

768503

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KENTSEL ÖLÇEKTE GÜRÜLTÜNÜN  
DENETLENMESİNDE ENGEL ETKİNLİĞİNİN  
İNCELENMESİ**

Mimar Eylem İŞLER

FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında  
Hazırlanan

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Neşe Yügrük AKDAĞ

*Neşe Yügrük AKDAĞ*

*Mimar Eylem İŞLER*

**İSTANBUL, 2005**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTIMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ÖNSÖZ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI, ETKİLERİ, DENETİMİ.....	3
2.1 Gürültü Kaynakları.....	3
2.2 Gürültünün İnsanlar Üzerindeki Etkileri.....	5
2.2.1 Gürültünün Fizyolojik Etkileri.....	6
2.2.2 Gürültünün Psikolojik Etkileri ve Performans Değişimleri.....	7
2.3 Gürültünün Denetlenmesi.....	7
2.4 Kentsel Gürültü Denetimine Yönelik Standartlar ve Yönetmelikler.....	8
3. GÜRÜLTÜNÜN AÇIK HAVADA YAYILMASI VE DIŞ ETKENLER.....	13
3.1 Uzaklık.....	16
3.2 Havanın Moleküler Yutuculuğu.....	20
3.3 Atmosfer ve İklim Koşulları.....	20
3.4 Bitki ve Zemin Örtüsü.....	22
3.5 Topoğrafik Durum ve Engeller.....	25
4. GÜRÜLTÜ ENGELLERİ.....	26
4.1 Gürültü Engellerinin Akustik Özellikleri.....	26
4.1.1 Gürültü Engellerinin Akustik Etkinliğinde Önem Taşıyan Etkenler.....	27
4.1.2 Gürültü Engellerinin Sağladığı Gürültü Azaltımının Hesap Yöntemleri.....	52
4.1.2.1 Sınırsız Engeller.....	52
4.1.2.2 Sınırlı Engeller.....	55
4.2 Gürültü Engel Sistemlerinin Tipleri.....	59
4.2.1 Zemine Monteli Gürültü Engelleri.....	59
4.2.1.1 Gürültü Setleri.....	59
4.2.1.2 Gürültü Duvarları.....	60
4.2.1.3 Birleşik Sistemler.....	65
4.2.2 Strüktüre Monte Edilen Gürültü Duvarları.....	66
4.2.2.1 Köprülerin Üzerine İnşa Edilen Gürültü Duvarları.....	66
4.2.2.2 Mevcut Duvarların Üzerine Yapılan Gürültü Duvarları.....	67

4.3	Gürültü Engellerinin Strüktürel Özellikleri.....	69
4.3.1	Gürültü Engeline Kullanılan Gereçlerin Genişlemesi ve Daralması.....	69
4.3.2	Gürültü Engellerinin Yükleri.....	70
4.3.3	Gürültü Engellerinin Alt Yapı Özellikleri.....	71
4.4	Gürültü Engellerinde Kullanılan Malzemeler, Yüzey Özellikleri ve Görsel Etkileri.....	74
4.5	Gürültü Engellerinde Sağlanması Gereken Güvenlik Özellikleri.....	102
4.5.1	Gürültü Engelinin Yerleşimi.....	102
4.5.2	Gürültü Engellerinin Birleşim ve Güçlendirme Detayları.....	102
4.5.3	Gürültü Engellerinin Tipi.....	103
4.5.4	Gürültü Engellerini Koruyan Elemanlar.....	103
4.5.5	Kamaşma Etkisi.....	104
4.5.6	Görüş Mesafesi.....	105
4.5.7	Acil Çıkışlar.....	106
4.5.8	Yangın Güvenliği.....	107
4.6	Gürültü Engellerinin Bakım Özellikleri.....	109
4.6.1	Tamiratlar.....	109
4.6.2	Bozulan Parçaların Değiştirilebilmesi.....	109
4.6.3	Malzemenin ve Yüzeylerin Bozulmasını Engellemek.....	110
4.6.4	Çevre Düzenlemesi.....	111
4.6.5	Vandalizm.....	111
4.6.6	Çöp ve Kirlilik.....	112
4.6.7	Karın Biriktirilmesi ve Temizlenmesi.....	112
4.7	Gürültü Engellerinin Maliyeti.....	113
5.	<b>GÜRÜLTÜNÜN DENETLENMESİ İÇİN ENGEL ETKİNLİĞİNİN ÖRNEKLEME YOLU İLE ORTAYA KONMASI.....</b>	<b>115</b>
5.1	Örnek Çalışma Alanlarının Seçimi.....	115
5.2	Gürültü Açısından Örnek Alanlardaki Mevcut Durumun Ortaya Konması....	121
5.2.1	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin Gürültü Açısından Mevcut Durumu.....	122
5.2.1.1	Öznel Değerlendirmeler.....	122
5.2.1.1.1	Gözlemler.....	122
5.2.1.1.2	Anket Çalışmaları.....	122
5.2.1.1.3	Değerlendirme.....	128
5.2.1.2	Nesnel Değerlendirmeler.....	128
5.2.1.2.1	Gürültü Ölçmeler.....	128
5.2.1.2.2	Gürültü Haritaları.....	132
5.2.1.2.3	Değerlendirme.....	139
5.2.2	İstanbul – Ankara Asfaltı D – 100 (E – 5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi'nin Gürültü Açısından Mevcut Durumu.....	141
5.2.2.1	Öznel Değerlendirmeler.....	141
5.2.2.1.1	Gözlemler.....	141
5.2.2.1.2	Anket Çalışmaları.....	142
5.2.2.1.3	Değerlendirme.....	147
5.2.2.2	Nesnel Değerlendirmeler.....	147
5.2.2.2.1	Gürültü Ölçmeleri.....	147
5.2.2.2.2	Gürültü Haritaları.....	151
5.2.2.2.3	Değerlendirme.....	154

5.2.3	Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'nin Gürültü Açısından Mevcut Durumu.....	156
5.2.3.1	Öznel Değerlendirmeler.....	156
5.2.3.2	Nesnel Değerlendirmeler.....	157
5.2.3.2.1	Gürültü Ölçmeleri.....	157
5.2.3.2.2	Gürültü Haritaları.....	160
5.2.3.2.3	Değerlendirme.....	163
5.3	Örnek Çalışma Alanlarında Engel Uygulaması İle Gürültünün Denetlenmesi.....	163
5.3.1	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nde Engel Uygulaması.....	163
5.3.2	İstanbul – Ankara Asfaltı D – 100 (E – 5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi'nde Engel Uygulaması.....	171
5.3.3	Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'nde Engel Uygulaması.....	178
6.	SONUÇLAR.....	187
	KAYNAKLAR.....	188
	EKLER.....	199
Ek 1	Ülkelerin Dış Çevre Gürültüsü ile İlgili Oluşturduğu Standartlar ve Yönetmelikler.....	200
Ek 2	Örnek Çalışma Alanlarında Gerçekleştirilen Anket Çalışmaları.....	207
Ek 3	Çevre Gürültüsünün Ölçmelerinde İzlenen Süreç.....	210
Ek 4	Kente Ait Akustik Bilginin Çıkarılması İçin Gürültü Haritalarının Oluşturulması.....	215
	ÖZGEÇMİŞ.....	216

## SİMGE LİSTESİ

$d'$	Uzaklık ayrımı
$D$	Alıcı - engel arası uzaklık
$f$	Sesin frekansı
$GA$	Gürültü azalması
$H$	Engelin etkin yüksekliği
$I$	Sesin yeğînliği
$IL$	Alıcı noktalarındaki ortalama etkinlik düzeyi
$N$	Fresnel Sayısı
$P$	Ses kaynağının gücü
$r$	Kaynak – alıcı arasındaki uzaklık
$R$	Kaynak – engel arası uzaklık
$\Delta IL$	Yüksekliği 3 m. olan düz engele göre alıcı noktalarında akustik etkinliklerin farkı
$\Delta L$	İki yapı arasındaki yol genişliklerinin farkı
$\lambda$	Sesin dalga boyu
$\Phi$	Engelin akustik gölge açısı



