geometrisi

Gürültü haritalamada ÇGDYY'nin yanı sıra Avrupa Komisyonu'nun yayınladığı "Good Practise Guide" (GPG, WG-AEN) en yararlı yol gösterici belgedir. Yönetmelikteki veri toplama ve işleme yöntemleriyle ilgili detaylı bilgi eksikliğini içerdığı Yönergelerle karşılamaktadır. Maslak Kampüsü için hazırlanacak çevresel gürültü haritasının verileri de bu kılavuzun yönlendirmelerine göre oluşturulmuştur. Çizelge 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4 trafik verilerinin mevcut olup olmamasına göre izlenecek yolları ve tercih edilen yolun hata payını göstermektedir.

Çizelge 4.1 : Yönerge 2: Karayolu trafik akışı (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Gündüz, akşam, gece trafik akışı	Kullanılabilir	< 0,5 dB	
Saatlik trafik akışı	Gündüz, akşam, gece dönemleri için toplamak	< 0,5 dB	orta
Gündüz ve gece trafik akışı	Örneklere göre dağılım uygulamak	1 dB	orta
	Haftasonu gündüz, akşam, gece için trafik akışı saymak	< 0,5 dB	çok yüksek
Sadece hafta içi trafik akışı	Örnek yollar seçerek haftasonu saymak ve benzer yollara uygulamak	< 0,5 dB	yüksek
	Farklı yol tipleri için kabul edilmiş trafik akış istatistikleri kullanmak	< 0,5 dB	az
	Hafta içi verisini haftasonu da kullanmak	1 dB	az
24 saatlik trafik akışı	Örneklere göre dağılım uygulamak (%70 gündüz, %20 akşam, %10 gece)	1 dB	az
7 gün (ya da daha fazla) trafik akışı	Günlere eşit dağıtmak ve gün içi dağıtım uygulamak	1 dB	az
Trafik akışı verisi mevcut değil	Gündüz, akşam, gece trafik akışı saymak	< 0,5 dB	çok yüksek
	Örnek yollar seçerek haftasonu saymak ve benzer yollara uygulamak	2 dB	yüksek
	Tipik yol tipleri için kabul edilmiş trafik akış verisi kullanmak	4 dB	az

Çizelge 4.2 : Saatlik tepe akışı değerinden günlük, akşamlik ve gecelik trafik akışı verileri elde edilmesi için dönüştürme katsayıları örneği (WG-AEN, 2006)

Yol trafik akışı	Metropolitan/Anayollar	Ara yollar
Qgündüz- 12 saatlik akış	Qtepe x 12	Qtepe x 0,7 x 12
Qakşam- 4 saatlik akış	Qtepe x 0,7 x 4	Qtepe x 0,5 x 4
Qgece- 8 saatlik akış	Qtepe x 0,2 x 8	Qtepe x 0,1 x 8

Çalışma sürecinde mevcut trafik akış verisi olmadığından yönergenin son maddesi dikkate alınmıştır. Gündüz ve akşam saatlerinde 10 dakikalık sayımlar yapılmış ve saatlik değerler hesaplanmıştır. Devamında da hesaplanan saatlik değerler, gündüz (07:00-19:00) için 12 ile, akşam (19:00-23:00) için 4 ile çarpılmıştır. Çizelge B'de

hafta içi altı gün, on dakikalık sayım sonuçları ve bu sonuçlara göre hesaplanan gündüz ve akşam değerleri gösterilmektedir. Bu altı günlük değerlerin ortalaması alınarak gündüz ve akşam saatleri için trafik hacmi ve ağır taşıt oranı hesaplanmıştır. Haftasonu sayım yapılmadığından haftaiçi verileri haftasonu da aynı kabul edilmiştir. Sayım yapılamayan gece saatleri için bu güzergahta Aşçıgil'in 2008 yılında hazırlanıp, 2009 yılında yayınlanan tez çalışmasındaki veriler güncel hale getirilerek kullanılmıştır. Çizelge C'de gösterildiği üzere, TÜİK verilerine göre tezin yazıldığı yıl olan 2008'de İstanbul'daki toplam araç sayısı ile 2014 yılındaki araç sayıları kıyaslanmış ve iki yıl arasındaki artış oranı %18 olarak hesaplanmıştır (Url-7). Daha sonra Çizelge D'de gösterilen tez değerleri hesaplanan %18'lik artış oranıyla çarpılarak yaklaşık güncel gece trafik akışı hesaplanmıştır.

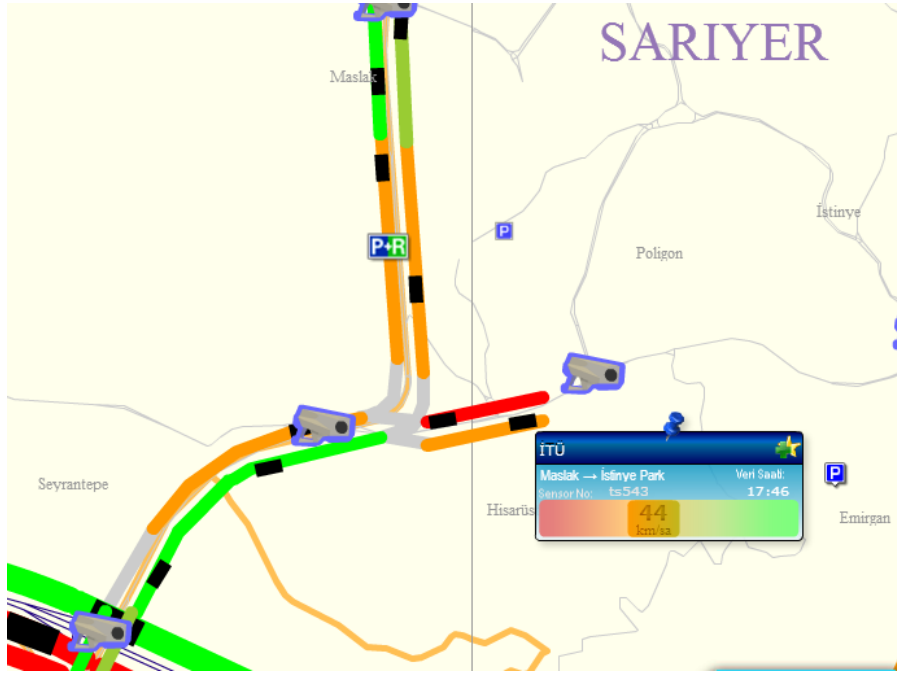
Çizelge 4.3 : Yönerge 4: Ağır araç oranı (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Gündüz, akşam, gece oran	Kullanılabilir	< 0,5 dB	
Saatlik oran	Saatlik oranların gündüz, akşam, gece için ortalamasını almak	< 0,5 dB	orta
Gündüz ve gece oranları	Gündüz ve akşam için gündüz verisini, gece için gece verisini kullanmak	< 0,5 dB	az
	Örneklere ve kabul edilmiş istatistiklere göre dağılım uygulamak	< 0,5 dB	orta
	Kabul edilmiş istatistiklere göre dağılım uygulamak	< 0,5 dB	orta
24 saatlik oran	Tüm yollarda trafik saymak	< 0,5 dB	çok yüksek
	Örnek yollar seçerek saymak ve benzer yollara uygulamak	< 0,5 dB	yüksek
	Kabul edilmiş dağılım oranlarını kullanmak	1 dB	orta
	Haftasonu gündüz, akşam, gece için trafik saymak	< 0,5 dB	çok yüksek
Sadece haftaiçi oranı	Örnek yollar seçerek saymak ve benzer yollara uygulamak	< 0,5 dB	yüksek
	Farklı yol tipleri için kabul edilmiş trafik akış istatistikleri kullanmak	< 0,5 dB	az
	Haftaiçi verisini haftasonu kullanmak	1 dB	az
	Gündüz, akşam, gece trafik saymak	< 0,5 dB	çok yüksek
Oran verisi mevcut değil	Örnek yollar seçerek saymak ve benzer yollara uygulamak	< 0,5 dB	yüksek
	Tipik yol tipleri için kabul edilmiş trafik verisi kullanmak	1 dB	az
	Kabul edilmiş veriler kullanmak	2 dB	az

Çizelge 4.4 : Yönerge 3: Ortalama karayolu trafik hızı (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Gündüz, akşam, gece hızı	Kullanılabilir	< 0,5 dB	
Saatlik hız	Gündüz, akşam, gece dönemleri için ortalamasını almak	< 0,5 dB	az
Gündüz ve gece trafik akışı	Gündüz ve akşam için gündüz verisini, gece için gece verisini kullanmak	< 0,5 dB	az
18 veya 24 saatlik hız	Veriyi gündüz ve akşam için kullanmak, gece hız limitini kullanmak	< 0,5 dB	az
Sadece haftaiçi hız	Haftaiçi verisini haftasonu da kullanmak	< 0,5 dB	az
	Hız verisinin mevcut olmaması durumundaki yöntemleri kullanmak		
	Radar ya da benzer teknolojilerle ölçüm yapmak	< 0,5 dB	çok yüksek
	Belirli uzaklıkta, bir aracın yolculuk zamanını ölçerek hız hesaplamak	< 0,5 dB	yüksek
Hız verisi mevcut değilse	Ortalama araç akışında araç sürerek hızı belirlemek	1 dB	yüksek
	Hız limitini kullanmak	2 dB	orta
	Benzer yollardaki verilerden tahmi yapmak	2 dB	az

Trafik akış hızı için İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Müdürlüğü'nün internet sitesinden bilgi alınmıştır. Site, seçilen güzergahtaki sensörler sayesinde anlık trafik akış hızını ve kampüs alanındaki istasyonu sayesinde meteorolojik verileri sağlamaktadır. Şekil 4.1 ve 4.2 Trafik Müdürlüğü'nün internet sitesinin verileri sunuş şekline örnektir (Url-4). Şekillerde de görülebileceği gibi Büyükdere Caddesi üzerinde ve İstinye Bayırı Caddesi üzerinde sensörler mevcuttur. Büyükdere Caddesi üzerindeki ts264 kodlu sensör ve İstinye Bayırı Caddesi üzerindeki ts543 kodlu sensörlerle trafiğin akış hızı, saatlik olarak belirlenmiş ve ortalama değerler hesaplanmıştır. Gece trafik akış hızını belirlemek için sözü edilen örnek tezde kullanılan gece trafik akış hızı verilerinden yararlanılmıştır.



Şekil 4.1 : İBB Trafik Müdürlüğü trafik yoğunluk haritası örneği-trafik hızı



Şekil 4.2 : İBB Trafik Müdürlüğü trafik yoğunluk haritası örneği-meteorolojik veriler (Url-4)

4.1 SoundPLAN uygulaması

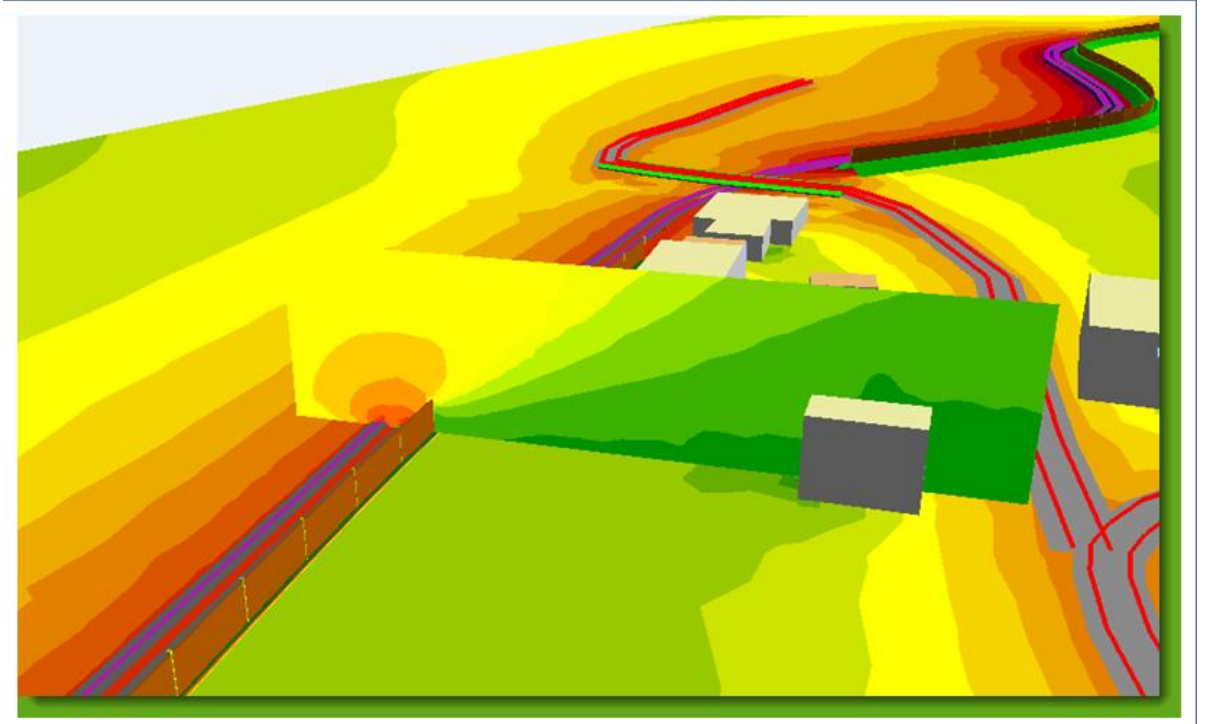
4.1.1 SoundPLAN

SoundPLAN gürültü modelleme ve hava kirliliği için simülasyon yazılımı sunmaktadır. Gürültü standartlarına dayalı bir yaklaşım takip eder. Bu yazılım ile geçerli yönetmeliklere uygun olarak çalışılabilir, karayolu gürültüsü, demiryolu gürültüsü, binaların içindeki gürültü, genel endüstriyel gürültü ve uçak gürültüsünün modellenmesi amacıyla elliden fazla yönetmeliğe uygulanmıştır. SoundPLAN bir planlama aracı olarak, gürültü probleminin nerede olduğuna odaklanıp sorunun çözümüne kısıyoldan ulaşımı sağlar.

SoundPLAN, bir gürültü planlama aracıdır ve hem sonsuz derinlikteki tek bir alıcıyı analiz edebilme hem de hesap yaparak gürültü haritaları sunma kapasitesine sahiptir. Program üç tip gürültü haritası modelleyebilmektedir, bunlar; ızgaralı (grid), cephe (facade) ve ağ/file (meshed) gürültü haritaları.

Izgaralı gürültü haritaları, iki şekilde elde edilebilir. Izgarayı oluşturan alıcılar yatay formatta araziye takip ediyor olabileceği gibi yüzeye dik bir kesit oluşturacak şekilde (cross-sectional) de olabilir. Alıcıların konumları ve yerden yükseklikleri kullanıcının isteğine bağlıdır. SoundPLAN ile ızgaralı gürültü haritalarının sınırları yoktur, sonsuz sayıda ızgara oluşturulabilir fakat çok büyük alanlar için bölmeler oluşturmak daha akıllıca olacaktır. Izgaralı gürültü haritaları gürültü kontürlerini çizgiler halinde, gürültü seviyelerini göstererek ya da eşdeğer gürültüye sahip alanları uygun renklerle renklendirerek sunabilir. Kesitsel gürültü haritaları, yerden başlayıp kullanıcının belirlediği yüksekliğe ulaşan gürültü haritalarıdır. Şekil 4.3'te ızgaralı gürültü ve kesitsel gürültü haritasının birlikte gösterildiği bir örnekler verilmiştir. Konuyla ilgili tüm görseller SoundPLAN programının orijinal internet sayfasından alınmıştır (Url-5).

Tez çalışmasında SoundPLAN programının ızgaralı gürültü haritalama yöntemi kullanılmıştır. Izgara aralıkları 100 m ve ızgaranın yerden yüksekliği 1,5 m seçilmiştir. Sonuçta hesaplanan eşdeğer gürültü aralıkları AB standartlarına göre renklendirilmiştir.