## KISALTMA LİSTESİ

ANSI	American National Standards Institute
BIA	Brick Industry Association
DELTA	Danish Electronics, Light & Acoustics
DOT	Department of Transportation
EC	European Commission
EEA	European Environment Agency
EPA	Environmental Protection Agency
EPD	Environmental Protection Department
EU	European Union
FHWA	Federal Highway Administration
INFRAS	Consultants for Environmental Economics and Policies
INTRETS	Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
ISO	International Organization for Standardization
MHI	Mitsubishi Heavy Industrial Ltd.
OECD	Organization for Economic Co – operation and Development
ÖAL	Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung
REC	Roadside Environment Committee
RTA	Roads and Traffic Authority
TS	Türk Standardı
WHO	World Health Organization
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1	Yol – yapı yerleşimi arasındaki ilişki.....	14
Şekil 3.2	Yol genişliği – yapı yüksekliği arasındaki ilişki.....	14
Şekil 3.3	Yol – yapı yerleşimi arasındaki ilişki.....	15
Şekil 3.4	Yol ile balkon altları ve parapetler arasındaki ilişki.....	15
Şekil 3.5	Sesin açık havada yayılırken uzaklığın karesiyle azalması.....	16
Şekil 3.6	Noktasal kaynak gürültülerinin uzaklığa bağlı olarak azalması.....	18
Şekil 3.7	Gürültü kaynaklarının nokta ve çizgi kaynak özelliği taşıması durumunda uzaklıklar oranına bağlı olarak hesaplanan ses yeğinliğindeki azalmalar.....	19
Şekil 3.8	Rüzgarın sesi sürüklemesi.....	21
Şekil 3.9	Açık ve durgun hava koşullarında sesin akustik gölge oluşturması.....	22
Şekil 3.10	Zemin cinsine göre frekanslara bağlı olarak gürültü düzeylerindeki azalmalar	23
Şekil 3.11	Ağaç – bitki gruplarının engel oluşturması.....	24
Şekil 3.12	Topoğrafyanın gürültü azalmasına olumlu etkileri.....	25
Şekil 3.13	Topoğrafyanın gürültü azalmasına olumsuz etkileri.....	25
Şekil 4.1	Gürültü engellerine gelen sesin kırınarak akustik gölge oluşturması.....	26
Şekil 4.2	Gürültü engeli sayesinde ses enerjisinin yayılma biçimleri.....	27
Şekil 4.3	Engelin önerilen uzunluğunun saptanması.....	28
Şekil 4.4	Sınırlı engellerin uzunluğuna bağlı olarak yeğinlikteki azalmalar.....	29
Şekil 4.5	Sınırsız engeller için yeterli alanın bulunmaması durumu.....	29
Şekil 4.6	Gürültü engelinin etkinliğinin yüksekliğe bağlı olarak artışı.....	30
Şekil 4.7	Sınırsız engel yüksekliklerine bağlı olarak, yeğinlikteki azalmalar.....	30
Şekil 4.8	Sınırlı engellerin yüksekliklerine bağlı olarak, yeğinlikteki azalmalar.....	31
Şekil 4.9	Sınırsız engel ile kaynak arasındaki uzaklıkların etkinliğe etkileri.....	31
Şekil 4.10	Sınırlı engel ile kaynak arasındaki uzaklıkların etkinliğe etkileri.....	32
Şekil 4.11	Sınırsız engel ile alıcı arasındaki uzaklıkların etkinliğe etkileri.....	32
Şekil 4.12	Sınırlı engel ile alıcı arasındaki uzaklıkların etkinliğe etkileri.....	33
Şekil 4.13	Alıcının engelin simetri eksenine göre durumunun yeğinliğe etkileri.....	33
Şekil 4.14	Alıcı yüksekliğinin sınırsız engelin etkinliğine etkisi.....	34
Şekil 4.15	Sesin kırınmasında frekansa bağlı olarak engel etkinliği.....	34
Şekil 4.16	Sesin dalga boyunun engellerin etkinliğine etkisi.....	35
Şekil 4.17	Akustik etkinlikleri farklı olan gürültü engeli tipleri.....	35
Şekil 4.18	Sınırsız engelin kalınlığının etkinliğe etkisi.....	36
Şekil 4.19	Yansıtıcı malzemeyle kaplı engellerin sesi yansıtması.....	38
Şekil 4.20	Yutucu özellikteki engellerin sesi yutması.....	38
Şekil 4.21	Paralel engel örneği.....	39
Şekil 4.22	Paralel engellerin sesi yansıtması.....	40
Şekil 4.23	Üst üste binen engel örnekleri.....	41
Şekil 4.24	Üst üste binen engellerde giriş için bırakılan boşluklar.....	41
Şekil 4.25	Zig – zag engellerin örnekleri.....	42
Şekil 4.26	Eğilmiş dikme ve panel örnekleri.....	42
Şekil 4.27	Engellerin değişik üst başlık örnekleri.....	43
Şekil 4.28	Yumuşak köşeli aktif gürültü engelinin çalışma prensibi.....	45
Şekil 4.29	Yumuşak köşeli aktif gürültü engeli yönteminin örneği.....	46
Şekil 4.30	Yumuşak köşeli aktif gürültü engeli sisteminin uygulandığı bölümler.....	46
Şekil 4.31	Değişik üst başlıklar ve sağladıkları gürültü azalma değerleri.....	47
Şekil 4.32	Değişik üst başlıklar ve sağladıkları gürültü azalma değerleri.....	48
Şekil 4.33	Değişik biçimlerde kullanılan fotovoltaiik örnekleri.....	50
Şekil 4.34	Kaynaktan engele doğru esen rüzgarın engelin etkinliğine etkisi.....	51
Şekil 4.35	Engelin bulunması durumunda yansıyan ses ışınları.....	51

Şekil 4.36	Gürültü kaynağı, alıcı ve gürültü engeli arasındaki uzaklık ayrımı.....	52
Şekil 4.37	Sınırsız engellerin uzaklık ayrımına bağlı gürültü düzeyindeki azalmalar.....	52
Şekil 4.38	Kaynak engel ve alıcı konumuna göre d, d1 ve d2 uzaklıkları.....	53
Şekil 4.39	Fresnel sayısına bağlı olarak, gürültü düzeyindeki azalmalar.....	54
Şekil 4.40	Kaynak-engel-alıcı durumuna göre sesin kırınması.....	54
Şekil 4.41	Sınırsız engellerin yüksekliğine ve kaynak-alıcı uzaklığına bağlı olarak gürültü düzeyindeki azalma değerleri.....	55
Şekil 4.42	Engelin sağladığı azalmalar arasındaki ayrıma bağlı olan düzeltme değerleri..	56
Şekil 4.43	Kaynak alıcı ve engel yerleşimini gösteren şema.....	56
Şekil 4.44	Engelin bakışlımlı ve bakışsız durumuna bağlı olarak belirlenen $a$ , $a_1$ ve $a_2$ açıları.....	57
Şekil 4.45	Sınırlı engelin " $a$ " açısı yardımıyla yeğlilikteki azalmaların bulunması.....	58
Şekil 4.46	Sınırlı engelin belirlenen " $a_1$ " ve " $a_2$ " açıları için düzeltme değerleri.....	58
Şekil 4.47	Gürültü setlerinin genel görünüşü.....	59
Şekil 4.48	Dikme ve panellerden oluşan gürültü duvarlarının genel görünüşü.....	60
Şekil 4.49	Serbest ayakta duran prekast beton gürültü duvar örneği.....	62
Şekil 4.50	Serbest ayakta duran bitkilerle çevrili kutu şeklinde gürültü duvarı.....	63
Şekil 4.51	Serbest ayakta duran taş piramit gürültü duvar örneği.....	63
Şekil 4.52	Gömülen paneller.....	64
Şekil 4.53	Kısmen toprağa gömülü gürültü duvarları.....	64
Şekil 4.54	Yerinde dökme beton gürültü duvarları.....	65
Şekil 4.55	Birleşik sistemlere örnekler.....	65
Şekil 4.56	Köprülerin üzerine inşa edilen gürültü duvarları.....	66
Şekil 4.57	Gürültü duvarının mevcut duvarın üstüne yerleştirilmesi.....	67
Şekil 4.58	Gürültü duvarının yerinde dökme mevcut duvarın önüne yerleştirilmesi.....	67
Şekil 4.59	Gürültü duvarının doğal setin üstüne yerleştirilmesi durumu.....	68
Şekil 4.60	Dikme-panel ve panel-panel birleşimlerinde oluşabilecek genişleme ve daralmalar.....	69
Şekil 4.61	Engellerinin birleşimlerinde oluşabilecek genişleme ve daralmalar.....	70
Şekil 4.62	Toprak içindeki beton temellerin kademeli olarak uygulanması.....	71
Şekil 4.63	Engellerinin üst üste binen kısımlarının drenaj için kullanılması.....	72
Şekil 4.64	Gürültü engellerinin içinden suyun akışının sağlanması.....	72
Şekil 4.65	Gürültü engelinin altından suyun akışının sağlanması.....	73
Şekil 4.66	Engelin altına gözenekli taş sayesinde suyun akışının sağlanması.....	73
Şekil 4.67	Engelin altındaki panelin açılarak suyun akışının sağlanması.....	73
Şekil 4.68	Değişik beton gürültü duvarı örnekleri.....	74
Şekil 4.69	Betondan yapılan gürültü engellerinin değişik yüzey ve doku özellikleri.....	75
Şekil 4.70	Tuğla ve duvar blokları gürültü duvarı örnekleri.....	76
Şekil 4.71	Tuğla ve bloklardan yapılan gürültü engellerinin değişik yüzey ve doku özellikleri.....	77
Şekil 4.72	Metal gürültü duvarı örnekleri.....	78
Şekil 4.73	Metalden yapılan gürültü engellerinin değişik yüzey ve doku özellikleri.....	79
Şekil 4.74	Değişik ahşap gürültü duvarı örnekleri.....	80
Şekil 4.75	Ahşaptan yapılan gürültü engellerinin değişik yüzey ve doku özellikleri.....	81
Şekil 4.76	Transparan gereçlerle yapılan gürültü engellerinin değişik yüzey ve doku özelliklerinin yarattığı farklı etkiler.....	83
Şekil 4.77	Değişik plastik gürültü duvarı örnekleri.....	84
Şekil 4.78	Polimer bileşimli camyünü katkılı malzeme örnekleri.....	85
Şekil 4.79	Malzemelerin bir arada kullanıldığı gürültü engeli örnekler.....	85
Şekil 4.80	Kompozit gürültü engeli örnekleri.....	86
Şekil 4.81	Doku ve yüzey özelliklerinden örnekler.....	86