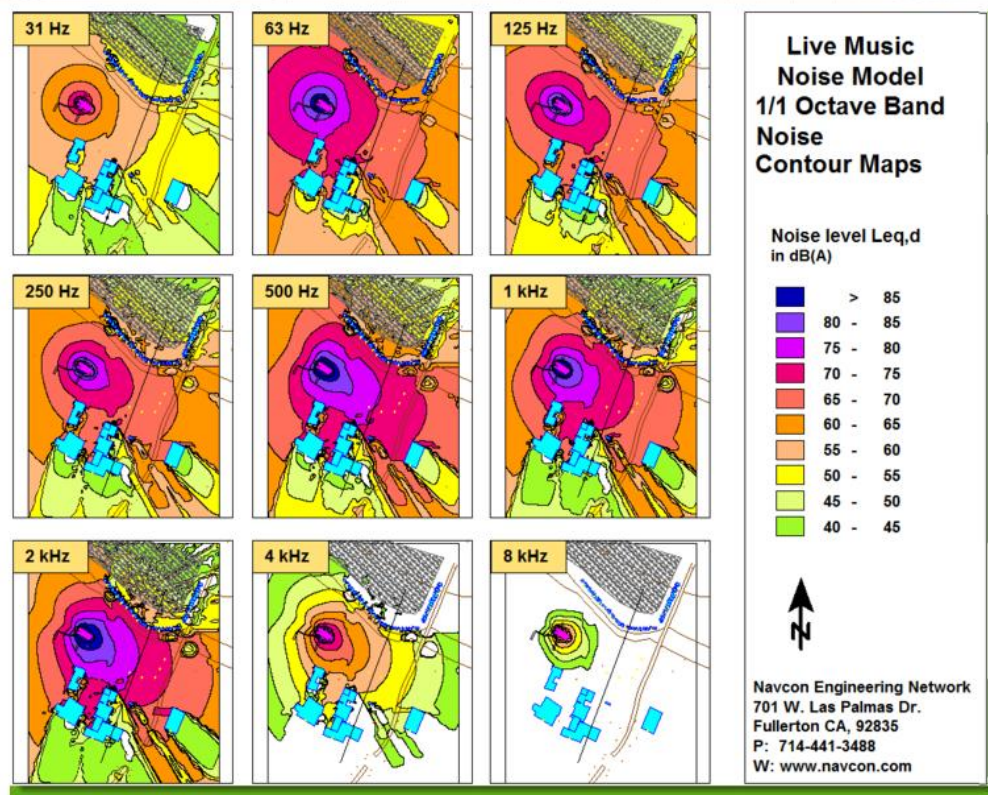
Şekil 4.3 : Izgaralı ve kesitsel gürültü haritasının birlikte gösterimi örneği (Url-5)

Cephe gürültü haritaları, alıcıları binaların yüzeylerine yerleştirir ve hesaplar. Cephe alıcıları her bir katta yerleştirilebileceği gibi, yüzey başına belirli bir alıcı sayısı belirlenebilir ya da alıcılar arasında belirli bir mesafe konabilir. Binaya yerleştirilen alıcılar bina tipini, gürültü kontrol durumunu ve katbaşına yaşayan kişi sayısını bilir. Cephe gürültü haritaları sayesinde binanın tüm yüzeyinde maksimum gürültü seviyesi belirlenebilir, izin verilir limitleri aşan bölgeler işaretlenebilir ve herbir alıcı limitlerin üzerinde veya altında gürültü seviyelerini farklı sembollerle gösterebilir. Şekil 4.4'te cephe gürültü haritalarına bir örnek gösterilmektedir.

Ağ/File gürültü haritaları izgaralı gürültü haritalarına benzer şekildedir. Farklı olarak alıcılar belirli ızgara aralıkları üzerinde değil bir ağ üzerinde yer alırlar. Ağ gürültü haritalarının başlıca iki uygulaması vardır. Birincisi şehirlerde çok dar sokaklardaki gürültüyü hesaplamak içindir. Böylece daha hassas gürültü kontürleri elde edilebilir. Ağ gürültü haritaları gerekli yerlerde daha çok/yoğun alıcı konumlandırarak daha hassas sonuçlar elde etmeyi sağlar. Ağ gürültü haritalarının tercih edilmesinin diğer güçlü sebebi ise sadece gündüz-akşam-gece gürültü seviyelerinden daha çok bilgi girme kapasitesidir. Ağ gürültü haritası yöntemi, özellikle endüstriyel bölgelerde olmak üzere, gerektiğinde frekans bazında gürültü haritası çıkarılabilmesine olanak sağlar. Şekil 4.5'te frekans bazında ağ gürültü haritalarına bir örnek gösterilmektedir.

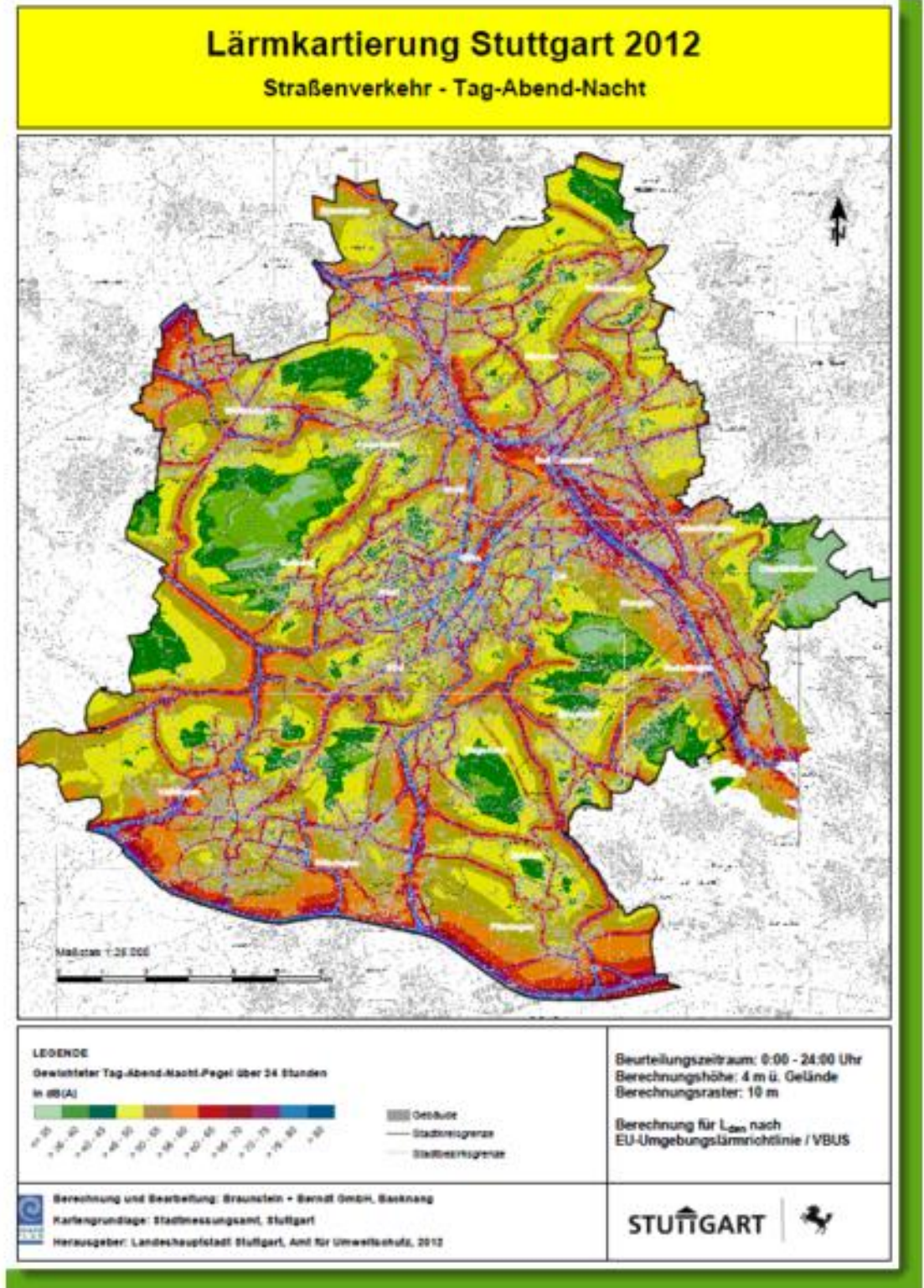


Şekil 4.4 : Cephe gürültü haritası örneği



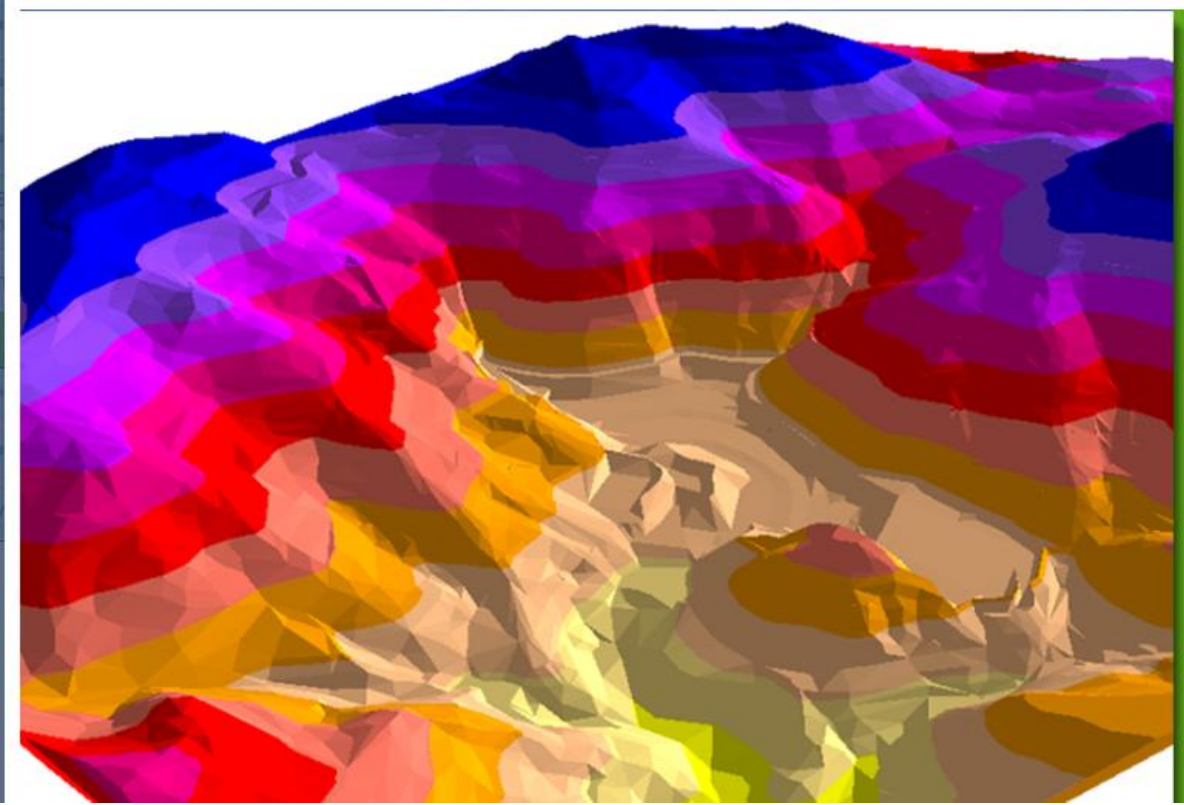
Şekil 4.5 : Frekans bazında ağ gürültü haritası örneği

Aşağıdaki görseller programın diğer özelliklerini özetlemektedir.

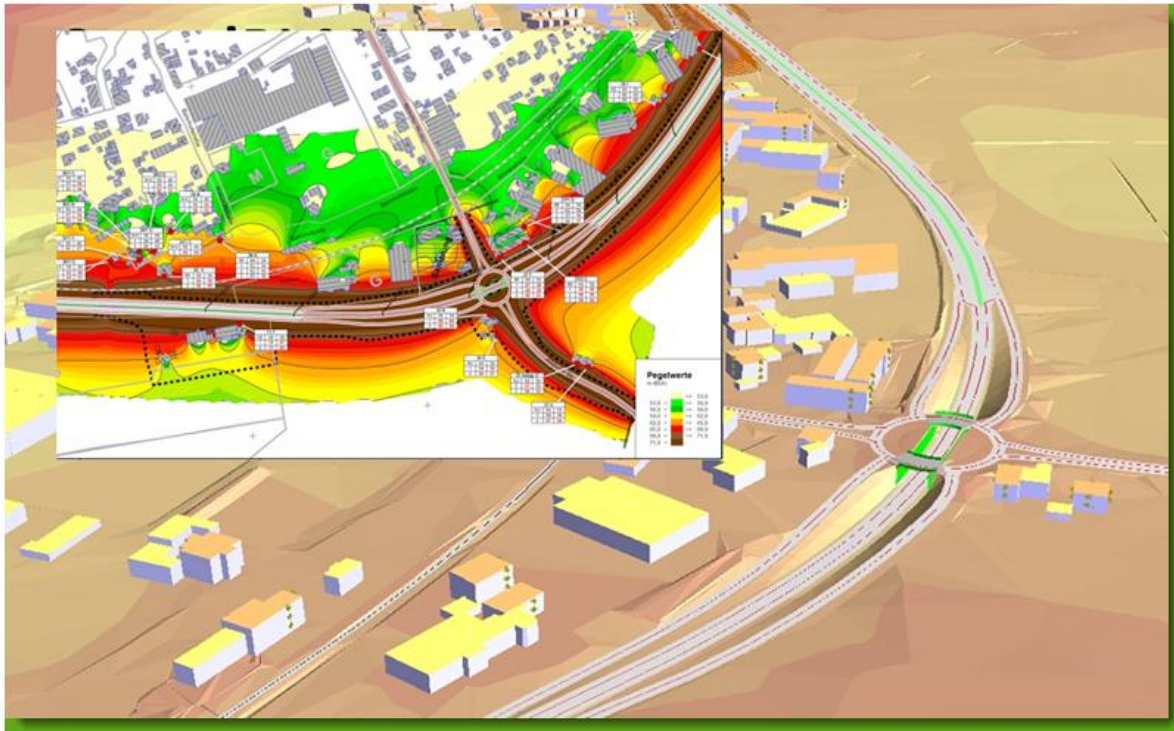


Şekil 4.6 : Stuttgart şehri için ızgaralı gürültü haritası

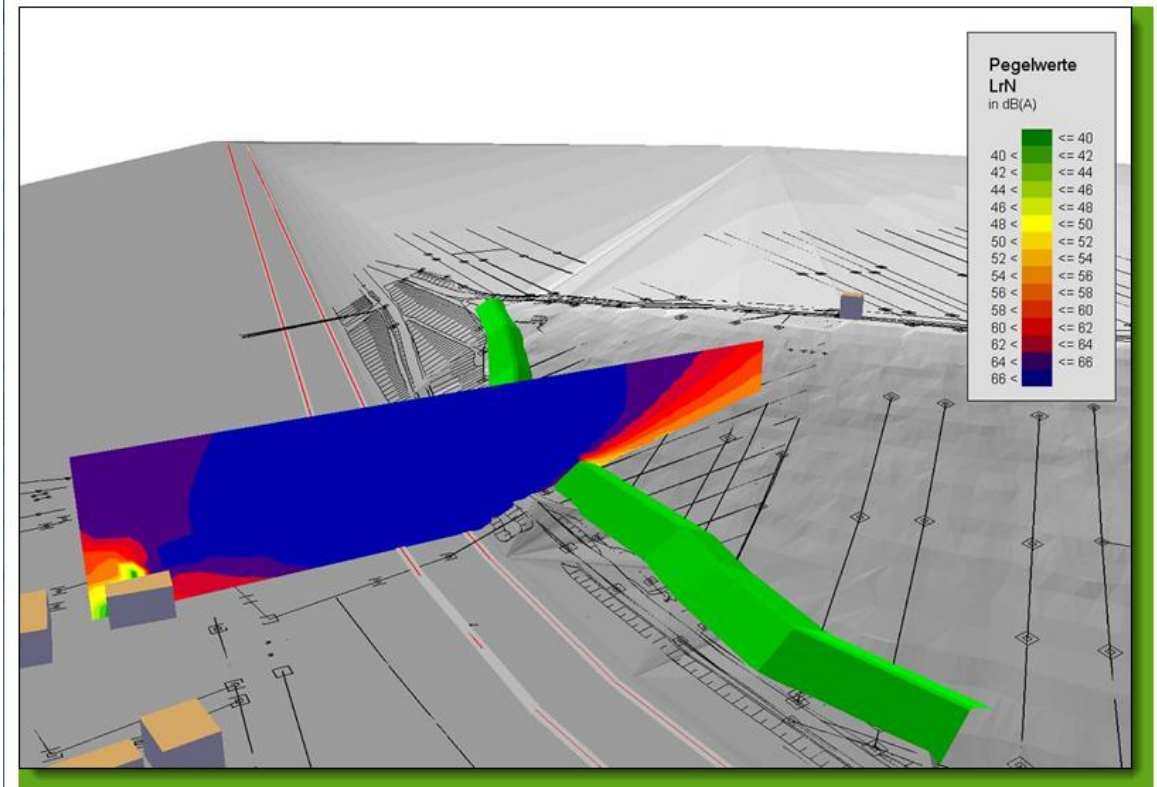
Harita, ızgara aralıkları 10 m ve ızgara yerden yüksekliği 4 m alınarak hazırlanmıştır. Tüm şehri kapsamaktadır.



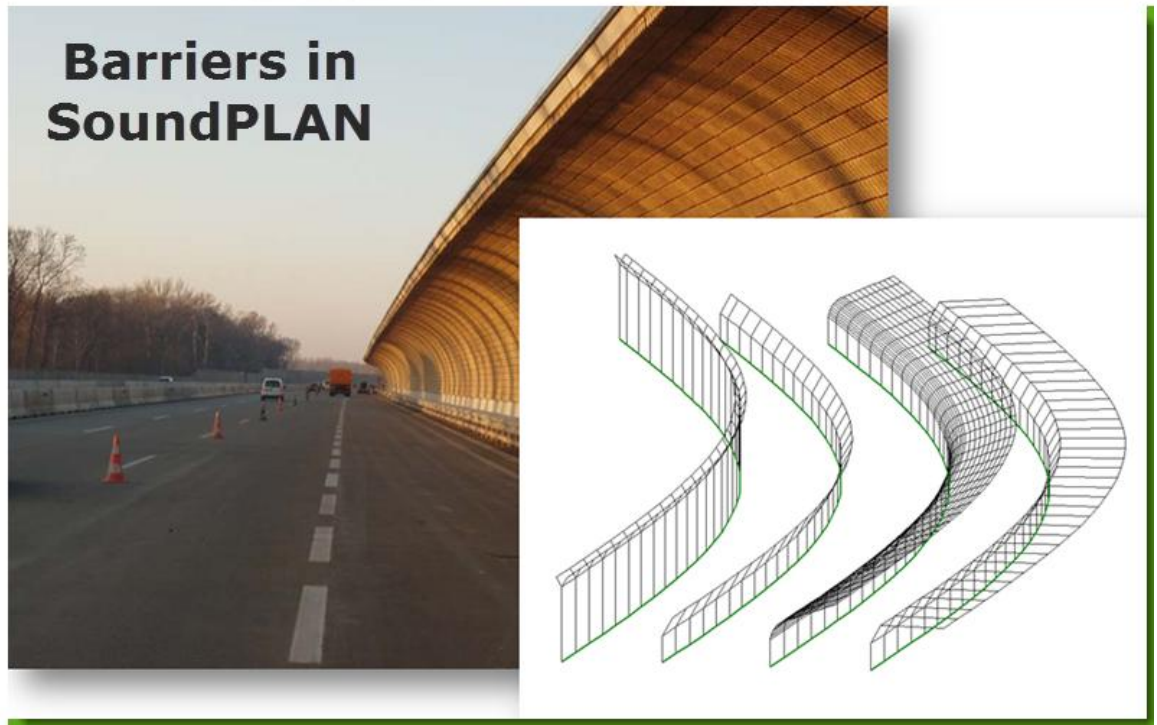
Şekil 4.7 : Izgaralı gürültü haritası, arazinin üç boyutlu gösterimi örneği



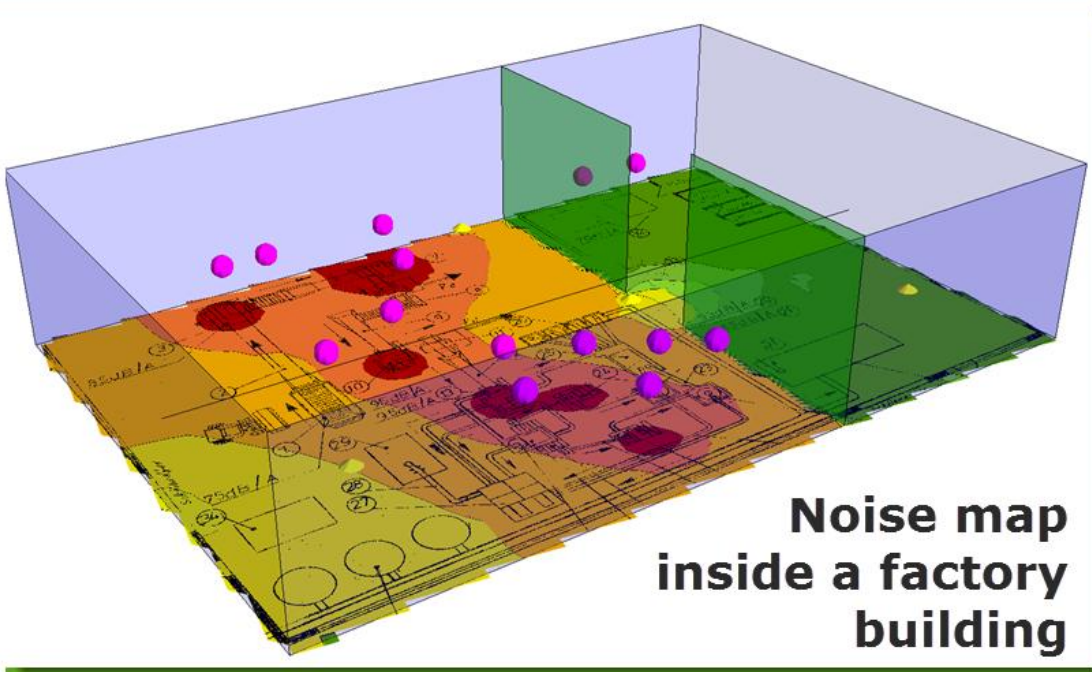
Şekil 4.8 : Izgaralı gürültü haritası, binaların üç boyutlu gösterimi örneği



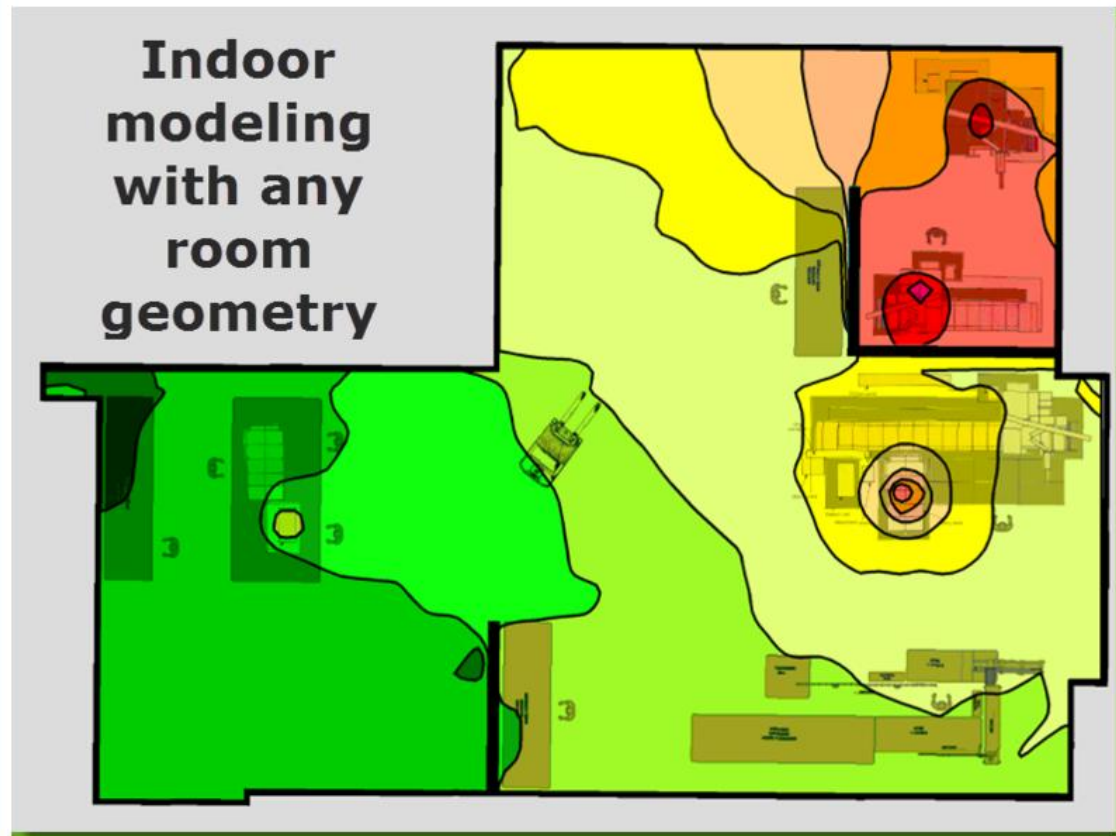
Şekil 4.9 : Gürültü bariyerinin etkisini gösteren kesitsel gürültü haritası örneği



Şekil 4.10 : Gürültü bariyerleri tasarlama örneği



Şekil 4.11 : Fabrika binası içinde gürültü haritası örneği



Şekil 4.12 : İçmekan gürültü haritası örneği

4.1.2 İTÜ Maslak Kampüsü gürültü haritaları

İTÜ Maslak Kampüsü için yapılan çalışmada, gürültü haritalarının oluşturulması aşamasında SoundPLAN programından yararlanılmıştır. Özellikleri Bölüm 5.1.1’de anlatılan ızgaralı gürültü haritası oluşturulmuştur.

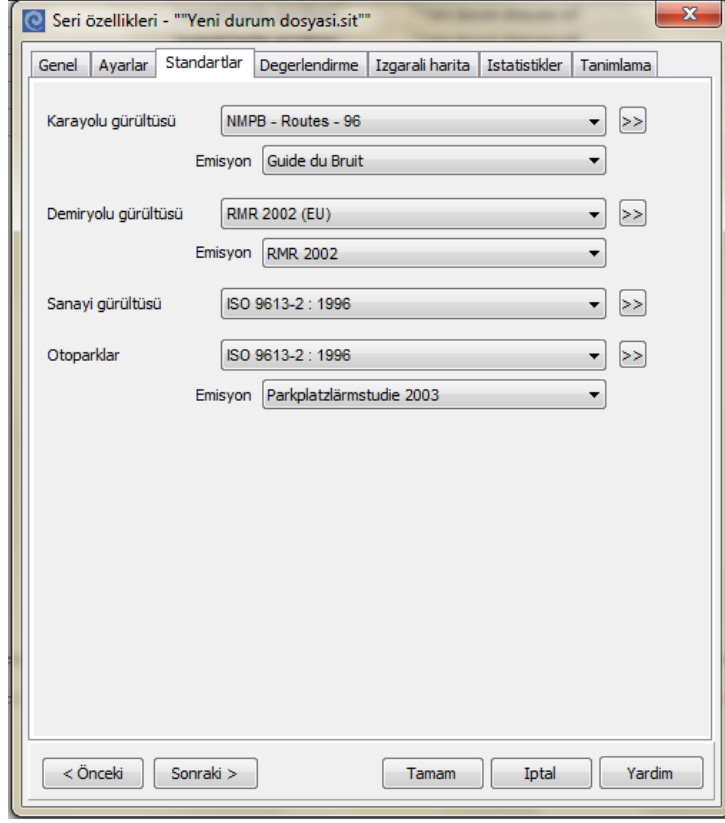
Haritaların oluşturulma aşaması şu şekilde özetlenebilir:

Şekil 4.13’te programın ana menüsü gösterilmektedir. Öncelikle ana menüdeki Standartlar bölümüne tıklanarak projenin uygun olması gereken standartlar belirlenir.



Şekil 4.13 : SoundPLAN programının ana menüsü

Bu tez çalışmasında seçilen standartlar Şekil 4.14’te gösterilmektedir. ÇGDYY karayolu trafiği gürültüsü hesaplanacaksa Fransız ulusal hesaplama yöntemi olan NMPB-Routes-96 ve Fransız standardı olan PS 31-133’ün kullanılması gerektiğini bildirmiştir. Bu sebeple SoundPLAN uygulamasında da Şekil 4.14’te görüldüğü üzere standart olarak NMPB-Routes-96 seçilmiştir. Program standardın tüm gerekliliklerine hakimdir ve hesaplamalarını otomatik olarak buna uygun şekilde yapmaktadır.



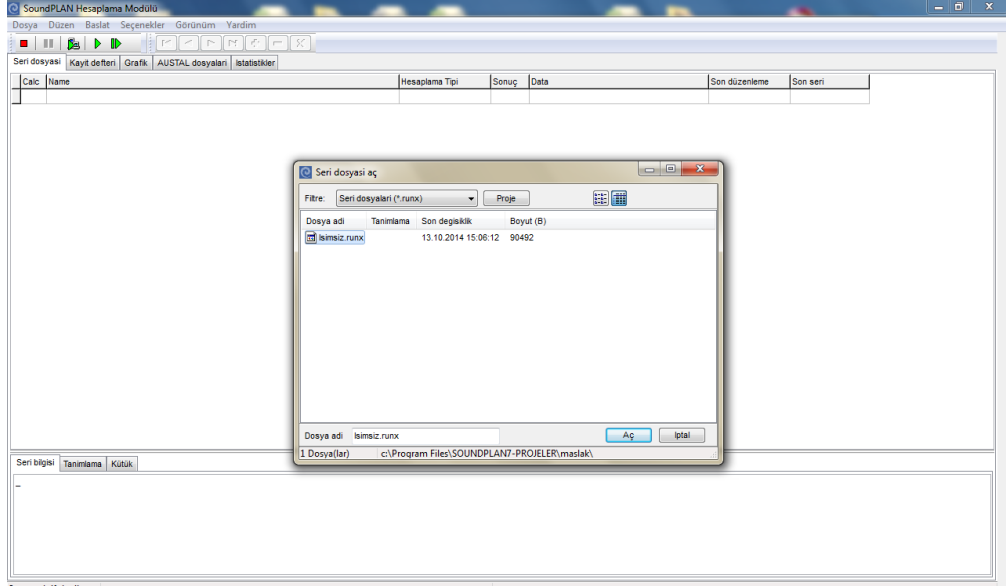
Şekil 4.14 : SoundPLAN programında standart seçimi

Standart seçimi yapıldıktan sonra projede çalışma başlar. Öncelikle ana menüde gözüken *Cog-veri* seçeneği tıklanır. Burada AutoCAD ya da benzer bir programda hazırlanmış, arazi, bina ve yol bilgilerini içeren bir DXF dosyası çağırılır. Bu dosya katmanlar halinde her bir unsuru ayrı ayrı göstermelidir. Örneğin, binalar ayrı bir katmanda, yollar ayrı bir katmanda gösterildiği takdirde yalnızca yolların bulunduğu katman çağırılarak düzenleme ya da değişiklik yapmak daha kolay olacaktır.