Şekil 4.82	Malzemelerin değişik doku ve yüzey özellikleriyle oluşturulan farklı etkiler..	87
Şekil 4.83	Basit ve karmaşık engellerin yarattığı etki.....	87
Şekil 4.84	Renkli gürültü engellerinin örnekleri.....	88
Şekil 4.85	Karayolunda uzaklık ve devinim etkisini gösteren görüntü konisi.....	89
Şekil 4.86	Gürültü engellerinin yol tarafından görünüşü.....	90
Şekil 4.87	Düşük hızlarda uygulanan gürültü engel örnekleri.....	91
Şekil 4.88	Çevredeki ve engeldeki çizgi ve hizanın ifadesi.....	92
Şekil 4.89	Engelin iki tarafında olan işlevler nedeniyle yaratılacak farklılıklar.....	92
Şekil 4.90	Engellerin hizalarında yapılan değişiklikler.....	93
Şekil 4.91	Paneller arasında eşit yükseklikler olması durumu.....	93
Şekil 4.92	Paneller arasında değişik açılarda farklı yükseklikler olması durumu.....	94
Şekil 4.93	Engellerin biçiminin seçimi.....	94
Şekil 4.94	Engellerin ölçeğinin saptanması.....	95
Şekil 4.95	Engellerin balansının tanımlanması.....	95
Şekil 4.96	Engellerin ritim ve sıralama kavramını verebilmesi.....	96
Şekil 4.97	Engellerin yönlendirme şekilleri.....	96
Şekil 4.98	Değişik yöntemlerle engelin görüntüsünün değiştirilmesi.....	97
Şekil 4.99	Engellerin bitiş detayları.....	97
Şekil 4.100	Tarihi ve Kültürel çevreye yönelik özel tasarımlar.....	98
Şekil 4.101	Levha, işaret ve tabelaların engelle bütünleştirilmesi.....	98
Şekil 4.102	Engellerin birleşim detayları.....	99
Şekil 4.103	Yukarıda olan objelerin engele etkileri.....	99
Şekil 4.104	Gürültü engeliyle doğal çevrenin bütünleştirilmesi.....	100
Şekil 4.105	Gürültü engeliyle doğal çevrenin bütünleştirilmesi.....	101
Şekil 4.106	Işıklılandırma ile engelde yaratılacak değişik etkiler.....	101
Şekil 4.107	Gürültü engelleri birleşim ve güçlendirme detayları.....	102
Şekil 4.108	Araçların korunabilmesi için engellerin yerleşimi.....	103
Şekil 4.109	Kamaşma etkisinin yarattığı olumsuzluklar.....	104
Şekil 4.110	Gürültü engellerinin yerleştirilmesinde görüş mesafesi.....	105
Şekil 4.111	Gürültü engellerinin kesişimlerinden oluşan acil çıkışlar.....	106
Şekil 4.112	Acil çıkış kapıları örnekleri.....	106
Şekil 4.113	Çıkış kapıları örnekleri.....	107
Şekil 4.114	Yangın için çıkış örnekleri.....	107
Şekil 4.115	Gürültü engel panellerinin içine gömülü hortum vanası.....	108
Şekil 4.116	Panele monte edilen valflerin kapatılması.....	108
Şekil 4.117	Kapakla kapatılan küçük yangın hortum çıkışları.....	108
Şekil 4.118	Gürültü engellerinin tamiratlara ihtiyaç duyması durumu.....	109
Şekil 4.119	Gürültü engellerinin bozulan parçalarının değiştirilebilmesi.....	109
Şekil 4.120	Gürültü engellerinin malzemelerinin bozulması.....	110
Şekil 4.121	Güneşin etkisiyle engellerin bozulması.....	110
Şekil 4.122	Gürültü engellerine grafiti yapılması.....	111
Şekil 4.123	Gürültü engellerinin çöp alanı olarak kullanılması.....	112
Şekil 4.124	Yol kenarında karın biriktirilmesi ve temizlenmesi.....	112
Şekil 4.125	Forster firmasına ait gürültü engelinde kullanılan metal ve cam tabakalar.....	114
Şekil 5.1	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi.....	115
Şekil 5.2	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin fotoğrafları.....	116
Şekil 5.3	D – 100 (E – 5) Karayolu Küçükyalı Sempti.....	117
Şekil 5.4	D – 100 (E – 5) Karayolu Küçükyalı Sempti'nin fotoğrafları.....	118
Şekil 5.5	Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi.....	118
Şekil 5.6	Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi fotoğrafları.....	119
Şekil 5.7	Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi planı ve ulaşım şeması.....	120

Şekil 5.8	Kişisel ve sosyal özelliklere ilişkin soruların ve alınan yanıtlar.....	123
Şekil 5.9	Çevreye ilişkin düşüncelerin değerlendirilmesi.....	124
Şekil 5.10	Gürültüden etkilenme faktörlerinin değerlendirilmesine ilişkin sorular ve yanıtlar.....	125
Şekil 5.11	Gürültü ve gürültü engelleri konusundaki genel görüşlerin değerlendirilmesi..	126
Şekil 5.12	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nde gürültünün belirlenmesine yönelik olarak seçilen ölçme noktaları.....	129
Şekil 5.13	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nde gerçekleştirilen ölçme sonuçları...	131
Şekil 5.14	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi gürültü haritası (Gündüz).....	135
Şekil 5.15	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi gürültü haritası (Gece).....	136
Şekil 5.16	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi yapı yüzü gürültü haritası (Gündüz)...	137
Şekil 5.17	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi yapı yüzü gürültü haritası (Gece).....	138
Şekil 5.18	Gündüz zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri.....	140
Şekil 5.19	Gece zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri.....	140
Şekil 5.20	Kişisel ve sosyal özelliklere ilişkin soruların ve alınan yanıtlar.....	142
Şekil 5.21	Çevreye ilişkin düşüncelerin değerlendirilmesi.....	142
Şekil 5.22	Gürültüden etkilenme faktörlerinin değerlendirilmesine ilişkin sorular ve yanıtlar.....	143
Şekil 5.23	Gürültü ve gürültü engelleri konusundaki genel görüşlerin değerlendirilmesi.....	146
Şekil 5.24	D-100 (E-5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi'nde gürültünün belirlenmesine yönelik olarak seçilen ölçme noktaları.....	148
Şekil 5.25	D-100 (E -5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi gürültü ölçüm sonuçları.....	150
Şekil 5.26	D-100 (E-5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi gürültü haritası (Gündüz).....	152
Şekil 5.27	D-100 (E-25) Karayolu Küçükyalı Bölgesi gürültü haritası (Gece).....	153
Şekil 5.28	Gündüz zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri.....	154
Şekil 5.29	Gece zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri.....	155
Şekil 5.30	YTÜ Hisar Sosyal Tesisi'nde gürültünün belirlenmesine yönelik olarak seçilen ölçme noktaları.....	158
Şekil 5.31	Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Tesisi gürültü haritası (Gündüz).....	161
Şekil 5.32	Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Tesisi gürültü haritası (Gece).....	162
Şekil 5.33	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (Gündüz).....	164
Şekil 5.34	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin, engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (Gece).....	165
Şekil 5.35	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin engel uygulamasından sonraki yapı yüzü gürültü haritası (Gündüz).....	166
Şekil 5.36	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin engel uygulamasından sonraki yapı yüzü gürültü haritası (Gece).....	167
Şekil 5.37	Engel uygulamasından sonra, gündüz zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri.....	168
Şekil 5.38	Engel uygulamasından sonra, gece zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri.....	169
Şekil 5.39	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi için önerilen engellerin yaratacakları görsel etkilerin örneklenmesi.....	170
Şekil 5.40	İstanbul-Ankara Asfaltı D-100 (E-5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi'nin engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (Gündüz).....	172

Şekil 5.41	İstanbul-Ankara Asfaltı D-100 (E-5) Karayolu Küçükalyalı Bölgesi'nin, engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (Gece).....	173
Şekil 5.42	Engel uygulamasından sonra gündüz zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri.....	174
Şekil 5.43	Engel uygulamasından sonra gece zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri.....	175
Şekil 5.44	D-100 (E-5) Karayolu Küçükalyalı Bölgesi için önerilen engellerin yaratacakları görsel etkilerin örneklemeesi.....	176
Şekil 5.45	YTÜ Hisar Sosyal Tesisi çevresindeki gürültünün azaltılmasına yönelik olarak Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nün kenarına yerleştirilen engelden önerisinden sonra oluşturulan gürültü haritası (Gündüz).....	179
Şekil 5.46	Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'nin engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (Gündüz).....	180
Şekil 5.47	Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'nin engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (Gündüz).....	181
Şekil 5.48	Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'nin, engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (Gece).....	182
Şekil 5.49	Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'nin, engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (Gece).....	183
Şekil 5.50	Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Tesisi için önerilen engellerin yaratacakları görsel etkilerin örneklemeesi.....	185

## ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1	Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Birliği Konseyi tarafından kabul edilen Çevresel Gürültü Yönetimi ve Değerlendirilmesi'ne ilişkin, 2002/49/EC sayılı Direktif.....	2
Çizelge 2.1	Gürültü düzeyleri ve oluşturdukları olumsuz etkiler.....	5
Çizelge 2.2	OECD 1986 gürültüden etkilenme eşikleri.....	7
Çizelge 2.3	Ülkelerin dış çevre gürültü yönetmelikleri.....	9
Çizelge 2.4	Ülkelerin değerlendirmeye aldıkları zaman dilimi ayrımları.....	11
Çizelge 2.5	Ülkelerin kullandıkları gürültü indeksleri.....	11
Çizelge 2.6	Ülkelerin alan kullanımlarına bağlı olarak belirledikleri kabul edilebilir gürültü düzeyleri.....	12
Çizelge 3.1	Farklı sıcaklık ve nemde, frekanslara göre azalmalar.....	20
Çizelge 3.2	Zemin cinsine bağlı olarak gürültü düzeyindeki azalmalar.....	23
Çizelge 3.3	Bitki örtüsünün niteliğine göre dB/m <sup>2</sup> 'deki ek gürültü azalması.....	24
Çizelge 3.4	Çeşitli bitki ve ağaçların sağladığı gürültü azalması.....	24
Çizelge 4.1	Engellerde kullanılan başlıca malzemelerin ses geçiş kayıpları, kalınlıkları ve kitle ağırlıkları.....	37
Çizelge 4.2	Değişik üst başlıklar ve sağladıkları gürültü azalma değerleri.....	47
Çizelge 4.3	Değişik üst başlıklar ve sağladıkları gürültü azalma değerleri.....	49
Çizelge 4.4	Engelin yapımında kullanılan malzemelere bağlı olarak yıllara bağlı olarak belirlenen 1998 yılına göre \$/m <sup>2</sup> birim maliyetleri.....	113
Çizelge 4.5	Engelin yüksekliğine göre yıllara bağlı olarak belirlenen 1998 yılına göre \$/m <sup>2</sup> birim maliyetleri.....	113
Çizelge 5.1	Ölçüm noktalarında kaydedilen ölçme sonuçları.....	130
Çizelge 5.2	1 Numaralı noktada ölçülen gürültü düzeyi dB(A).....	132
Çizelge 5.3	Gürültü haritalarındaki gürültü bölgelerinin renklendirmesi.....	134
Çizelge 5.4	Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin gürültü haritalarında uygulanan gürültü bölgelerinin renklendirmesi.....	134
Çizelge 5.5	Alan kullanımlarına bağlı olarak belirlenen aşılması gereken ve mevcut dış çevre gürültü düzeyleri (L <sub>Aeq</sub> ).....	139
Çizelge 5.6	Bölgedeki ölçüm noktalarında kaydedilen ölçme sonuçları.....	149
Çizelge 5.7	2 Numaralı noktada ölçülen gürültü düzeyi dB(A).....	151
Çizelge 5.8	Bütün ölçme noktalarda A ağırlıklı olarak ölçülen L <sub>10</sub> , L <sub>50</sub> , L <sub>90</sub> parametreleri.....	151
Çizelge 5.9	Alan kullanımlarına bağlı olarak belirlenen aşılması gereken ve mevcut dış çevre gürültü düzeyleri (L <sub>Aeq</sub> ).....	154
Çizelge 5.10	Ölçüm noktalarında kaydedilen ölçme sonuçları.....	159
Çizelge 5.11	2, 4, 6, 8 Numaralı noktada ölçülen gürültü düzeyi dB(A).....	159
Çizelge 5.12	2, 4, 6, 7, 8 noktalarında A ağırlıklı olarak ölçülen L <sub>10</sub> , L <sub>50</sub> , L <sub>90</sub> parametreleri.....	159

## ÖNSÖZ

Son yıllarda teknolojik gelişmeler ve nüfusun artması gibi etkenlere bağlı olarak etkisi giderek artan kent gürültüsünün, kaynak ile alıcı arasındaki ortamda denetlenmesi, gürültü engellerinin öneminin ortaya konması, Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde toplumun bilinçlendirilmesi, ve yapılacak diğer çalışmalara örnek teşkil etmesi amacıyla, gürültü engellerinin etkinliği örnekleme yoluyla incelenmiştir.

Bu tez çalışmasının başlangıcından itibaren yardımlarıyla beni yönlendiren, tez danışman hocam Sayın Yrd. Doç Dr. Neşe Yüğrük Akdağ'a; teze ilişkin çalışmalarımı bilimsel bir tutumla destekleyen çok değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Müjgan Şerefhanoglu Sözen'e, Prof. Dr. Zerhan Yüksel'e ve Prof. Dr. Zekai Görgülü'ye; kentsel ölçekte engel tasarımı ile ilgili bilgilerini benimle paylaşan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam Doç. Dr. Yalçın Ünal'a ve çalışma alanlarına ilişkin halihazır haritaların edinilmesini sağlayan, İlke Planlama ve MİP Mimarlık Ltd. Şti çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, her zaman olduğu gibi tüm desteğini benden esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.



## ÖZET

Gürültü engelleri, günümüzde önemli bir sorun haline gelen kent gürültüsünün, kaynak ile alıcı arasındaki ortamda denetlenmesinde, büyük yararlar sağlamaktadır. Gürültü rahatsızlığının giderilmesi ya da azaltılmasında oldukça önem taşıyan gürültü engelleri, Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi ve İstanbul-Ankara Asfaltı D-100 (E-5) Karayolu Küçükalyalı Bölgesi'nin bir bölümü ile Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi çevresinde gerçekleştirilen çalışmalarla örneklenmiştir.

Seçilen çalışma alanlarında, mevcut durumun belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen gözlemlerin ve anket çalışmalarının ardından, gürültü düzeyi ölçmeleri yapılmış, gündüz ve gece zaman dilimine yönelik gürültü haritaları oluşturulmuştur. Bu öznel ve nesnel değerlendirmelerin sonucunda bölgelerdeki mevcut durumuna ilişkin olarak getirilen engel önerileri ile, çevreye yayılan gürültünün, kabul edilebilir sınırlara yaklaştığı, yine oluşturulan gürültü haritaları yardımıyla ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Gürültü engeli, gürültü haritası, Bağdat Caddesi, D-100 (E-5) Karayolu, Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi.



## ABSTRACT

Noise that becomes a big problem in these days, can be controlled in the environment between source and receiver by noise barriers. Noise barriers which have significant importance in removing or reducing noise annoyance, are sampled by the studies that were accomplished in a part of Bağdat Street, D-100 (E-5) Highway K¼c¼kyalı District and Yıldız Technical University Hisar Social Foundation.

Observations and questionnaires were made, noise level measurements were done and also day and night time noise maps were formed to determine the existing situation of the selected study fields. As a result of these subjective and objective evaluations, it is achieved by the help of noise maps that noise spreading from source to receiver can be attenuated to the acceptable levels by barrier proposals which is related to the existing situation of districts.

**Keywords :** Noise barrier, noise map, Bağdat Street, D-100 (E-5) Highway K¼c¼kyalı District, Yıldız Technical University Hisar Social Foundation.



## 1. GİRİŞ

Fiziksel olarak düzensiz, fizyolojik olarak rahatsız edici seslerden oluşan gürültü, insanların sağlığı ve davranış biçimi üzerinde rahatsızlık ya da zarar oluşturmayacak şekilde sınırlandırılması yoluyla denetim altına alınması gereken, olumsuz etkileri diğer çevre kirliliği etkenleri gibi çarpıcı bir şekilde ortaya çıkmayan, sinsi ve yaygın bir çevre kirliliği etkenidir. Gürültü konusunda yapılan araştırmalar, Avrupa nüfusunun yaklaşık %25'inin, 65 dBA üzerinde trafik gürültüsüne maruz kaldığını (Almanya'da nüfusun %22'si, Hollanda'da nüfusun % 28'i gürültüden rahatsızlık duymaktadır. Yani gürültünün etki düzeyleri, ülkelere göre ayırım göstermektedir.) ortaya koymaktadır (Lambert ve Vallet, 1994; Anon, 1996; Antuano ve Spanjers, 1998; EEA, 1999; 2001; Miedema, 2001, Babisch, 2005).

Teknolojik gelişmeler ve nüfus artışı gibi etkenlere bağlı olarak olumsuz etkileri her geçen gün biraz daha artan gürültünün, kabul edilebilir sınırlar içinde kalması için, bilindiği gibi gürültü denetim aşamalarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Gürültü denetimi konusunun kent planlama ölçeğinde ele alınması yoluyla, yapı planlama ölçeğinde, denetime ihtiyaç duyulmaması sağlanabilir. Ancak, ülkemizde olduğu gibi, gürültü konusuna kent planlama ölçeğinde yaklaşımın olmadığı, ya da yerleşimlerin planlama dışı büyüdüğü durumlarda, çoğu zaman gürültü kaynağı ile alıcı arasındaki denetim kaçınılmaz olduğundan, akustik engeller, gürültünün denetlenmesinde yararlanılabilecek etkenlerin başında yer alır. Gürültü engelleri, hem gürültünün kaynak ile alıcı arasındaki ortamda denetlenerek, alıcıya gelmeden azalmasını, hem de gürültüden korunmuş kent bölgelerinin oluşmasını sağlamaktadırlar. Ayrıca görsel açıdan da gerçekleştirilecek düzenlemelerle, kent objesi olarak çevrede farklı etkiler yaratılabilmektedir.