Çalışmada karayolu gürültüsü kaynak olacağı için, eklenen DXF dosyalarında yolların bulunduğu katman açılarak, *Cog-veri* seçeneğinin komutları arasında yer alan kaynak özelliklerini belirleme komutu aracılığıyla gürültüsü belirlenmek istenen tüm yollar işaretlenmiş ve emisyon bilgileri hesaplatılmıştır. Burada kaynak olarak ele alınacak tüm yolların trafik verileri (saatlik trafik akışından hesaplanan, gündüz-akşam-gece araç sayıları, araçların gündüz-akşam-gece için ortalama hızları) ve yolun özelliği (genişliği, anayol ya da ara yol şeklinde sınıflandırılan karakteri, yüzey özelliği) veri olarak programa işlenmiştir. Seçilen yol karakterine göre (küçük anayol), ağır taşıt/hafif taşıt oranı en başta seçilen standartlara göre otomatik olarak

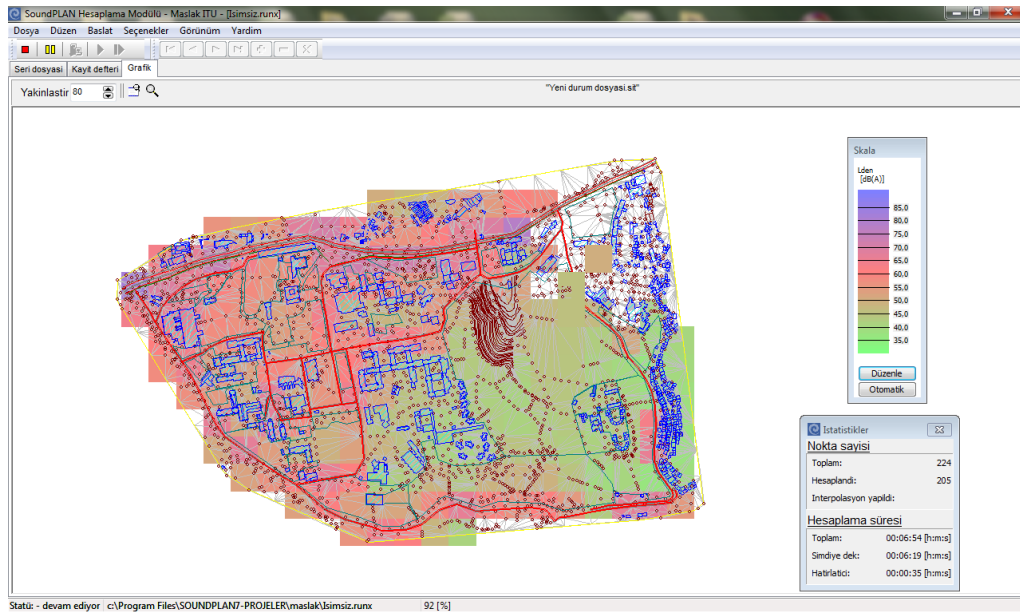
hesaplanmıştır. Yol verileri düzenlendikten sonra okul duvarları (2 m kabul edildi) çizime eklenmiştir.

Cog-veri seçeneğinde DXF dosyasında gerekli düzenlemeler/eklemeler yapıldıktan sonra girilen emisyon değerlerini kullanan hesaplama aşamasına geçilir. Ana menüde gösterilen *Hesaplama* seçeneği tıklanır ve Şekil 4.15'te gösterilen hesap arayüzü gelir. Buradan düzenlemesi yapılan Cog-veri dosyası çağırılır ve istenilen ızgara aralığı ve ızgaranın yerden yüksekliği belirlendikten sonra hesaplama başlatılır.



Şekil 4.15 : SoundPLAN hesaplama seçeneği

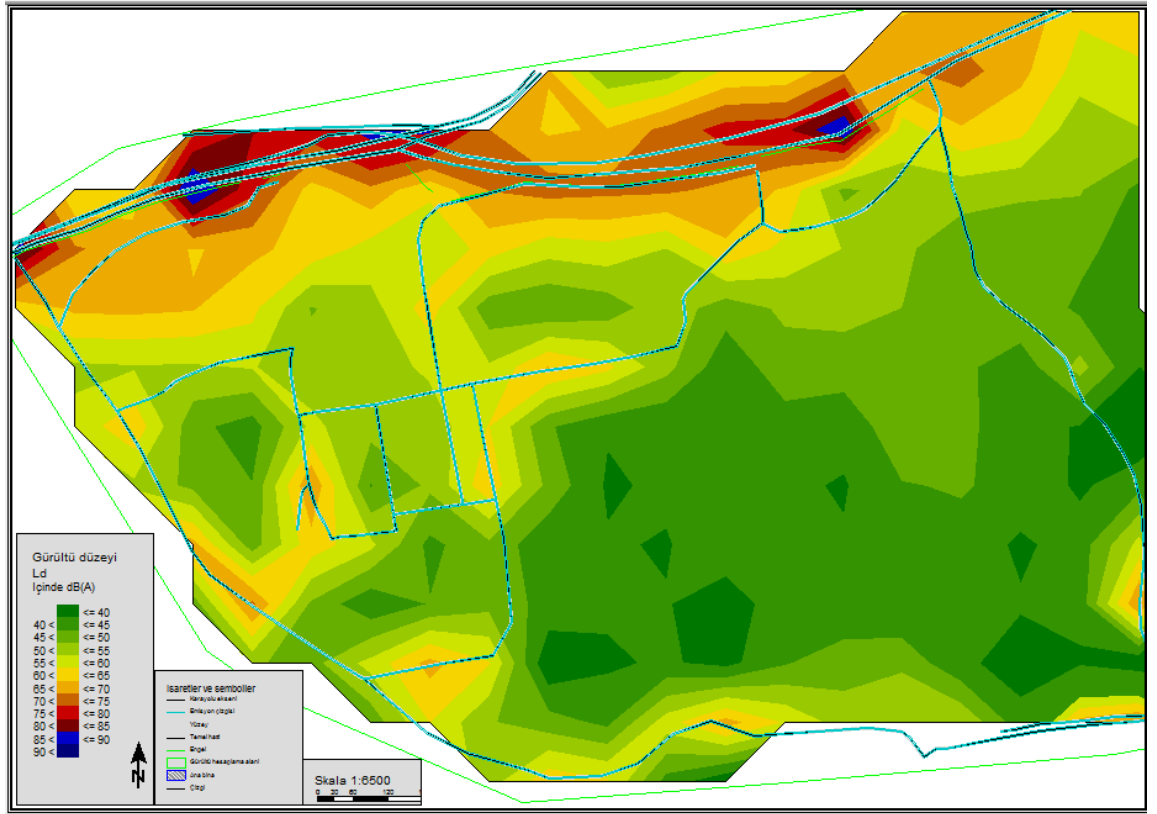
Hesaplama aşamasında oluşan gürültü haritasını izlemek mümkündür. Şekil 4.16'da hesap anında kademe kademe oluşan ızgaralı gürültü haritası gösterilmektedir.



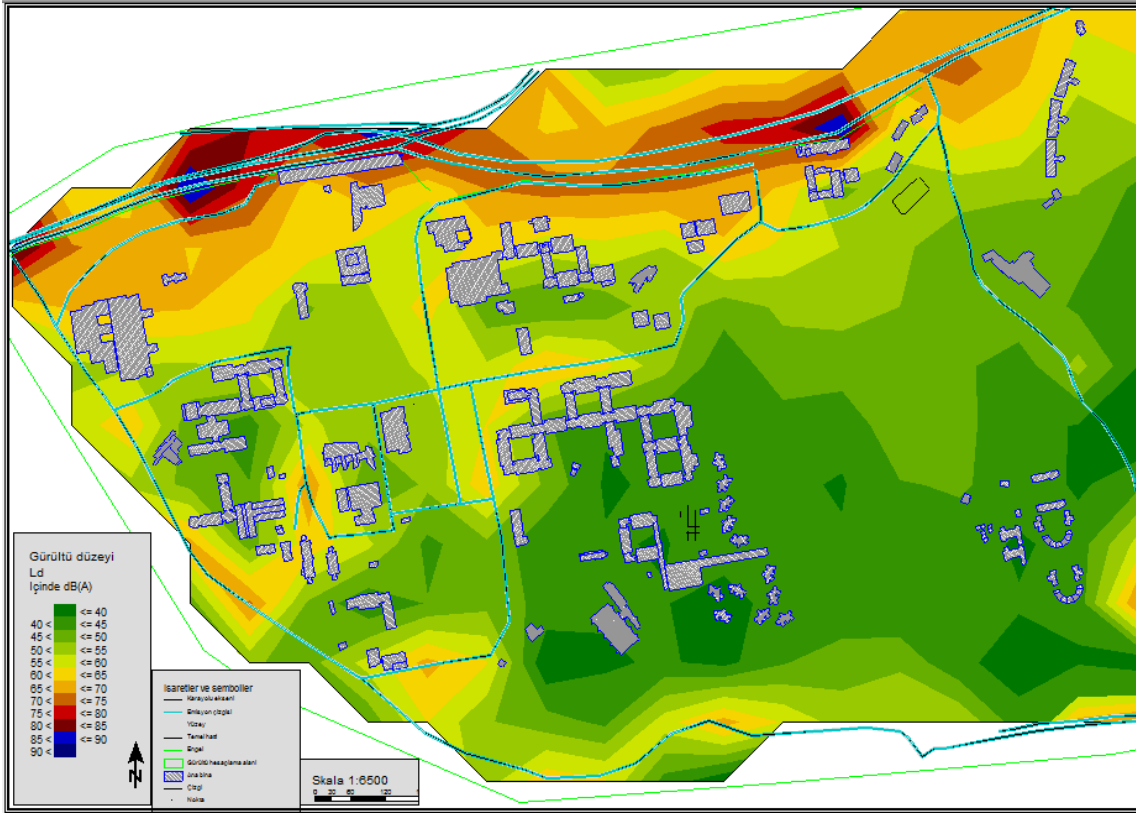
Şekil 4.16 : Hesaplama anında oluşan gürültü haritası

Çizelge 4.5 : Büyükdere ve İstinye Bayırı Caddelerinde ortalama taşıt sayıları

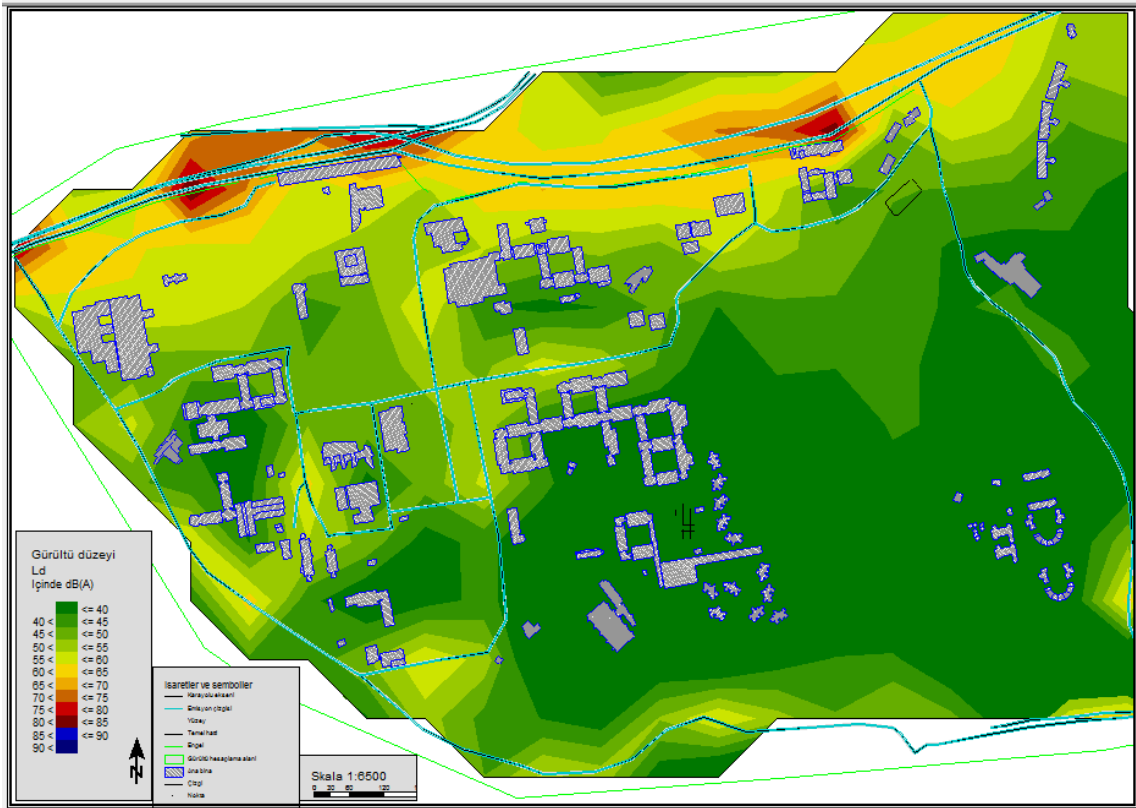
	Büyükdere Caddesi		İstinye Bayırı Caddesi	
	Ağır taşıt sayısı	Hafif taşıt sayısı	Ağır taşıt sayısı	Hafif taşıt sayısı
Gündüz	19728	115572	10449	59211
Akşam	4460	40936	2230	20070
Gece*	76	2144	63	1497
Toplam	24264	158652	12742	80778
Ortalama		182916		93520



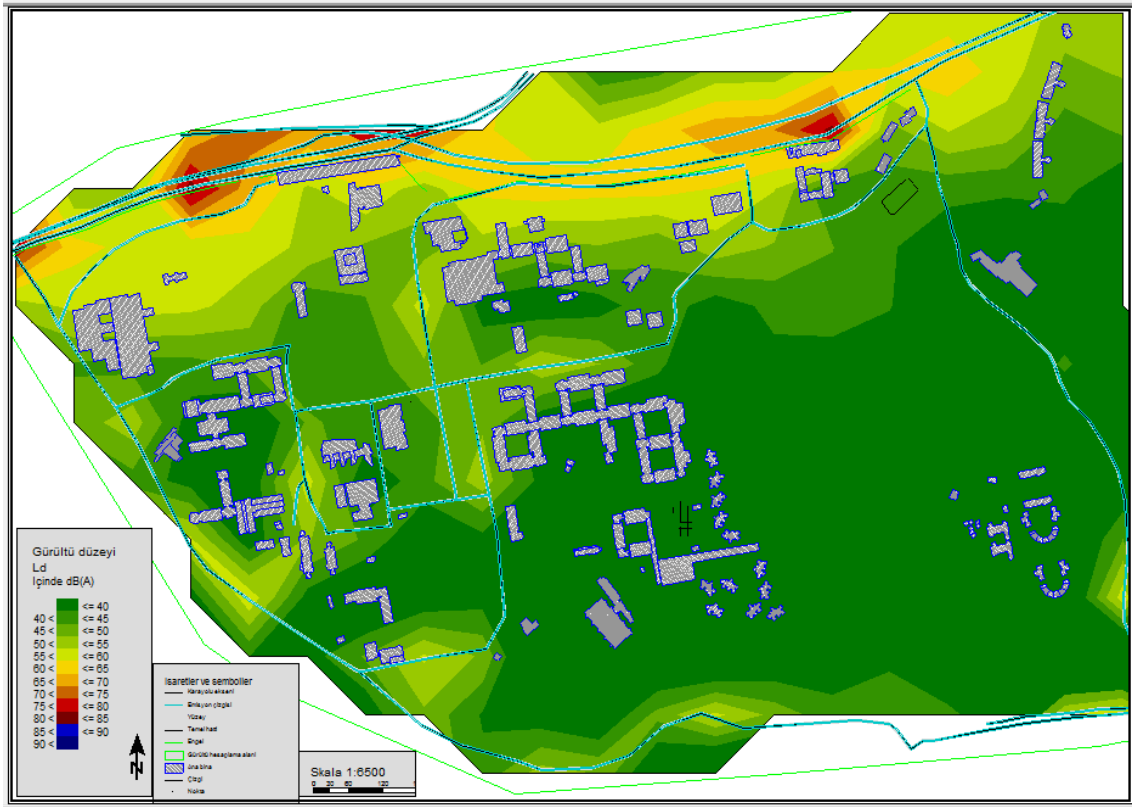
Şekil 4.18 : İTÜ Maslak Kampüsü, gürültü haritası- Yalnız arazi, Lgündüz değerleri



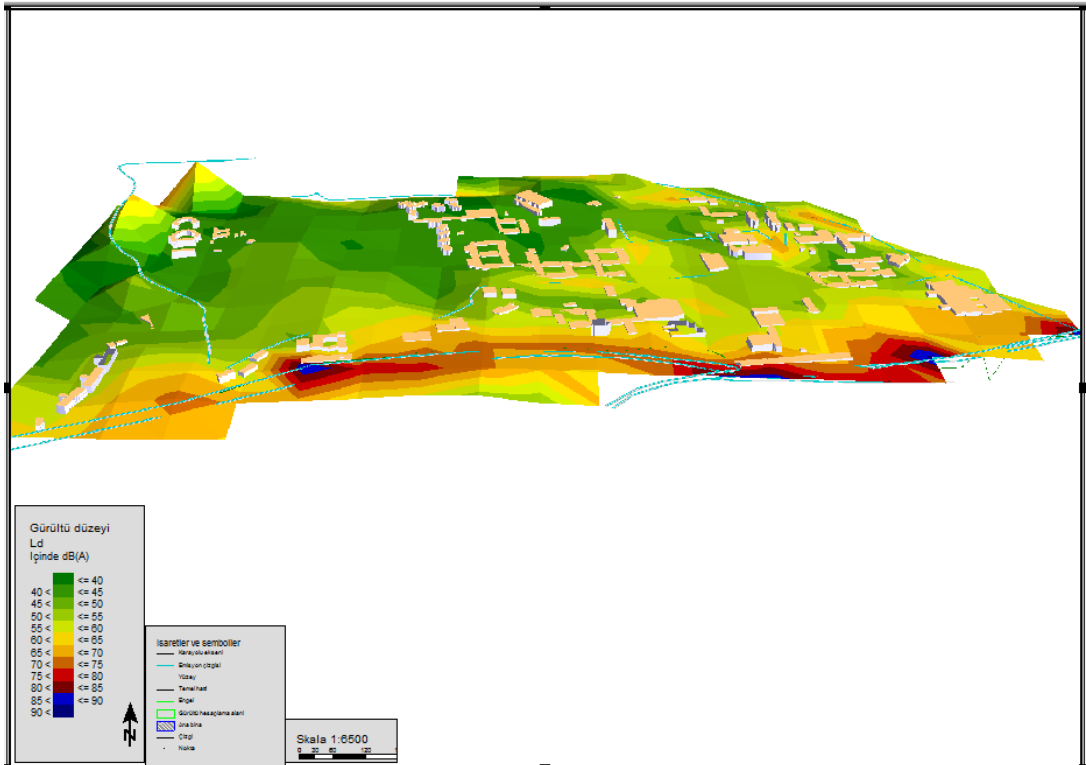
Şekil 4.19 : İTÜ Maslak Kampüsü, gürültü haritası- L_{gündüz} değerleri



Şekil 4.20 : İTÜ Maslak Kampüsü, gürültü haritası- L_{akşam} değerleri



Şekil 4.21 : İTÜ Maslak Kampüsü, gürültü haritası- L_{gece} değerleri

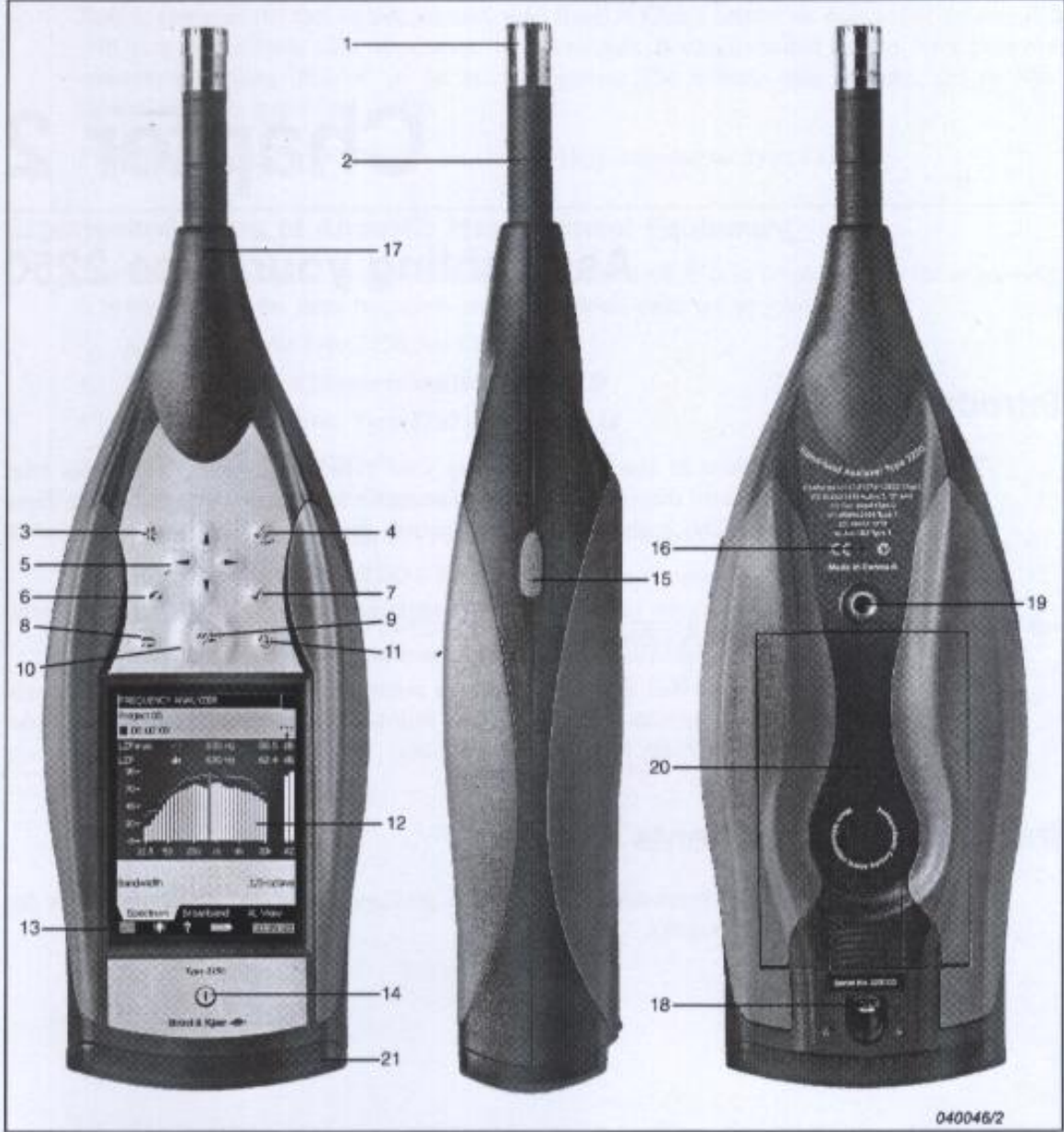


Şekil 4.22 : İTÜ Maslak Kampüsü, gürültü haritası- Üç boyutlu , $L_{gündüz}$ değerleri

4.2 Ölçümler

4.2.1 Ölçüm cihazı

Çalışmada kullanılan cihaz, *Brüel&Kjaer* marka *Tip 2250* el tipi analizör, laboratuvar ve alanda doğru ve duyarlı ölçümler yapma kapasitesine sahip, Tip 1 ses düzeyi ölçerdir. Şekil 4.23'te gösterilmektedir. Cihazla ilgili teknik bilgiler ve görseller kullanma kılavuzundan alınmıştır (*Brüel&Kjaer*, User Manual).



Şekil 4.23 : Brüel&Kjaer-Tip 2250, el tipi ses düzeyi ölçer

Şekil 4.23 'te numaralandırılmış kısım ve tuşların işlevleri;

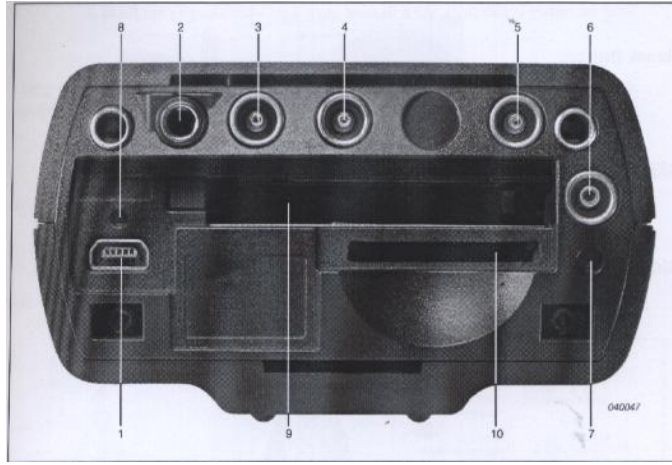
- 1- Ölçüm mikrofonu (measurement microphone): Brüel&Kjaer marka, 1/2 inç, polarize açık alan mikrofonudur. Dayanıklı ve geniş frekans aralığına sahip güvenilir bir mikrofondur.
- 2- Önyükseltici (preamplifier): Mikrofonun yüksek empedanslı çıktılarını düşük empedansa çevirmek için kullanılır. Uzak mesafelerde kablo bağlantısıyla kullanılabilir.
- 3- Manuel olay tuşu (manual event pushbutton): Ölçüm süresince olayları açıklamak amacıyla kullanılır. Gerekli yazılımların mevcudiyeti durumunda ses kayıtları kontrol edilebilir ve ses kayıtlarına olay işareti eklenebilir.
- 4- Yorum tuşu (commentary pushbutton): Ölçüm dosyalarına sesli kayıtlar eklemeyi sağlar.
- 5- Yönlendirme tuşu (navigation pushbutton): Aktif ekran içeriğini hareket ettirmeyi ve kullanıcı arayüzünü yönlendirmeyi sağlar.
- 6- Geri-Silme tuşu (back-erase pushbutton): Ölçümün son 5 saniyesini silmeyi ya da harici bir işaret eklemeyi sağlar.
- 7- Onay tuşu (accept pushbutton): Cihazın kurulumunda yapılan herhangi bir değişikliği onaylamayı sağlar.
- 8- Ölçüm sıfırlama tuşu (reset measurement pushbutton): Son ölçümü ekrandan silmeyi sağlar.
- 9- Başlat-Durdur tuşu (start-pause pushbutton): Ölçümü başlatmayı, durdurmayı ve devam ettirmeyi sağlar.
- 10- Durum göstergesi (status indicator): Kırmızı, sarı ve yeşil renkler vererek ölçümün durmakta, beklemekte yada devam etmekte olduğunu gösterir.
- 11- Kayıt tuşu (save pushbutton): Ölçüm sonuçlarını kaydetmeyi sağlar.
- 12- Görüntü ekranı (display screen): Yüksek kontrastlı, renkli, dokunmatik ekran.
- 13- Ana menü simgesi (main menu icon): Cihazın tüm ana fonksiyonlarına ulaşmayı sağlayan ana menüyü çağırır.
- 14- Açma/kapama tuşu (power-on pushbutton): Cihazı çalıştırmayı, beklemeye almayı veya kapatmayı sağlar.
- 15- Dokunmatik ekran kalemi (stylus): Ekran dokunarak komut vermeyi sağlar.
- 16- İkincil mikrofon (secondary microphone): Ölçüme sesli kayıt eklemeyi sağlar, cihazın alt yüzünde yer alır.

17- Tepe soketi (top socket): Ana mikrofonun giriş soketidir. Mikrofon ve ön yükseltici bu soket ile doğrudan bağlantılıdır.

18 ve 19 - Tripod bağlantı yeri (tripod mounting thread): Cihazın tripoda ve/veya uzantısına bağlanmasını, sabitlenmesini sağlar.

20- İç batarya haznesi (internal battery pack): Tekrar şarj edilebilir, yüksek kapasiteli pil haznesi.

21- Açılır kapanır apak (hinged cover): Altındaki bağlantı panelini koruyan plastik kapak.



Şekil 4.24 : Brüel&Kjaer-Tip 2250, el tipi ses düzeyi ölçer, bağlantı paneli

Şekil 4.24’te numaralandırılmış giriş/çıkışların özellikleri:

1- USB girişi (USB interface): Cihazın bilgisayarla hızlı bir bağlantı kurarak ölçümleri senkronize etmeyi sağlar. Ayrıca USB bağlantısıyla cihaz ve bir yazıcı bağlanabilir, ekran görüntüleri yazdırılabilir.

2- Kulaklık girişi (earphone): 3,5 mm’lik kulaklık girişi ile cihaza bağlanabilen kulaklıkla ölçülen ses izlenebilir ya da sesli notlar dinlenebilir.

3- Çıkış (output): İzleme amacıyla uygun duruma getirilmiş sinyallerin çıktısının alınmasını sağlar.

4- Başlatıcı girişi (trigger input): Harici giriş için ya da cihaza gelen sinyalleri başlatmak/durdurmak amacıyla kullanılır.

5- Giriş (input): Transformatörden ya da ses kayıtlarından gelen elektrik sinyallerinin analizinde kullanılır.

6- Harici güç (external power): Tekrar şarj edilebilir pil azaldığı ya da bittiği zaman cihaz harici güç girişinden şarj kablosuyla prize bağlanarak pil şarj edilir.

7- Pil şarj göstergesi (battery charge indicator): Cihaz prize bağlı şarj olurken sabit yeşil ışık yanar ve tamamlandığında yeşil ışık yanıp söner.

8- Sıfırlama tuşu (reset button): Cihazda bir sorun olduğunda yada çalışmadığında cihazın sıfırlanmasını sağlar.

9 ve 10- Hafıza kartı girişi

Ses düzeyi ölçerler genel hatlarıyla mikrofon, önyükseltici, ana işletimci ve sinyal okuyucu birimden oluşur. Mikrofon gelen ses sinyallerini eşdeğer elektrik sinyallerine dönüştürür. Mikrofonun ürettiği bu elektrik sinyalleri çok düşük seviyededir bu nedenle bir önyükseltici ile daha güçlü hale getirilir ve ana işletimciye gönderilir. Burada sinyallerin frekans veya zaman ağırlıkları istenilen standartta analiz edilir ve sinyal okuyucu birime gönderilir. Sonuç olarak ses düzeyi ölçerin ekranında seçilen standartta ses düzeyleri okunur. Şekil 4.25'te ölçüm cihazının ekranında, zaman ağırlıklı ve A ağırlıklı ölçüm sonuçlarının gösterimine bir örnektir. LA eq; A ağırlıklı eşdeğer ses düzeyini, LCpeak; C ağırlıklı tepe değeri, LAF90.0; ölçüm süresinin %90'ında aşılın A ağırlıklı, anlık (hızlı) ses düzeyini ve LAFmax; A ağırlıklı, anlık en yüksek ses düzeyini ifade etmektedir.

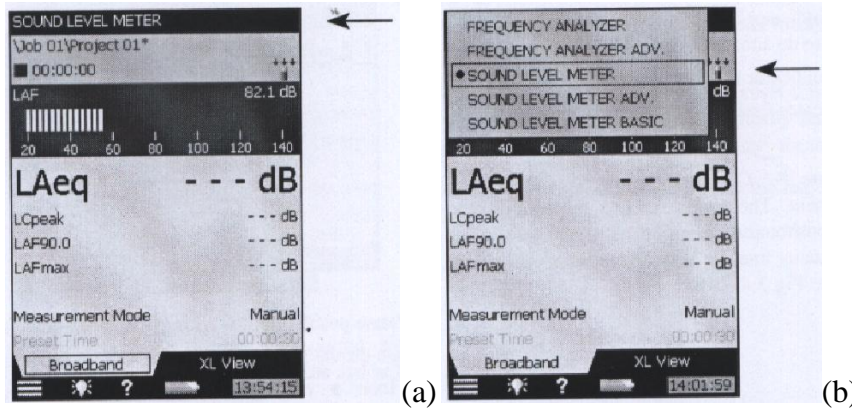


Şekil 4.25 : Brüel&Kjaer-Tip 2250 ses düzeyi ölçerin ölçüm süresince ana ekran görüntüsü

4.2.2 Ses düzeyi ölçümü

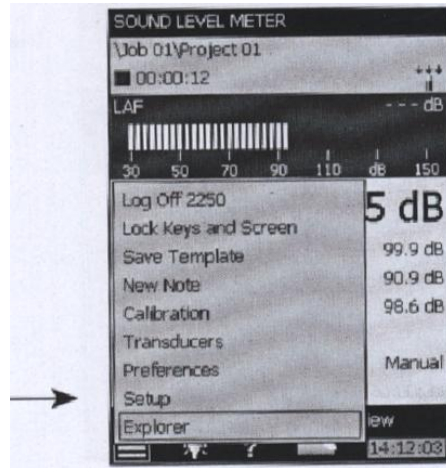
İlk adımda cihazın kalibre olduğundan emin olmak gerekmektedir. TS-ISO 1996-2, kalibratörlerin yılda bir kez, ölçüm cihazlarının ise iki yılda bir kez kalibrasyon sertifikalarının yenilenmesi gerektiğini belirtir. Bu çalışmada cihaz Yıldız Teknik Üniversitesi'nin özel ve akredite bir kuruma kalibre ettirdiği kalibratör ile kalibre edilmiştir. Cihazın kalibrasyonundan sonra aşağıdaki adımlar izlenerek ölçüm yapılır.