Gelişmiş ülkelerin büyük çoğunluğunda özellikle karayolu trafik gürültüsünün denetlenmesinde kullanımı çok yaygın olan engellerin, ülkemizde henüz geniş çaplı kullanımı söz konusu değildir. Ancak, Avrupa Birliği'ne tam üyeliğin sağlanması için tüm aday ülkelerin bütün mevzuatlarının AB ile uyumlu olması gerektiğinden, AB'ye girmeye çalıştığımız bu günlerde, gürültü konusunda çalışmaların yapılması da zorunlu hale gelmektedir. Bu nedenle, Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Birliği Konseyi tarafından kabul edilen Çevresel Gürültü Yönetimi ve Değerlendirilmesine İlişkin, 25 Haziran 2002 tarihli 2002/49/EC sayılı Direktifi'ne göre, Çizelge 1.1'de yer alan kararların ülkemizde de uygulanması gerekmektedir ([46]).

Çizelge 1.1 Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Birliği Konseyi tarafından kabul edilen Çevresel Gürültü Yönetimi ve Değerlendirilmesine İlişkin, 2002/49/EC sayılı Direktif ([46])

<b>Gürültü Açısından İncelenen Alan Ya da Kaynaklar</b>	<b>Stratejik Gürültü Haritaları</b>	<b>Eylem Planları</b>
<b>Aglomerasyonlar</b>		
250.000'den fazla kişinin yaşadığı	30 Haziran 2007	18 Temmuz 2008
100.000'den fazla kişinin yaşadığı	30 Haziran 2012	18 Temmuz 2013
<b>Ana Karayolları</b>		
Yılda 6.000.000'dan fazla aracın geçtiği	30 Haziran 2007	18 Temmuz 2008
Yılda 3.000.000'dan fazla aracın geçtiği	30 Haziran 2012	18 Temmuz 2013
<b>Ana Demiryolları</b>		
Yılda 60.000'den fazla trenin geçtiği	30 Haziran 2007	18 Temmuz 2008
Yılda 30.000'den fazla trenin geçtiği	30 Haziran 2012	18 Temmuz 2013
<b>Ana Havaalanları</b>		
Yılda 50.000'den fazla uçuşun olduğu	30 Haziran 2007	18 Temmuz 2008

Gürültü engellerinin etkinliğinin değerlendirildiği bu çalışma kapsamında, gürültünün denetlenmesi konusuna dikkat çekmek, toplumun bilinçlenmesini sağlamak ve engellerin kent akustiği açısından önemini vurgulamak amacıyla, gürültü düzeylerinin kabul edilebilir sınırları aştığı ve rahatsızlığın ciddi boyutlara ulaştığı, üç örnek çalışma alanı belirlenmiştir. Bu çalışma alanlarından ilki, İstanbul'un önemli caddelerinden biri olan Bağdat Caddesi'nin Şaşkınbakkal Bölgesi; ikincisi, yine İstanbul'da trafiğin oldukça yoğun olduğu İstanbul-Ankara Asfaltı D-100 Karayolu (E-5) üzerinde yer alan Küçükyalı Sempti; üçüncüsü de Asya ile Avrupa'yı birbirine bağlayan köprülerden biri olan Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nün Rumeli ayağında yer alan; Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'dir.

Bu bölgelerde getirilen engel önerileriyle, gürültü denetiminde engellerin öneminin örnekleme yolu ile vurgulanması amaçlanmıştır. Dolayısıyla tez çalışması kapsamında, seçilen bölgelerin gürültü açısından mevcut durumu belirlendikten sonra, getirilen engel önerileri ile sağlanan gürültü azalmaları, gürültü haritaları yardımı ile ortaya konarak değerlendirilmiştir.

## 2. GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI, ETKİLERİ, DENETİMİ

### 2.1 Gürültü Kaynakları

“Çevre gürültüsü” ya da “toplumsal gürültü”; birtakım sağlık ve konfor sorunları yaratarak, uzun süreli etkili olan gürültü kaynaklarının toplam gürültüsüdür. Çevre gürültüsü, gürültüye maruz kalan kişilerin konumlarına, yerleşimlerine, gürültünün etki alanına ve yayılma şekillerine bağlı olarak, yapı içi gürültüler ve yapı dışı gürültüler (kentsel gürültüler) olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir.

Çevre gürültüsü ya da toplumsal gürültü; kentlerin büyümesi, kent nüfusunun artması, endüstrinin gelişmesi, ticaret ve alışveriş merkezlerinin artması, kara, hava ve deniz trafiğinin artması, büyük kentlerde yer altı trafiğinin artması, açık hava etkinliklerindeki çeşitlenme, yol-inşaat yapım ve onarımlarında kullanılan araç-gereç sayılarının ve kullanılışlarının artması gibi etkenlerle giderek çoğalmaktadır. Buna paralel olarak da çevre gürültüsünün etki alanı giderek genişlemektedir.

Konuşma, bağırma, öksürme, yüksek sesle şarkı söyleme, ıslık çalma, hapşırma, koşma, topuklu ayakkabıyla yürüme gibi insan sesleri; elektrikli süpürge, buzdolabı, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, televizyon, müzik seti, piyano gibi ev aletlerinin gürültüleri; havalandırma, ısıtma, soğutma, tesisat, hidrofor, asansör, jeneratör gibi yapı hizmetleri gürültüleri; çalışırken konuşma, makine gibi büro gürültülerini içeren, yapı içinde yer alan her türlü elektronik ekipmandan, mekanik sistemlerden ve insani faaliyetlerden oluşan gürültüler yapı içi gürültülerdir.

Karayolu, demiryolu, havayolu, denizyolu ve yer altı gibi ulaşım gürültüleri; çeşitli sanayi, imalat ve üretim makineleri gibi endüstri gürültüleri; yolların ve binaların yapımı ve yıkımı, belediyenin çalışmaları gibi inşaat gürültüleri, açık pazarlar, sokak satıcıları, yüksek sesli reklam ve müzik yayınları gibi ticari gürültüler, lunaparklar, panayırklar gibi oyun ve eğlence etkinlikleri, stadyumlar, spor sahaları gibi spor müsabakalarının yapıldığı alanlar, çocuk oyun alanları, pazarlar ve parklar gibi açık hava etkinliklerini içeren gürültüler ise, yapı dışı (kentsel) gürültülerdir. Kentsel gürültülerden karayolu, havayolu, denizyolu, demiryolu ile yer altı ulaşım gürültüleri, çevre koşullarına bağlı olarak farklı etkiler yaratmakta, gürültünün denetlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Karabiber, 1999).

Havayolu ulaşımı giderek yaygınlaştığı için, oluşturduğu gürültü de artmaktadır. Havayolu gürültüsü, bölgesel etkinliğe sahip olmasına rağmen gürültü düzeyi çok yüksek olduğu için, mimar ve şehir plancıların gerek makro gerekse mikro ölçekte tasarım ve planlama aşamalarında üzerinde düşünmesi ve çözüm üretmesi gereken ciddi bir sorundur. Uçaktan kaynaklanan gürültüler, iniş, kalkış ve yatay uçuş gürültüsü ile havaalanında oluşan gürültüleri içermektedir. Uçak gürültüsü, uçağın tipine, çalıştırılma tekniğine, uçuş profillerine bağlı olmak üzere, havanın uçak yüzeyini yalama biçiminden, yüzeydeki boşluklara giren havadan, uçak kontrol bölgelerine çarpan havadan ve iniş sistemleri içine giren hava hareketlerinden oluşan aerodinamik gürültü ve turbojet, turbofan ve pervaneli motor sistemi gibi motor yapısından kaynaklanan gürültülerden oluşurken, havaalanı gürültüleri ise, uçakların iniş ve kalkışları, saatlik, günlük, mevsimlik uçuş sayıları, hangarlardaki test çalışmaları, vb. gibi gürültülerden oluşmaktadır (Aknesil, 1992).

Demiryolu gürültüsü, yol boyunca önemli bir alanı kapsar. Oluşturduğu gürültü düzeyi genelde karayolu gürültüsünden daha yüksek olmasına rağmen, aralıklı ve belli oranda bölgesel olması nedeniyle daha az rahatsız edicidir. Lokomotif gürültüsü istasyonlarda daha baskındır. Elektrikli trenler, buharlı ve dizel motorlu trenlere göre daha az gürültü yaparlar. Rayların birleşim yerlerindeki yetersiz detaylar ile rayların kötü ve bakımsız durumda olması da gürültüyü artırır. Yükseltilmiş yol ve köprülerden geçen tren sesi çevreye daha çok yayıldığı için olumsuzdur. Tren yollarına yakın olan yerleşimler zeminden gelen titreşimlerden de etkilenir.

Denizyolu ve yer altı ulaşımı gürültüleri ise, bölgesel özellik gösteren ve rahatsızlık veren çevre gürültüleridir. Bu gürültülere ilişkin olarak alınması gereken önlemler ise diğer gürültü türlerine ilişkin olarak alınması gereken önlemlere benzemektedir (Şerefhanoglu vd., 1992).

Motosiklet, otomobil, minibüs, otobüs, kamyon gibi iki ve üç tekerlekli de dahil motorlu taşıtlardan kaynaklanan karayolu gürültüsü konusunda yapılan çalışmalardan da bilindiği gibi karayolu gürültüsü; motor, egsoz, lastik, süspansiyon, fan, sürtünme, vites değişikliği ve karoserden gelen sesler ile hava türbülansı, titreşim ve aerodinamik gürültülerden oluşan, yolların her yerde olması nedeniyle bölgesel özellik göstermeyen, düzeyi yüksek ve etki alanı oldukça geniş olan en yaygın çevre gürültüsüdür (Day vd., 1969; Demirel vd., 1996a, 1996b; Öztürk, 1996, 1997; Bay ve Güney, 1998; Türksever, 2001; Aktürk vd., 2003; [23]).