- Öncelikle ana ekrandan Şekil 4.26'da gösterildiği üzere ses seviyesi ölçer yada frekans analizörü seçilerek proje modeli belirlenir. Çalışmada *ses düzeyi ölçer* (Sound Level Meter) modeli seçilmiştir.



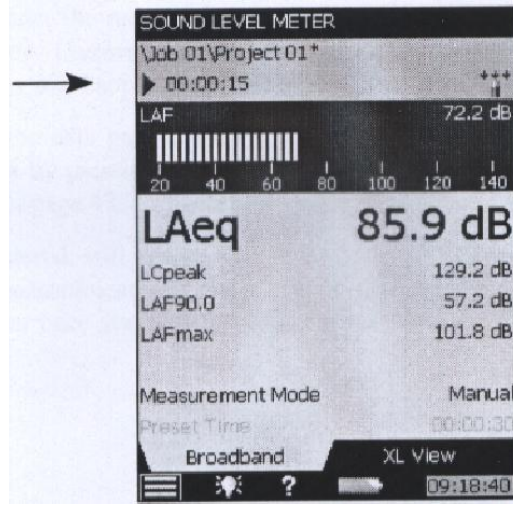
Şekil 4.26 : Brüel&Kjaer-Tip 2250 ses düzeyi ölçerde proje modelinin belirlenmesi

- Proje modeli belirlendikten sonra ana menüden ölçümün parametreleri düzenlenir. Şekil 4.27'de gösterildiği üzere *Setup* sekmesinden frekans ağırlığı seçilir. Çalışmada SoundPLAN sonuçlarıyla kıyaslama yapabilmek için, A ağırlıklı ölçüm yapılmış ve LA eq değerleri belirlenmiştir.



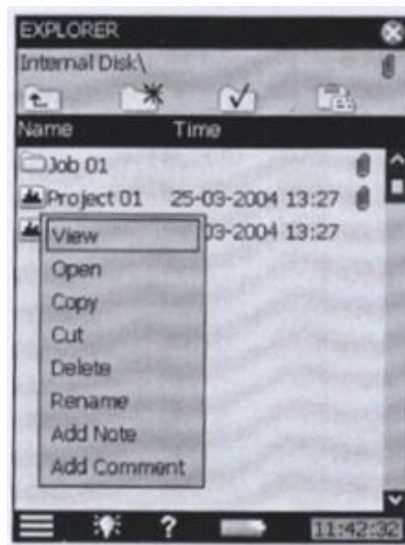
Şekil 4.27 : Brüel&Kjaer-Tip 2250 ses düzeyi ölçerin ana menü seçenekleri

- Cihaz üzerindeki başlat tuşuna basılarak ölçüm başlatılır. Ölçüm süresi Şekil 4.28’de gösterildiği üzere ekranın sol üst köşesinde proje isminin altında yer almaktadır. Gerekli ölçüm süresi tamamlandığında ölçüm durdurulur.



Şekil 4.28 : Brüel&Kjaer-Tip 2250 ses düzeyi ölçerin ana ekranında ölçüm süresinin yeri

- Kayıt tuşuna basılarak ölçüm sonuçları cihaz hafızasına kaydedilir.
- Kayıt yapıldıktan sonra yeni bir ölçüme hazırlanmak amacıyla son ölçüm sıfırlanır.
- Kaydedilmiş ölçümlere ulaşmak için ana menüde *Explorer* sekmesine tıklanır ve açılan dosyalardan istenen dosya seçilir. Şekil 4.29’da görüldüğü üzere istenirse sonuç dosyalarına yazılı yorumlar eklemek (*add comment* komutu ile) mümkündür.



Şekil 4.29 : Brüel&Kjaer-Tip 2250 ses düzeyi ölçerde seçili projede yapılabilecek işlemler

- Seçili dosya açıldığında Şekil 4.30'daki gibi bir sonuç ekranı çıkacaktır. Burada seçilen ağırlıkta ölçüm değerleri, ölçümün yapıldığı tarih, saat ve ölçüm süresi görülmektedir.



Şekil 4.30 : Brüel&Kjær-Tip 2250 ses düzeyi ölçerde ölçüm sonuç ekranı

4.2.3 Ölçüm noktaları ve ölçülen değerler

Çalışma alanı Büyükdere Caddesi'nin Sanayi Mahallesi'nin bitiminden Maslak Kavşağı'na kadar kısmı ve devamında İstinye Bayırı'nın İstinye Park AVM'ye kadar olan kısmı kapsamaktadır. Büyükdere Caddesi, İstanbul Avrupa Yakası'nda Şişli Cami'nden başlayıp Mecidiyeköy Esentepe, Zincirlikuyu, Levent, Sanayi Mahallesi'nden geçerek Maslak Kavşağı'na gelir. Maslak Kavşağı'nda kuzeye doğru devam ederken doğuya ayrılan kolu İstinye Bayırı Caddesi'dir. Çalışma güzergahı üzerinde altı ölçüm noktası belirlenmiştir. Ayrıca kampüs içinde de dört ölçüm noktası belirlenmiş ve tüm bu noktalarda haftaiçi 08:30-18:00 saatleri arasında ölçümler yapılmıştır. Ölçüm noktaları Şekil 4.31'de gösterilmektedir.

Büyükdere ve İstinye Bayırı Caddeleri üzerindeki ölçüm noktalarının özellikleri aşağıda özetlenmiştir;

- Birinci nokta, Büyükdere Caddesi'nden kampüse araç ve yaya girişinin olduğu Kuzey Yolu kapısıdır. Ölçüm karayolundan 2 m içeride, yerden 1,5 m yükseklikte yapılmıştır. Ölçüm noktasının dört tarafı açıklıktır, yansıtıcı veya yutucu özellik gösterebilecek bir etken yoktur. Bu noktada yol neredeyse eğimsizdir.



Şekil 4.31 : Büyükdere ve İstinye Bayırı Caddeleri üzerindeki ve İTÜ Maslak Kampüsü içindeki çevresel gürültü ölçüm noktaları (Url-6)

- İkinci nokta, Büyükdere Caddesi'nden kampüse yaya girişinin olduğu Ağaçlı Yol kapısıdır. Ölçüm karayolundan 2 m içeride, yerden 1,5 m yükseklikte yapılmıştır. Ölçüm noktasında yaklaşık 2 m geride 1 m'den alçak okul duvarı vardır. Duvar oldukça yivli, deforme olmuş betondur. Yansıtıcı- yutucu etkisi ihmal edilmiştir. Bu noktada yol eğimi güçlükle hissedilebilir seviyededir.
- Üçüncü nokta, Büyükdere Caddesi üzerindeki metro istasyonunun Maslak çıkışıdır. Ölçüm karayolundan 2 m içeride, yerden 1,5 m yükseklikte yapılmıştır. Ölçüm noktasının yaklaşık 3 m gerisi metro binasıdır. Bina duvarlarının yansıtıcı etkisinden kaçınmak amacıyla tam çıkış boşluğunun ortasında ölçüm yapılmıştır. Bu noktada yol eğimi trafiğin hızını azaltacak kadar hissedilir düzeydedir.
- Dördüncü nokta, Maslak Kavşağı'ndaki İTÜ Kültür Merkezi Yolu'na açılan yaya girişidir. Ölçüm karayolundan 2 m içeride, yerden 1,5 m yükseklikte yapılmıştır. Ölçüm noktasının dört tarafı açıklıktır, yansıtıcı veya yutucu özellik gösterebilecek bir etken yoktur. Bu noktadan sonra İstinye Bayırı Caddesi üzerinde ölçümler devam etmektedir. Yol eğimi etkili olmaya devam etmektedir.

- Beşinci nokta, İstinye Bayırı Caddesi'nden kampüse araç ve yaya girişinin olduğu Nükleer kapısıdır. Ölçüm karayolundan 2 m içeride, yerden 1,5 m yükseklikte yapılmıştır. Ölçüm noktasının dört tarafı açıktır, yansıtıcı veya yutucu özellik gösterebilecek bir etken yoktur. Bu noktada eğim oldukça azdır. Ölçüm noktası hizasında trafik ışıkları olduğundan ve çift yölu yolda her iki tarafta da kırmızı ışığın süresi uzun olduğundan genellikle trafik akışı duraklı ve düşük hızdadır. Yavaşlama ve harekete geçme anlarında araçların hızlarının düşmesi, ışıkta bekleme anında sessizlik oluşması ve yolun eğiminin neredeyse sıfır olması ölçüm noktasında ölçülen trafik gürültüsünün diğer noktalara nazaran düşük olmasını sağlamıştır.
- Altıncı nokta, İstinye Bayırı Caddesi üzerindeki İstinye Park AVM karşısındaki yaya girişidir. Ölçüm karayolundan 2 m içeride, yerden 1,5 m yükseklikte yapılmıştır. Ölçüm noktasında 2 m geride yaklaşık 2 m yüksekliğinde düz beton okul duvarı bulunmaktadır. Duvarın yansıtıcı özelliği ihmal edilmiştir. Burada eğim araçların hızını arttıracak şekilde hissedilir düzeydedir.

Ölçüm noktalarında elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.6 : Büyükdere ve İstinye Bayırı Caddeleri üzerindeki ölçümlerin sonuçları

			LA eq	LAF 90.0	LAF max	LAF min	ölçüm süresi
ölçüm noktası 1	04.11.2014	sabah	80,0	73,8	93,5	69,1	08.35-08.45
		öğlen	82,6	79,4	91,6	73,7	12.22-12.32
		akşam	82,8	79,9	96,2	73,5	16.15-16.25
	05.11.2014	sabah	83,3	80,7	91,2	76,2	08.25-08.35
		öğlen	82,7	79,8	91,4	76	12.12-12.22
		akşam	82,2	79,6	91,1	75,1	16.10-16.20
	06.11.2014	sabah	78,4	73,6	104,6	70,8	08.36-08.46
		öğlen	82,1	79,6	89,5	76,6	12.25-12.35
		akşam	83,2	80,3	95,2	74,4	16.35-16.45
	10.11.2014	sabah	75,9	71,6	91,3	67,3	08.56-09.06
		öğlen	82,7	80,0	93,7	75,2	12.25-12.35
		akşam	82,8	80,0	94,0	76,4	16.12-16.22
ölçüm noktası 2	04.11.2014	sabah	77,3	72,3	93,6	69,8	08.52-09.02
		öğlen	81,5	78,3	92,3	71,8	12.39-12.49
		akşam	80,5	76,5	99,9	73,3	16.31-16.41
	05.11.2014	sabah	77,6	71,1	90,6	67,7	08.41-08.51
		öğlen	80,8	77,2	93,4	73,2	12.29-12.39
		akşam	83,1	75,6	110,5	73,3	16.26-16.36
	06.11.2014	sabah	77,2	72,9	90,1	68,8	08.54-09.04
		öğlen	81,8	78,9	92,5	73,3	12.42-12.52
		akşam	80,5	75,6	96,9	72,0	16.52-17.02
	10.11.2014	sabah	76,1	71,5	89,9	67,6	09.13-09.23
		öğlen	81,7	78,8	98,3	75,7	12.42-12.52
		akşam	79,1	72,2	94,8	68,1	16.30-16.40
ölçüm noktası 3	04.11.2014	sabah	75,7	70,9	94,1	67,0	09.04-09.14
		öğlen	77,8	74,1	91,6	71,5	12.52-13.02
		akşam	78,5	71,3	103	68,3	16.44-16.54
	05.11.2014	sabah	75,1	69,3	98,1	66,5	08.54-09.04
		öğlen	79,4	75,9	96,0	72,2	12.42-12.52
		akşam	76,4	72,2	86,4	68,1	16.39-16.49
	06.11.2014	sabah	77,1	70,8	97,8	68,5	09.07-09.17
		öğlen	78,5	74,8	89,9	71,3	12.54-13.04
		akşam	77,2	73,5	89,2	69,4	17.04-17.14
	10.11.2014	sabah	75,2	70,9	88,9	67,7	09.25-09.35
		öğlen	79,1	76,3	89,9	72,5	12.55-13.05
		akşam	76,0	71,8	97,3	69,4	16.42-16.52

Çizelge 4.6 (devam) : Büyükdere ve İstinye Bayırı Caddeleri üzerindeki ölçümlerin sonuçları

			LA eq	LAF 90.0	LAF max	LAF min	ölçüm süresi
ölçüm noktası 4	04.11.2014	sabah	75,3	71,1	87,3	66,9	09.17-09.27
		öğlen	75,2	72,4	90,5	69,0	13.04-13.14
		akşam	78,7	74,1	95,2	70,8	16.56-17.06
	05.11.2014	sabah	74,8	71,2	88,5	67,5	09.07-09.17
		öğlen	75,4	72,4	90,2	69,0	12.54-13.04
		akşam	76,6	72,2	91,5	68,2	16.51-17.01
	06.11.2014	sabah	74,6	71,8	87,4	68,1	09.20-09.30
		öğlen	75,8	73,4	88,6	69,2	13.06-13.16
		akşam	75,9	73,0	87,2	68,6	17.16-17.26
	10.11.2014	sabah	77,0	73,5	95,1	68,2	09.38-09.48
		öğlen	76,0	73,0	90,2	69,7	13.07-13.17
		akşam	76,3	73,1	92,7	68,2	16.54-17.04
ölçüm noktası 5	04.11.2014	sabah	68,7	61,3	85,3	57,9	09.35-09.45
		öğlen	69,6	61,6	88,7	58,5	13.22-13.32
		akşam	68,2	61,4	87,0	58,1	17.14-17.24
	05.11.2014	sabah	67,8	61,8	82,9	58,9	09.24-09.34
		öğlen	68,3	60,9	82,8	57,6	13.11-13.21
		akşam	66,3	60,7	86,4	58,1	17.08-17.18
	06.11.2014	sabah	70,1	63,2	86,5	58,5	09.37-09.47
		öğlen	73,5	65,8	87,2	58,3	13.26-13.36
		akşam	69,4	61,6	91,4	58,4	17.34-17.44
	10.11.2014	sabah	69,6	61,4	86,9	55,7	09.56-10.06
		öğlen	71,5	61,2	94,8	57,9	13.25-13.35
		akşam	66,3	61,4	77,3	57,8	17.12-17.22
ölçüm noktası 6	04.11.2014	sabah	76,3	70,3	87,8	65,9	09.50-10.00
		öğlen	75,4	70,7	85,8	66,1	13.37-13.57
		akşam	68,3	63,1	90,4	61,1	17.29-17.39
	05.11.2014	sabah	76,1	68,7	89,5	65,6	09.39-09.49
		öğlen	74,5	69,4	90,5	64,4	13.27-13.37
		akşam	69,9	64,6	88,3	61,2	17.23-17.33
	06.11.2014	sabah	75,2	68,7	91,3	64,1	09.52-10.02
		öğlen	76,8	70,5	94,5	64,6	13.41-13.51
		akşam	72,1	66,3	92,5	60,9	17.48-17.58
	10.11.2014	sabah	77,2	69,7	95,6	64,2	10.11-10.21
		öğlen	76,4	69,0	101,1	63,7	13.40-13.50
		akşam	71,1	63,9	93,2	60,8	17.27-17.37

Kampüsün genel yerleşim planı da Şekil F'de verilmiştir. Burada kampüs içindeki yolların konum ve isimleri, fakültelerin, enstitülerin, idari binaların, spor ve kültür merkezlerinin ve yurtların konumları açıkça belirtilmiştir. Kampüs içindeki ölçüm

noktaları hem trafik hem de insan açısından en yoğun olan caddeler üzerinde seçilmiştir. Bu noktaların özellikleri aşağıda özetlenmiştir ve ölçüm sonuçları Çizelge 4.7’de gösterilmektedir.