Bir karayolunda, yol yapım çalışmaları sırasında ve araçların faaliyet göstermesi sonucu yol trafiğe açıldıktan sonra oluşan gürültülerden yol trafik gürültüsünü oluşturan ve etkileyen etkenler; aracın ilk çalışması esnasında, düşük viteste ortaya çıkan, aracın niteliği (cinsi, motor tipi), yaşı, kaynak yüksekliği gibi etkenlerle değişiklik gösteren motor ve egsoz gürültüleri, hava etkisiyle yüksek hızlarda ortaya çıkan aerodinamik gürültüler, lastik özellikleri, yol kaplaması gibi farklı etkilerle ortaya çıkan yol yüzeyi gürültülerini de içeren araçlara bağlı değişkenler; trafik akımı cinsi, trafik hacmi, trafik kompozisyonu, araçların hızı, trafik yoğunluğu, dizi halinde araçların arasındaki uzaklık gibi trafik akımına bağlı değişkenler ve yol kaplaması cinsi, yolun eğimi, dönemeç ve kavşaklar, yolun enine kesiti, yol genişliği gibi yola bağlı değişkenler olarak sıralanabilmektedir.

Trafik gürültüsünün denetim altına alınması, gürültü düzeyinde bir azalmanın oluşturulması, ses basınç düzeyinin kabul edilebilir düzeylerde tutulması, frekans tayfının düzenlenmesi, etki süresinin kısaltılması, fon gürültüsünün maskeleyen etkilerinden yararlanması, zamana göre değişimin düzeltilmesi gibi yollarla sağlanabilir. Ayrıca, trafik gürültüsü konusunda yapılan çalışmalar, trafik gürültüsü düzeylerinin genelde 24 saatlik periyotlar içinde değişmeler gösterdiğini ve trafik gürültüsünün çoğunlukla kalın seslerden oluştuğundan büyük bir bölümü kulağın duyarlılığının az olduğu bölgede olduğu için A ağırlıklı düzeylerin kullanılması daha uygun olduğunu ortaya çıkarmıştır (Kurra, 1978; Dülgeroğlu, 2002).

## 2.2 Gürültünün İnsanlar Üzerindeki Etkileri

Gürültü sorunu ve gürültü düzeylerinin etkileri hakkında uzun yıllardır yapılan araştırmalar gürültünün, toplumun önemli bir kesimine verdiği zararın, çok yönlü ve önemli olduğunu göstermektedir. Farklı gürültü düzeylerinin oluşturduğu olumsuz etkiler, Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi derecelendirilmektedir (Crocker ve Kessler, 1982; Berlung ve Lindwall, 1995; Schomer, 2001; Koçal, 2004; TKBBV, 2004; [16], [34],[65]).

Çizelge 2.1 Gürültü düzeyleri ve oluşturdukları olumsuz etkiler. [65]

Sınıflandırma	Gürültü Düzeyi (dBA)	Gürültü Etkileri
1. Derece	30– 65	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku ve konsantrasyon bozukluğu.
2. Derece	65 – 90	Fizyolojik tepkiler, kan basıncının artması, kalp atışlarında ve solunumda hızlanma, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler.
3. Derece	90 – 120	Fizyolojik tepkilerin artması, baş ağrıları.
4. Derece	120 – 140	İç kulakta devamlı hasar, dengenin bozulması.
5. Derece	140	Ciddi beyin tahribatı.

### 2.2.1 Gürültünün Fizyolojik Etkileri

Kulak, iç kulak, orta kulak ve dış kulak olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. En dışta, görünen kısım olan dış kulak, kulak zarı ile orta kulaktan ayrılmaktadır. Orta kulakta bulunan örs, çekiç ve üzengi kemikçikleri sesin iç kulağa iletilmesine yardımcı olmaktadır. İç kulakta bulunan hücreler ise, sinir uyarılarının beyne iletilmesine yardımcı olmaktadır. Dış kulağa gelen ses titreşimlerinin, kulak zarını titreşime sokarak, orta kulaktaki kemikçiklere iletilmesi, oradan da iç kulakta bulunan işitme ve dengeye duyarlı hücrelere iletilerek, sinir uyarıları halinde beyne iletilmesi yoluyla işitme gerçekleşmektedir. Yüksek gürültü düzeyine maruz kalındığında, iç kulaktaki sinir uçlarında hasarlar oluşmaya başlamakta ve işitmede bir takım fiziksel sorunlar ve etkiler oluşmaktadır (en Health Council, 2004).

Konuyla ilgili olarak yapılan çalışmalardan da bilindiği gibi gürültünün oluşturduğu fizyolojik etkilerin başlıcaları; solunum sistemindeki değişiklikler, kan basıncının artması, kalp hızının artması, cilt direncindeki değişimler, istemli kasları kapsayan refleksler, gözbebeğinin büyümesi, bitkinliğin kronikleşmesi, vücut direncinin azalarak hastalıklara yakalanma riskinin artması, hormonal dengenin bozulması, kan dolaşımının yavaşlaması, mide salgısının artması, renk algılamada değişiklikler, kadınlarda doğum güçlükleri, sakat ve ölü doğumlar olarak sıralanabilir (Akdağ, 1996; Çelikyurt, 1996; [82], [85]).

Bu fizyolojik etkiler içinde en yaygınları, geçici işitme eşiği yükselmesi, kalıcı işitme eşiği yükselmesi ve akustik travma olarak farklı biçimlerde ortaya çıkan işitme kayıpları ile tinnitustur. Geçici işitme eşiği yükselmesi, kulağın, kısa süreli, yüksek düzeyli bir gürültüden etkilenmesinden hemen sonra oluşan işitme kaybı nedeniyle, özellikle yüksek frekanslarda ortaya çıkar. Geçici olan bu olaydan sonra kalan eşik değişikliği ölçülemeyecek kadar azdır. Kalıcı işitme eşiği yükselmesi, yüksek düzeyli ve uzun süreli gürültülü ortamda bulunulmasıyla ortaya çıkar. İşitme eşiği değişimi büyür ve kulağın eski haline dönmesi için geçen süre uzar. Zarar kalıcıdır ve geçicide olduğu gibi, gürültüde kalma süresi, gürültü tayfi ve düzeyi gibi etkenlere bağlıdır. Akustik travma, kulağın çok kısa süreli de olsa, yüksek ses enerjisi nedeniyle ani olarak hasara uğramasıdır. Ses düzeyinin 120 dB'in üzerinde olduğu durumlarda, iç kulakta hasar ve denge bozulması olurken, 130 dB'in üzerindeki düzeylerde, büyük oranda akustik travma oluşur. Tinnitus ise, herhangi bir dış uyaran olmaksızın kişinin, vücudunda istemsiz olarak oluşan sesleri algılamasıdır. Kişiler, eğitimlerine ve yaşadıkları çevreye göre, tinnituslarını dere ve rüzgar sesi gibi dış seslere benzetirler.

### 2.2.2 Gürültünün Psikolojik Etkileri ve Performans Değişimleri

Gürültünün psikolojik etkilerinin ve performans değişimlerinin başlıcaları; yorgunluk, sinirlilik, gerginlik, sıkıntı, uykuya dalma güçlüğü, ani uyanmalar, uykusuzluk, saldırgan davranışlar, dikkatin dağılması, iş veriminin azalması, öğrenmede güçlük, hafızada ve sosyal davranışlarda değişiklik (yardım etme içgüdüsünde azalma vb.) olarak sıralanabilir. Gürültünün etki alanının büyüklüğü, gürültünün niteliği-niceliği ve gürültünün fiziksel özellikleri, gürültünün kişiler üzerindeki tüm olumsuz etkileri ile doğrudan ilgilidir. Bu fiziksel özellikler; gürültünün tayfsal yapısı (dar bantlı ve yüksek frekanslı sesler daha fazla rahatsız eder), gürültünün düzeyi (gürültü düzeyi arttıkça rahatsızlık da artar), gürültünün etki süresi (gürültünün etki süresi uzadıkça, etkilenme de artar), ses basıncının yükseliş durumu (yükselen gürültü düzeyi daha fazla rahatsız eder), gürültünün zamansal değişimi (kesikli gürültüler, durağan gürültülere göre daha etkilidir) olarak sıralanabilmektedir (Akdağ, 1996; Önen, 1996; Çınar, 2001).

### 2.3 Gürültünün Denetlenmesi

Gürültünün olumsuz etkilerinin bilincinde olan, WHO ve OECD gibi uluslar arası ve INRETS ve INFRAS gibi ulusal kurum ve kuruluşlar özellikle son 25 yıldır, giderek artan gürültünün denetlenmesine yönelik çalışmalar yapmaktadır. Gürültünün denetlenmesi konusunun gerekliliği, Çizelge 2.2'de gösterilen OECD'nin 1986'da yayınladığı gürültüden etkilenme eşiklerinden de ortaya çıkmaktadır (Anon, 1986a; Karabiber, 1999).

Çizelge 2.2 OECD 1986 Gürültüden etkilenme eşikleri (Anon, 1986a)

Gündüz $L_{Aeq}$ (06-22)	Etkiler
55 – 60	Gürültü rahatsız eder
60 – 65	Rahatsızlık belirgin biçimde artar
65'in üzerinde	Davranış biçiminde engellemeler oluşur, gürültü kökenli ciddi zarar semptomları ortaya çıkar

Bu etkilenme eşiklerine bağlı olarak, açık ve kapalı mekanlarda, gerçekleştirilen işlevler doğrultusunda, kabul edilebilir gürültü düzeyleri belirlenmiştir. Dolayısıyla yaşanan tüm mekanlarda işitsel konforun sağlanması, kabul edilebilir gürültü düzeylerinin aşılması, gürültünün denetlenmesine bağlıdır. Uygun ses ortamını sağlamak için gürültünün denetlenmesi sürecinde, ilkesel olarak aşağıdaki sıra izlenir.

### **Kaynakta Denetim**

Kaynakta denetim, gürültü kaynağının ses düzeyini azaltmak/niteliğini değiştirmek, gürültü kaynaklarına (makine, taşıt, vb.) bakım ve titreşim denetimi yaparak kaynak alanının büyümesini engellemek ve gürültüyü kaynakta hapsedmek yoluyla yapılmaktadır. İlk olarak düşünülmesi gereken, en etkili ve en ekonomik denetim yöntemidir.

### **Kaynak-Alıcı Arasındaki Ortamda Denetim**

Kaynak-alıcı arasındaki ortamda denetim, kaynakta denetimin olanaklı olmadığı ya da yetersiz kaldığı durumlarda, gürültünün kaynakla alıcının konumuna göre yapı içindeki ve yapı dışındaki alıcıya ulaşırken; yapı dışında, yapı kabuğunda ve yapı içinde yayılmasının, geçmesinin ve iletilmesinin denetlenmesi yoluyla yapılır. Gürültünün kaynakla alıcı arasındaki ortamda denetlenmesi aşamasında, gürültü engellerinin kullanılması öncelikli olarak uygulanacak yöntemdir.

### **Alıcıda Denetim**

Alıcıda denetim ise, kaynakta denetimin ve kaynak-alıcı arasındaki ortamda denetimin yetersiz kaldığı durumlarda gürültüden etkilenmeyi önlemek için, alıcının eğitilmesi, etkilenme süresinin denetlenmesi, maskelenmesi ve kulak koruyucuları gibi gereçlerin kullanılması yoluyla, yapılmaktadır (Akdağ, 2000).

### **2.4 Kentsel Gürültü Denetimine Yönelik Standartlar ve Yönetmelikler**

Gürültünün yarattığı rahatsızlıkların ortadan kaldırılabilmesi, toplumun bilinçlendirilerek gürültüye karşı gereken tepkinin sağlanabilmesi ve gürültü kaynaklarının denetim altına alınabilmesi için, gürültü ile ilgili yasa, standart ve yönetmeliklerin oluşturulması gerekmektedir.

Gürültünün önemini kavrayan ülkeler, gürültünün yarattığı olumsuzlukları ortadan kaldırmak ve toplumun daha huzurlu ve sağlıklı bir hayat sürdürmesini sağlamak için gürültü ile ilgili yasa ve yönetmelikler çıkarmaktadırlar. Ülkeler gürültü ile ilgili yönetmelikleri hazırlarken, koşullarını, konumlarını, toplumdaki kişilerin özelliklerini, kültür birikimlerini, alışkanlıklarını, kimliklerini, sosyo-ekonomik yapılarını, coğrafi konumlarını, vb. özelliklerini göz önünde bulundurarak, uygulanabilir olmasına dikkat etmişlerdir. Ek 1’de ayrıntılı olarak yer verilen bazı ülkelerin uygulamakta oldukları gürültü yönetmeliklerinin adları ve tarihleri Çizelge 2.3’de yer almaktadır (Ek 1).

Çizelge 2.3 Ülkelerin dış çevre gürültü yönetmelikleri (Ek 1)

No	Ülke Adı	Yılı	Yönetmelik Adı
1	Almanya	1984 1986	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA-Lärm Final Governing Standards (Son Hükümet Standartları)
2	Amerika	1995	Federal Highway Administration Noise Abatement Criteria (Federal Karayolları Müdürlüğü Gürültü Azaltım Kriteri)
3	Avustralya	1996 1997	Noise Management Guidelines (Gürültü Düzenleme Kıl.) Environment Act (Çevre Kanunu)
4	B.Avustralya	1997	Environmental Protection (Noise) Regulations (Batı Avustralya Çevresel Koruma (Gürültü) Yönetmeliği)
5	G.Avustralya	1994	Environment Protection (Industrial Noise) Policy (Çevre Koruma (Endüstriyel Gürültü) Politikası)
6	Queensland	1997 2000	Environmental Protection (Noise) Policy (Çevresel Koruma (Gürültü) Politikası) Queensland's Nuisance Laws (Queensland Azaltım Yasası)
7	Tazmanya	2003	Draft Environment Protection Policy (Noise) (Tazmanya Çevre Koruma Politikası (Gürültü))
8	Victoria	1997	Environment Protection (Residential Noise) Regulations (Victoria Çevre Koruma (Konutsal Gürültü) Yönetmeliği)
9	Yeni Güney Galler	1995 2000	The Noise Control (Miscellaneous Articles) Regulation NSW EPA Industrial Noise Policy
10	Avusturya	1983 1984 1986 1993	ÖAL –Richtlinie Nr.23 ÖAL – Richtlinie Nr 24 ÖAL – Richtlinie Nr.3 Railway Noise Immission Ordinance
11	Bangladeş	1995	Environment Protection Act (Çevresel Koruma Yasası)
12	Belçika	1993 1999 1999 1999	Belgian Regulation VLAREM II WHO World Health Organization Noise Guidelines Moniteur Belge Le décret relative á la lutte contre le bruit
13	Brezilya	1990	ABNT Standarts 10.151 (Fon Gürültü Standartları) Federal CONAMA Resolution No 001/90(Federal Kararlar)
14	Çek Cumhuriyeti	1977	Decree of the Ministry of Public Health of the Czech Rep No13/1977 (Çek Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı Yasası)
15	Çin	1993	Standard of Environmental Noise of Urban Area (Kent Alanında Çevre Gürültüsü Standardı)
16	Danimarka	1984 1984 1994 1995 1997 1997 1991 1997	EPA Çevresel Kılavuz No.5, 1984 (Kaynakların tümü için) EPA Çevresel Kılavuz No.3 (Konut alanlarında trafik) EPA Çevresel Kılavuz No.5 (Havayolları) EPA Çevresel Kılavuz No.1 (Atış sahaları) EPA Çevresel Kılavuz No.1 (Demiryolları) EPA Çevresel Kılavuz No.3 (Motor Sporları) Çevre Bakanlığı Yasası No 304 (Rüzgar tirbünleri) Çevre ve Enerji Bakan.Yasası No 821 (Yüksek hızlı feribot)
17	Finlandiya	1992 1999	Guidelines for Noise Levels Caused By Shooting Ranges Finnish Noise Abatement Policy (Gürültü Azaltım Politikası)

18	Fransa	1983 1993	French Ministry of Transport Circular (Ulaştırma Bak.Bildir.) Protection Against Noise Safety Code (Çevre Koruma Kodu)
19	Güney Afrika	1989 1994	Environmental Conservation Act (Çevre Koruma Kanunu) S. African Bureau of Standards Code of Practice 0103
20	Hindistan	2000	The Noise Pollution (Regulation and Control) Rules
21	Hollanda	1979 1998	Noise Nuisance Act (Gürültü Azaltım Yasası) Environmental Management Catering, Sports and Recreational Establishments Decree
22	Hong Kong	1996 1997 1997 1999 2001	Delici Hariç Yapım İşlerinden Kaynak.. Gür. İçin Teknik Not Delici ve Vurucu Aletlerden Kaynak. Gür. İçin Teknik Not Evcil, Kamusal, Yapım İşlerinden Başka Gür. İçin Teknik Not Environmental Impact Assessment Ordinance Belirli Alanlarda Yapım İşleri Gürültüleri İçin Teknik Not
23	İngiltere	1994	Planning Policy Guidance: "Planning and Noise"
24	İrlanda	1994	Environmental Protection Act (Çevre Koruma Yasası)
25	İspanya	1986 1993	Real Decreto Legislativo 1302/1986 de Evaluación de Impacto Ambiental Informe Propuesta de Legislación para el control de los niveles de ruido ambientales
26	İsrail	1990	Abatement of Nuisances Regulations
27	İsveç	1993	National Action Plan Against Noise
28	İsviçre	1986	Noise Abatement Ordinance
29	İtalya	1991	DPCM Gazzetta Ufficiale n.57 (Sesin İç ve Dış Alanlar İçin Maksimum Limiti)
30	Japonya	1973 1975 1990 1995 1997 1998 1999	Environmental Quality Standards for Aircraft Noise Environmental Quality Standards for Shinkansen Noise Gui. for the Preservation of Living Envi. Around Small Airfi. Guideline of Noise Measures for Conventional Railways Environmental Impact Assessment Law Environmental Quality Standards for Noise Noise Regulation Law
31	Kanada	1997	Noise Assessment Criteria in Land Use Planning
32	Kore	1997	Korea Noise Quality (Kore Gürültü Kalitesi)
33	Lübnan- Mısır	1996	Lübnan / Mısır – Ministry of Environment, Res1/52, Official Gazette Issue
34	Macaristan	1984 2002	Macaristan Gürültü Standartları Decree 4 / 1984 Decree No. 8/2002(I1.23) (Yapım İşlerinden Kaynaklanan)
35	Makedonya	1993	The Official Gazette of The Republic of Macedonia No. 64/93
36	Norveç	1979 1981 1993 1997 1997	Guidelines for Road Traffic Noise (Yol Trafik Gürültüsü Kla.) Guide. on External Industrial Noise (Dış Endüstri Gür.Kla.) Guidelines shooting range noise (Atış Mesafesi Gürültü Kla.) Guidelines for Aircraft Noise (Havayolu Gürültüsü Kla.) Technical Regulations / Sound classes
37	Polonya	1980	Environmental Protection Act (Çevre Koruma Yasası)
38	Portekiz	1987	The General Noise Regulation Decree-Law n.251/87
39	Singapur	1995 1999	Noise in Public and Residential Areas, 1995 Environmental Pollution Control Regulations, 1999
40	Türkiye	1986	Gürültü Kontrol Yönetmeliği
41	Yeni Zelanda	1984	New Zealand Standards (Yeni Zelanda Standartları)
42	Yunanistan	1992	Ministerial Decision 17252 – Official Gazette 395/B19

Ülkelerin değerlendirmeye aldıkları zaman dilimleri ayırım gösterebilmektedir. Çizelge 2.4’de kullanılan zaman dilimleri örneklenmektedir.