- Birinci nokta, Doğu Yolu’nun Ord. Prof. Dr. Bedri Karafakioğlu Cad. ile kesiştiği noktadır. Bu nokta Nükleer Kapısı ve İMKB Kapısı’ndan giriş yapan ya da bu kapılardan çıkış yapacak araçların fakülte ve enstitülere ulaşmak için kullandığı güzergah üzerindedir. Ölçüm noktasının solunda Kimya Metalürji Fakültesi bulunmaktadır. Ölçüm yoldan 2 m içeride, yerden 1,5 m yükseklikte yapılmıştır. Ölçüm noktasının üç tarafı açıklıktır, arka tarafında yaklaşık 3 m geride seyrek ağaçlar bulunmaktadır.
- İkinci nokta, Kültür Merkezi Yolu’nun Ord. Prof. Dr. Bedri Karafakioğlu Cad. ile kesiştiği noktadır. Sağ tarafta yemekhane, sol tarafta Elektrik-Elektronik Fakültesi yer almaktadır. Bu noktada çift yönlü olan Ord. Prof. Dr. Bedri Karafakioğlu Caddesi üzerindeki araçlar trafiğın ana unsurudur. Ayrıca kampüsün merkezi olan bu noktada insan sesleri de süreklidir. Ölçüm yoldan 2 m içeride, yerden 1,5 m yükseklikte yapılmıştır. Ölçüm noktasının dört tarafı açıklıktır. Ölçüm süresince ölçüm noktasının çok yakınlarında yol yapım çalışmaları olması ölçülen ses basınç seviyesinin yüksek çıkmasına sebep olmuştur.
- Üçüncü nokta Kültür Merkezi Yolu üzerindeki Süleyman Demirel Kültür Merkezi’nin önüdür. Buranın seçilme sebebi, bu yolun başında kampüse en çok yaya girişi olan en büyük kapının bulunması ve bu yolun kampüsün merkezine açılan en aktif yollardan biridir olmasıdır. Bu noktada trafikten gürültüsünden çok insan sesleri baskındır. Ölçüm yoldan 2 m içeride, yerden 1,5 m yükseklikte yapılmıştır. Ölçüm noktasının dört tarafı açıklıktır.

Dördüncü nokta Park Yolu’nun Ord. Prof. Dr. Bedri Karafakioğlu Cad. ile kesiştiği noktadır. Park Yolu, Kuzey Yolu’na bağlanan bir ara yoldur. Yolun bir ucunda Rektörlük Binası, üzerinde kampüs içerisinde yoğun olarak kullanılan bir market ve Ord. Prof. Dr. Bedri Karafakioğlu Cad. ile birleşmeden hemen önce İnşaat Fakültesi bulunur. Ölçüm noktasının dört tarafı açıklıktır. Ölçüm noktasının yakınlarında sağ tarafta Mustafa İnan Kütüphanesi yer almaktadır. Ölçüm yoldan 2 m içeride, yerden 1,5 m yükseklikte yapılmıştır. Ölçüm süresince ölçüm noktasının çok yakınlarında

yol yapım çalışmaları olması ölçülen ses basınç seviyesinin yüksek çıkmasına sebep olmuştur.

Çizelge 4.7 : İTÜ Maslak Kampüsü içerisindeki ölçümlerin sonuçları

			LA eq	LAF 90.0	LAF max	LAF min	ölçüm süresi
ölçüm noktası 1	04.11.2014	sabah	58,3	47,6	73,1	45,6	10.15-10.20
		öğlen	60,7	50,6	75,1	48,4	13.57-14.02
	05.11.2014	sabah	58,4	48	71,2	46,1	09.57-10.02
		öğlen	62,0	47,1	78,7	43,5	13.46-13.52
	06.11.2014	sabah	58,1	49,3	68,2	48,1	10.11-10.16
		öğlen	66,5	56,8	80,9	50,7	14.03-14.08
10.11.2014	sabah	63,1	51,4	79,3	48,0	10.31-10.36	
	öğlen	62,3	57,9	70,5	54,5	14.00-14.05	
ölçüm noktası 2	04.11.2014	sabah	68,0	53,6	85,4	49,2	10.25-10.30
		öğlen	64,8	55,6	79,6	52,2	14.08-14.13
	05.11.2014	sabah	69,9	51,0	87,2	48,6	10.08-10.13
		öğlen	67,3	56,4	88,4	53,3	13.58-14.03
	06.11.2014	sabah	64,5	53,9	86,9	52,0	10.22-10.27
		öğlen	66,4	58,0	81,3	53,1	14.17-14.22
10.11.2014	sabah	66,2	53,0	74,1	48,0	10.41-10.46	
	öğlen	60,5	51,0	76,7	47,7	14.11-14.16	
ölçüm noktası 3	04.11.2014	sabah	60,6	50,1	87,0	48,5	10.37-10.42
		öğlen	57,5	51,9	72,4	50,2	14.17-14.22
	05.11.2014	sabah	57,4	51,7	72,2	49,8	10.18-10.23
		öğlen	60,7	51,4	79,1	49,2	14.07-14.12
	06.11.2014	sabah	57,2	52,3	70,8	51,1	10.31-10.36
		öğlen	58,5	54,0	70,3	52,7	14.26-14.31
10.11.2014	sabah	63,2	51,6	80,6	49,6	10.51-10.56	
	öğlen	57,0	51,0	72,3	48,9	14.20-14.25	
ölçüm noktası 4	04.11.2014	sabah	63,1	57,2	75,1	53,6	10.48-10.53
		öğlen	65,1	60,7	79,5	54,7	14.30-14.35
	05.11.2014	sabah	64,7	51,4	81,1	49,7	10.29-10.34
		öğlen	64,6	56,6	79,2	51,9	14.18-14.23
	06.11.2014	sabah	67,2	59,1	87,8	53,2	10.42-10.47
		öğlen	64,0	58,9	80,1	55,9	14.37-14.42
10.11.2014	sabah	61,2	55,3	73,4	50,0	11.02-11.07	
	öğlen	63,6	53,0	78,2	48,9	14.36-14.41	

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Değerlendirme aşamasında öncelikle hazırlanan ızgaralı gürültü haritalarıyla ölçüm noktalarında elde edilen değerler karşılaştırılmalıdır. Ölçümler yerden yaklaşık 1,5 m yükseklikte yapıldığı için, gürültü haritaları da standart rapor değeri olan 4 m’de değil 1,5 m’de hesaplatılmıştır. Ayrıca ölçüm yapılan saatler standartların belirlediği gündüz saatleri aralığında kaldığı için (07:00-19:00) ölçüm değerleri Lgündüz haritası sonuçlarıyla karşılaştırılmalıdır. Ölçüm cihazının da gürültü haritalarının da gürültü düzeylerini dBA cinsinden verdiği gözönüne alınarak bu değerlerin birbiriyle kıyaslanabilir olduğu görülmektedir. Çizelge 5.1 ölçüm değerleri ve harita değerlerinin karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 5.1 : Ölçüm sonuçlarının ve ızgaralı gürültü haritası sonuçlarının karşılaştırılması

Ölçüm noktaları	Ölçüm sonuçları, dBA	Izgaralı Lgündüz haritası sonuçları, dBA
1. ölçüm noktası	82	80-85
2. ölçüm noktası	80	80-85
3. ölçüm noktası	77	75-80
4. ölçüm noktası	77	75-80
5. ölçüm noktası	69	70-75
6. ölçüm noktası	74	70-75
7. ölçüm noktası	61	55-60
8. ölçüm noktası	65	55-60
9. ölçüm noktası	58	55-60
10. ölçüm noktası	63	55-60

Çizelge 5.1 incelendiğinde ilk 6 ölçüm noktasının Büyükdere Caddesi ve İstinye Bayırı Caddesi üzerindeki noktalar olduğu ve sonraki 4 ölçüm noktasının da kampüs içerisindeki noktalar olduğu dikkate alınmalıdır. Anayol üzerindeki ölçüm noktalarının sonuçları ızgaralı gürültü haritasının sonuçlarıyla örtüşmektedir. Yalnızca 5. noktadaki ölçüm değeri haritadakinden düşük çıkmıştır. Bunun sebebi bu noktaya çok yakın bir mesafede trafik ışıklarının olması ve ölçüm süresinin hemen hemen yarısında kırmızı ışık sebebiyle trafiğin durmasıdır. Geçen araç sayısı değişmese de trafik hızı ortalama alındığında ciddi bir düşüş yaşar ve daha önce bahsedildiği üzere trafik hızı trafik gürültüsünü etkileyen önemli faktörlerden biridir.

Kampüs içerisindeki değerleri kıyasladığımızda ise, 8. ve 10. noktaların ölçüm değerlerinin harita değerlerinden fazla olduğu gözlenmektedir. Bu fazlalığın sebebi ise, ölçüm süresince bu noktaların yakınlarında inşaat çalışmalarının olmasıdır. 8. noktada iş makineleri ve büyük hafriyat kamyonları, 10.noktada el aletleri ve küçük iş makinelerinin gürültüleri girişim yaparak toplam gürültü düzeyini yükseltmiştir. Harita düzeylerinin ölçüm sonuçlarıyla örtüştüğü göz önünde bulundurularak girişim yapan faktörler dikkate alınmadığında 8. Ve 10. noktaların gürültü seviyesinin 55-60 dBA aralığında kaldığı kabul edilecek ve bu şekilde gürültüye hassas birimlerin maruz kaldıkları gürültü seviyeleri incelenecektir.

Gürültü haritalarında gösterilen eğitim binaları, idari binalar ve yurtların her biri gürültü açısından hassas niteliktedir. Çizelge 2.4'te gösterilen karayolu çevresinde gürültüye hassas yerlerdeki gürültü seviyelerine bakıldığında (mevcut yollar dikkate alınarak) bu birimlerin gündüz 65, akşam 60 ve gece 55 dB'den daha yüksek gürültüye maruz kalmamaları gerekmektedir.

Gündüz gürültü haritasının öncelikle incelenmesi gerekmektedir. Çünkü hem eğitim hem de iş maksadıyla kullanılan binalar gündüz saatleri (07:00-19:00) içinde aktif olarak kullanılmaktadır. Dersler 08:30-17:30 saatleri arasında işlenmekte ve ofis maksatlı kullanılan yerlerdeki mesai aynı şekilde 08:30-17:00 saatleri arasındadır. Gündüz gürültü haritası değerleri incelendiğinde tamamı 65 dBA düzeyinden daha fazla gürültüye maruz kalan bina sayısı yalnızca 3'tür. Bir bölümü bu 65 dBA düzeyinden daha fazla gürültüye maruz kalan bina sayısı ise 5'tir. Kampüs arazisinde 100'den fazla binanın olduğu göz önüne alındığında sınır değerleri aşan bina sayısı kampüs genelinde bir önlem almayı gerektirmeyecek kadar azdır. Bu binalar için dış cephe yalıtımı yaparak bireysel önlem almak hem uygulama hem de ekonomik açıdan daha uygun olacaktır. Ayrıca gündüz saatlerinde kampüs genelindeki gürültü düzeyinin çoğunlukla 55-60 dBA aralığında olduğu açıkça görülmektedir ki bu da kabul edilebilir sınırlar dahilindedir.

Akşam ve gece saatlerinde kampüste, yalnızca yurtlarda kalan öğrenciler ve ders çalışmak maksadıyla kütüphaneyi kullanan öğrenciler bulunmaktadır. Yurtların ve kütüphanenin konumları dikkate alındığında hem akşam hem de gece gürültü düzeyleri 55 dBA'yı aşmamaktadır.

Sonuç olarak Büyükdere ve İstinye Bayırı Caddeleri'nden kaynaklanan karayolu gürültüsünün İTÜ Maslak Kampüsü'nü olumsuz etkilemediği, kampüs bünyesinde limit değerlerin aşılmadığı savunulabilir. Gündüz saatlerinde limit değerleri aşan binalar için ise bireysel yalıtım önlemler alınarak gerekli düzeylere ulaşılabilir. Son zamanlarda kampüs genelinde okul duvarlarının kalınlaştırılması ve yükseltilmesi çalışmaları yapılmaktadır. Bu duvarlar engel niteliği taşıdığından caddeye yakın binaların etkisinde kaldığı gürültü düzeylerini düşüreceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- 2002/49/EC** (2002). Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise, Official Journal of the European Communities.
- Anon.** (1978). FHWA Highway Traffic Noise Prediction Model, US Dept.of Transportation, FHA, RD-77-108
- Aşçıgil, M.** (2009). Karayolu Gürültü Haritalarının Hazırlanması: İstanbul Zincirlikuyu-Maslak Ulaşım Hattı Örneği, İTÜ, Mimarlık ABD Yüksek Lisans Tezi
- Beranek, L. L.** (1971). Noise and Vibration Control, McGraw Hill
- Brüel & Kjør, (2001).** Environmental Noise, Brüel & Kjør Sound & Vibration Measurement A/S.
- Brüel & Kjør, Hand-held Analyzer Type 2250- User Manual**
- Bursa Büyükşehir Belediyesi, Emlak ve İstimlat Dairesi Başkanlığı** (2011). Bursa Karayolu Gürültü Haritası Hazırlama Projesi
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı** (2013). Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, Yayımlandığı R.Gazete: Tarih:28/7/2013-Sayı:28271
- Çevre ve Orman Bakanlığı** (2011). Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC), Yayımlandığı R.Gazete:Tarih: 27/4/2011-Sayı:27917
- Erdoğan, S., Doğan, M. vd.** (2011) Afyonkarahisar İl Merkezi Karayolu Trafik Gürültü Haritasının Hazırlanması
- Klumpp, R.G. ve Webster, J. C.** (1963). "Physical measurements of Equally speech Interfering: Navy Noises", JASA, 35, 1328-38
- Kryter, K.D.** (1970). The Effects of Noise on Man, Academic Press, New York
- Kurra, S.** (2009). Çevre Gürültüsü ve Yönetimi, *Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları*, Cilt 1,2,3
- Ljunggren, S.** (1973). A Design Guide for Road Traffic Noise, National Swedish Building Research, D10
- Moller, A. R.** (2006). Hearing Anatomy, Physiology and Disorders of the Auditory System, Academic Press: second edition
- Öhrsröm, E.** (1989) Sleep Disturbance, "Physco-Social and Medical Symptoms, A Pilot Survey Among Persons Exposed to High Levels of Road Traffic Noise", Journal of Sound and Vibration (JSV), 131 (1), 117-128
- Pal, A. K., Kumar, V. ve Saxena, N. C.** (2000). Noise attenuation by Green Belts, Journal of Sound and Vibration, vol.234 (1), Sf. 149-165
- Probst, W. ve Huber, B.** (2003). The Sound Power Level of Cities, Sound and Vibration, May
- Sanayi ve Ticaret Bakanlığı** (6/7/2008). Motorlu Araçların Dış Gürültü Emisyonlarını ve Egzoz Sistemleri ile İlgili Tıp Onayı

Yönetmeliğinde (70/157/AT) Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik

- Schwela, D. H.** (2001). “The New World Health Organisation Guidelines for Community Noise”, Noise Control Engineering Journal, v.49, n.4, August-July, 193
- TS-ISO 1996-2** (2008). Akustik Çevre Gürültüsünün Tanımlanması ve Ölçülmesi Kısım 2- Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Vesilind, A., Morgan, S. ve Heine, L.** (2011) Çevre Mühendisliğine Giriş, Nobel Yayınevi
- WG-AEN** (13/01/2006). Position Paper, Final Draft, Good Practise Guide for Strategic Noise Mapping and Production of Associated Data on Noise Exposure, Version 2, European Commision Working Group on Dose and Effect
- Yılmaz, S.** (2007) Çevre ve Yapı Akustiği Mimarlar ve Mühendisler İçin El Kitabı, Birsen Yayınevi
- Yılmaz, S. ve Belek, T.** (2013). A-2 Tipi Mühendislik Akustiği Sertifika Programı Ders Notu, İstanbul
- Url-1** <<http://tr.wikipedia.org/wiki/kulak>> alındığı tarih: 30.10.2014
- Url-2** <<http://www.mapwatch.com/gallery/airport-noise-map.shtml>> alındığı tarih: 25.11.2014
- Url-3** <<http://www.londonnoisemap.com/projects>> alındığı tarih: 25.11.2014
- Url-4** <<http://tkm.ibb.gov.tr/yoldurumu/yogunlukharitasi.aspx>> alındığı tarih : 24.11.2014
- Url-5** <<http://www.soundplan.eu/english/soundplan-acoustics/soundplan-modules/noise-maps-grid-facade-meshed/>> alındığı tarih: 3.12.2014
- Url-6** <<https://www.google.com/maps/@41.1051817,29.0230787,16z>> alındığı tarih: 20.11.2014
- Url-7** <<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=15895>> alındığı tarih 20.03.2014

EKLER

Çizelge A: Gelişmiş bazı ülkelerde gürültü mevzuatı uygulamaları (Kurra, 2009)

Ülke	Gürültü Kaynağı	Mevzuat grubu	Mevzuat	
ABD	Toplum gürültüsü	Kılavuz	Çevre gürültüsü konusunda toplum sağlığı ve iyiliğini korumak amacıyla yeterli güvenlik sınırlarını da gösteren bilgilendirme yayını (EPA, 1974)	
		Kılavuz	Gürültüden etkilenme bildirimlerini hazırlamada kullanılacak kılavuz(NRC, 1977)	
		Kılavuz	Gürültü Kılavuzu (HUD, 1985)	
	Otoyol gürültüsü	Yasal düzenleme	Otoyol Trafik Gürültüsü Analizi ve Azaltım Politikası Kılavuzu (FHWA, 1995)	
	Uçak gürültüsü	Kılavuz	Seçilmiş Havaalanlarının Gürültü Analizlerini İnceleyen Federal Hükümet Organı (FICON, 1992)	
		Yasal düzenleme	Yüksek hızlı yerüstü ulaşımı gürültü ve titreşimin belirlenmesi (FRA, 1998)	
	Hızlı tren gürültüsü	Yasal düzenleme	İşyeri gürültüsü, İşitme korunumu eki, Kesin kurallar (DOL, 1981)	
	İşyeri gürültüsü	Yasal düzenleme	Gürültü Önleme Kılavuzu (OSHA, 1983)	
		Kılavuz	İşyeri gürültüsü maruziyeti, Yenilenmiş ölçüt (NIOSH, 1998)	
	Otoyol gürültüsü	Yasal düzenleme	Gürültü Yalıtım Mevzuatı 1975	
İngiltere	Uçak gürültüsü	Yasal düzenleme	Sivil Havacılık Yasası 1982	
		Kılavuz	Kent ve Bölge Planlaması Yasası 1990	
	Karmaşık kaynaklar	Yasal düzenleme	Çevre Koruma Yasası (EPA) 1990	
		Yasal düzenleme	Gürültü ve Durum Yasası 1993	
		Yasal düzenleme	Gürültü Yasası 1996	
	Endüstri gürültüsü	Yasal düzenleme	Kirlilik Önleme ve Kontrol Yasası 1999	
	İşyeri gürültüsü	Yasal düzenleme	İşyerinde Sağlık ve Güvenlik Yasası 1974,	
		Yasal düzenleme	İşyerinde gürültü yasası 1990	
	Japonya	Genel ve uçak gürültüsü	Kılavuz	Çevre Kalitesi Mevzuatı (gürültü için 1971, uçak gürültüsü için 1973)
			Yasal düzenleme	Gürültü Düzenleme Yasası 1970
Yapım, yol, fabrika gürültüsü		Yasal düzenleme	Sağlık ve işyeri güvenliği yasası-Gürültü hasarlarının önlenmesi 1992	
Almanya	İşyeri gürültüsü	Kılavuz		
	Yol ve demiryolu gürültüsü	Kılavuz	Yol Trafik Yönetmeliği 1990	
	Uçak gürültüsü	Yasal düzenleme	Uçak Gürültüsü Yasası 1971	
Fransa	Endüstri gürültüsü	Yasal düzenleme	Yol Gürültüsü İçin Teknik Yönerge 1968	
		Yasal düzenleme	Temel gürültüye karşı savaş yasası 31/12/92	
	Otoyol gürültüsü	Yasal düzenleme	Yol Trafik Yönetmeliği 5/05/95	
	Demiryolu gürültüsü	Yasal düzenleme	Demiryolu Yapım Gürültüsü Yönetmeliği 8/11/99	
Endüstri gürültüsü	Yasal düzenleme	Endüstriyel Aktiviteler Yasası		

Çizelge B: Trafik akışı sayım verileri ve hesaplanan değerler

		10 dakikalık sayım - Çift yön						Hesaplanan değerler					
		Büyükdere Caddesi			İstinye Bayırı Caddesi			Büyükdere Caddesi			İstinye Bayırı Caddesi		
Tarih		Ağır taşıt sayısı	Hafif taşıt sayısı	Toplam taşıt sayısı	Ağır taşıt sayısı	Hafif taşıt sayısı	Toplam taşıt sayısı	Ağır taşıt sayısı	Hafif taşıt sayısı	Toplam taşıt sayısı	Ağır taşıt sayısı	Hafif taşıt sayısı	Toplam taşıt sayısı
07.04.2014	Gündüz	278	1573	1850	139	786	925	19980	113220	133200	9990	56610	66600
Pazartesi	Akşam	178	1602	1780	89	801	890	4272	38448	42720	2136	19224	21360
	Gece	0	0		0		0			0			0
09.04.2014	Gündüz	315	1785	2100	158	893	1050	22680	151200	173880	11340	64260	75600
Çarşamba	Akşam	199	1791	1990	100	896	995	4776	47760	52536	2388	21492	23880
	Gece	0	0		0		0			0			0
11.04.2014	Gündüz	275	1556	1830	137	778	915	19764	111996	131760	9882	55998	65880
Cuma	Akşam	180	1620	1800	90	810	900	4320	38880	43200	2160	19440	21600
	Gece	0	0		0		0			0			0
14.04.2014	Gündüz	294	1666	1960	147	833	980	21168	119952	141120	10584	59976	70560
Pazartesi	Akşam	188	1692	1880	94	846	940	4512	40608	45120	2256	20304	22560
	Gece	0	0		0		0			0			0
16.04.2014	Gündüz	293	1658	1950	146	829	975	14040	79560	93600	10530	59670	70200
Çarşamba	Akşam	186	1674	1860	93	837	930	4464	40176	44640	2232	20088	22320
	Gece	0	0		0		0			0			0
18.04.2014	Gündüz	288	1632	1920	144	816,0	960	20736	117504	138240	10368	58752	69120
Cuma	Akşam	184	1656	1840	92	828	920	4416	39744	44160	2208	19872	22080

Çizelge C- 2008 ve 2014 yıllarına ait motorlu taşıtlar verileri, TÜİK (Url-7)

İl	Toplam	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyonet	Kamyon	Motosiklet	Özel	Traktör
İstanbul	Total	Car	Minibus	Bus	Small truck	Truck	Motorcycle	Special	Tractor
2008	2 685 756	1 758 745	65 119	52 454	488 684	133 692	151 524	6 884	28 654
2014	3 258 041	2 169 107	69 757	51 584	588 881	126 331	224 235	6 448	21 698
Fark	572 285	410 362	4 638	- 870	100 197	- 7 361	72 711	- 436	- 6 956
Artış/Azalış yüzdesi	18%	19%	7%	-2%	17%	-6%	32%	-7%	-32%

Çizelge D: 2008 yılı trafik akış verileri (Aşçıgil, 2009)

YOL AYRINTILARI	HAFİF/AĞIR AKIŞ/ HIZ	GECE (23:00-07:00)
Büyükdere Caddesi Sensör 255	Hafif akış	974
	Hafif hız	97
	Ağır akış	34
	Ağır hız	80
Büyükdere Caddesi Sensör 254	Hafif akış	843
	Hafif hız	94
	Ağır akış	30
	Ağır hız	80
Büyükdere Caddesi Sensör ts264	Hafif akış	929
	Hafif hız	104
	Ağır akış	33
	Ağır hız	80
Büyükdere Caddesi Sensör 264	Hafif akış	568
	Hafif hız	96
	Ağır akış	20
	Ağır hız	80

EK E- SoundPLAN Dökümantasyon

Izgaralı gürültü haritaları hesaplanırken; hesaplanan nokta sayısı: 288 adet

Hesaplama modülü sürümü: 30.09.2009 (RKerNel7.dll)

Yansımada derecesi: 1

Değerlendirme: dB(A)

Izin verilen tolerans:0,00 dB

Standartlar:

Karayolları: NMPB - Routes - 96

Trafik akışı sağ

Emisyon standardı: Guide du Bruit

Engelleme kaybı sınırlaması: Tekil/çoklu 20 dB /25 dB

Çevre:

Hava basıncı: 1013,25 mbar

Bağıl nem: 70 %

Sıcaklık: 10 °C

Sabit uygun/homojen yüzde oran $p(7-19h)[\%]=0,0$; $p(19-23h)[\%]=0,0$; $p(23-h)[\%]=0,0$;

Değerlendirme: Lden (EU)

Izgaralı harita:

Izgara aralığı: 100,00 m

Zeminden yükseklik:1,500 m

Izgara interpolasyonu:

Alan büyüklüğü = 9x9

Min/max = 10,0 dB

Fark = 0,1 dB

Geometri verisi

ITU Maslak.sit 02.12.2014 14:44:58

- İçerik:

anayollar.geo 02.12.2014 14:44:58

DXF_a-light.geo 27.11.2014

DXF_B_Mesken.geo 27.11.2014

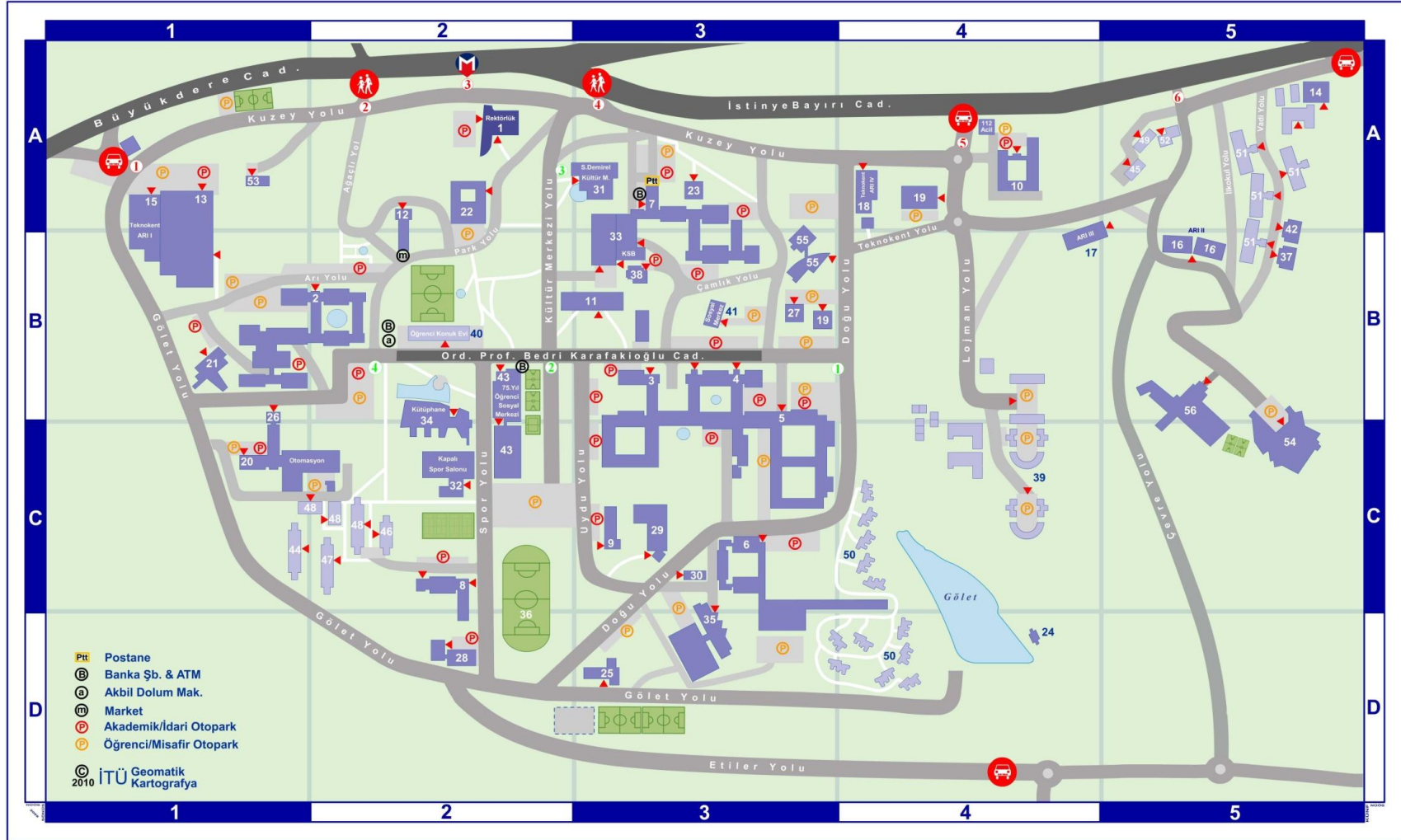
DXF_B_Resmi.geo 27.11.2014

DXF_B_Spor_Tesisleri.geo 27.11.2014

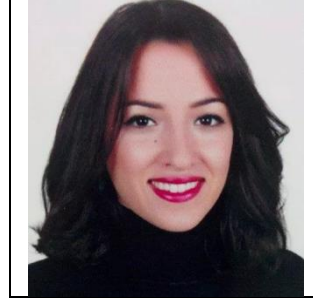
DXF_BINALAR.geo 27.11.2014

DXF_Egri_1m.geo 02.12.2014 14:44:58
DXF_Egri_5m.geo 02.12.2014 13:49:14
DXF_Egri_5m_mkot.geo 02.12.2014 13:49:14
DXF_Enstituler.geo 27.11.2014
DXF_Fakulteler.geo 27.11.2014
DXF_Idari Birimler.geo 27.11.2014
DXF_Laboratuar.geo 27.11.2014
DXF_Lojmanlar.geo 27.11.2014
DXF_METROBINASI.geo 27.11.2014
DXF_Okullar.geo 27.11.2014
DXF_Otopark.geo 27.11.2014
DXF_otoparklar.geo 27.11.2014
DXF_Sev_Sevalti.geo 27.11.2014
DXF_Sev_Sevustu.geo 27.11.2014
DXF_VP-YOLLAR.geo 27.11.2014
DXF_Y_Kat_Adedi.geo 02.12.2014 13:49:14
DXF_Y_Kot_Noktasi.geo 02.12.2014 14:36:48
DXF_YAYAYOL.geo 27.11.2014
DXF_yenibordur.geo 27.11.2014
DXF_Yol_Kaldirim_kenari_bordurtasi.geo27.11.2014
DXF_Yol_Kop_Viyaduk.geo 27.11.2014
DXF_Yol_Patika.geo 27.11.2014
DXF_Yol_Planlanan.g27.11.2014
DXF_Yol_Sose(2).geo27.11.2014
DXF_Yol_Toprak_Duz.geo 27.11.2014
DXF_Yol_Toprak_Kesik.geo 27.11.2014
DXF_Yol_Ust_Gecit_Acik.geo 27.11.2014
engeller.geo 27.11.2014
hesap alani.geo 08.10.2014 14:18:34
kampus ici yollar.g02.12.2014 14:36:48
Yeni cog-dosya.geo 27.11.2014

Şekil F: İTÜ Maslak Kampüsü Yerleşim Planı



ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Başak Aydın

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 25.09.1989

Adres: Hilmi Paşa Cad. Hüseyin Ayanoğlu Sok. Park Ap. No:20/16 34742

Kozyatağı / İstanbul

E-Posta: aydinba@itu.edu.tr

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Bölümü