Çizelge 2.4 Ülkelerin değerlendirmeye aldıkları zaman dilimi ayrımları (Ek 1)

Ülkeler	Günün zaman dilimi		
	Gündüz	Sabah,Akşam	Gece
Almanya	06.00 – 22.00	-	22.00 – 06.00
Avusturya	06.00 – 22.00	-	22.00 – 06.00
Belçika	07.00 – 19.00	19.00 – 22.00	22.00 – 07.00
Danimarka	07.00 – 18.00	18.00 – 22.00	22.00 – 07.00
Estonya	07.00 – 23.00	-	23.00 – 07.00
Finlandiya	07.00 – 22.00	-	22.00 – 07.00
Fransa	07.00 – 20.00	6.00 – 7.00, 20.00 – 22.00	22.00 – 06.00
Hollanda	07.00 – 19.00	19.00 – 23.00	23.00 – 07.00
İngiltere	07.00 – 23.00	-	23.00 – 07.00
İspanya	07.00 – 22.00	-	22.00 – 07.00
İsveç	07.00 – 18.00	18.00 – 22.00	22.00 – 07.00
İtalya	06.00 – 22.00	-	22.00 – 06.00
Polonya	06.00 – 22.00	-	22.00 – 06.00
Portekiz	07.00 – 22.00	-	22.00 – 07.00
Türkiye	06.00 – 19.00	19.00 – 22.00	22.00 – 06.00

Ayrıca ülkeler kriterlerine bağlı olarak kendilerine uygun gürültü indeksleri kullanmışlardır. Bazı ülkelerin kullandıkları gürültü indeksleri Çizelge 2.5’de yer almaktadır.

Çizelge 2.5 Ülkelerin kullandıkları gürültü indeksleri (Ek 1)

Ülkeler	Gürültü İndeksi			Açıklama
	Karayolu Demiryolu	Havayolu	Endüstri	
Almanya	$L_{Aeq}$	$L_{Aeq}$	$L_r$	<p><math>L_{eq}</math>:Belirlenen bir sürede zaman içinde düzeyi değişen bir sesle, aynı ağırlıklı enerjisi olan, durağan sesin düzeyidir.</p> <p><math>L_{DN}</math>:Gece periyodunda oluşan gürültülerin 10 dB arttırılmış <math>L_{eq}</math> değeridir.</p> <p><math>L_{den}</math>: Akşam oluşan gürültülerin 5 dB, gece periyodunda oluşan gürültülerin ise 10 dB arttırılmış <math>L_{eq}</math> değeridir.</p> <p><math>L_r</math>:<math>L_{Aeq}</math> değerlerinin zamana göre düzeltme değerleri eklenmiş halidir.</p> <p><math>L_{A50}</math>:Örnek zaman süresinin %50’sinde aşılacak A ağırlıklı gürültü düzeyidir.</p> <p><math>Lex90/Lex95</math>:<math>L_r</math> değerinden <math>L90/L95</math> fon gürültüsü düzeyinin çıkarılmasıdır.</p> <p><math>I_p</math>:Her uçak için PNdB değerlerinin logaritmik toplamıdır.</p> <p><math>B/Ke</math>:Hollandalıların maks.düzeyler için kullandığı Kosten-unit birimidir.</p> <p><math>WEPCNL</math>:Havaalanı ve çevresinde hava aracı gürültüsünün saptanmasında ICAO tarafından öngörülen birimdir.</p>
Avusturya	$L_{Aeq}$	$L_{Aeq}$	$L_r$	
Belçika	$L_{Aeq}$	$L_{dn}$	$L_r$	
Danimarka	$L_{Aeq}$	$L_{den}$	$L_r$	
Estonya	$L_{Aeq}$	$L_{Aeq}$	$L_{Aeq}$	
Finlandiya	$L_r$	$L_r$	$L_r$	
Fransa	$L_{Aeq}$	$I_p$	$L_r$	
Hollanda	$L_{Aeq}$	$B / Ke$	$L_r$	
İngiltere	$L_{Aeq}$	$L_{Aeq}$	$L_{ex90}$	
İspanya	$L_{Aeq}$	$L_{Aeq}$	$L_{Aeq}$	
İsveç	$L_{Aeq}$	$L_{den}$	$L_r$	
İtalya	$L_{Aeq}$	$L_{Aeq}$	$L_r$	
Polonya	$L_{Aeq}$	$L_{Aeq}$	$L_{Aeq}$	
Portekiz	$L_{A50}$	$L_{A50}$	$L_{ex95}$	
Türkiye	$L_{Aeq}$	$L_{Aeq} / WEPCNL$	$L_{Aeq}$	

Ülkeler, gürültü yönetmeliklerini hazırlarken, kendilerine uygun bir sistem geliştirmiştir. Ülkelerin çoğu kabul edilebilir dış çevre gürültü düzeylerini alan kullanımlarına bağlı olarak belirlerken, kimi ülkeler de söz konusu değerleri gürültü kaynaklarına göre belirlemektedir. Ek 1’de ayrıntılı olarak yer alan ülkelerin çıkardığı gürültü yönetmeliklerine göre belirlenen kabul edilebilir dış çevre gürültü düzeyleri Çizelge 2.6’da örneklenmektedir.

Çizelge 2.6 Ülkelerin alan kullanımlarına bağlı olarak belirledikleri kabul edilebilir gürültü düzeyleri (Ek 1)

Ülkeler	Sessiz Alanlar		Konut Alanları		Ticaret Alanları		Endüstri Alanları	
	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece
Almanya	40-45	30-35	50	35-40	60-65	45-50	65-70	50-70
Amerika	45-50	35-40	50-60	45-55	60-70	55-65	65-80	55-75
Avustralya	40-45	30-35	50-55	40-45	50-65	40-60	60-75	50-60
Belçika	40	30	45-50	35-40	50-55	45-50	55-60	50-55
Brezilya	40	35	50-55	45-50	60	55	70	60
Çin	50	40	55	45	60-65	50-55	70	55
Danimarka	40	35	45-55	35-40	55-60	40-60	60-70	60-70
Fransa	45	35	50-55	40-45	60	50	65-70	55-60
G. Afrika	45	35	50-55	40-45	60-65	50-55	70	60
Hindistan	50	40	55	45	65	55	75	70
İsveç	40-45	35-40	50-55	40-45	65	50-55	65	50-55
İsviçre	50	40	55	45	60	50	65	55
İtalya	50	40	55-60	45-50	60-65	50-55	70	60-70
Japonya	45-50	40-45	50-60	40-50	60-65	50-55	65-70	55-65
Kore	50	40	55	45	65	55	70	65
Lübnan	35-45	25-35	40-60	30-50	55-60	50-55	60-70	50-60
Macaristan	45	35	50	40	55	45	60	50
Makedonya	45-50	40-45	55-60	45-50	65	50	70	70
Polonya	50-55	40-45	55-60	45-50	60	50	60-65	50-55
Singapur	50	40	60	45	70	50	75	50
Türkiye	35-45	25-35	40-65	30-55	55-65	45-55	60-70	50-60
İngiltere	Karayolu		Demiryolu		Havayolu		Karışık	
	55-72	45-66	55-74	45-66	57-72	48-66	+5-10	45-66
İspanya	Mevcut kaynak Mevcut alıcı		Yeni kaynak Mevcut alıcı		Mevcut kaynak Yeni alıcı		Yeni kaynak Yeni alıcı	
	60-75	50-75	55-75	45-70	50-75	40-70	50-70	40-65
Çek Cumhuriyet	Mevcut yapılaşmanın olduğu alanlarda, 65 dB(A) gündüz, 55 dB(A) gece; Yeni yapılaşmanın olduğu alanlarda ise 55 dB(A) gündüz, 45 dB(A) gecedir.							

Gürültünün denetlenebilmesi için ülkemizde de konu ile ilgili tüm kurum ve kuruluşların etkili ve kapsamlı politikalar oluşturması gerekmektedir. Ayrıca bu yasa ve yönetmeliklerin kağıt üzerinde kalmayıp, uygulamaya geçirilmesi de sağlanmalıdır.

### 3. GÜRÜLTÜNÜN AÇIK HAVADA YAYILMASI VE DIŞ ETKENLER

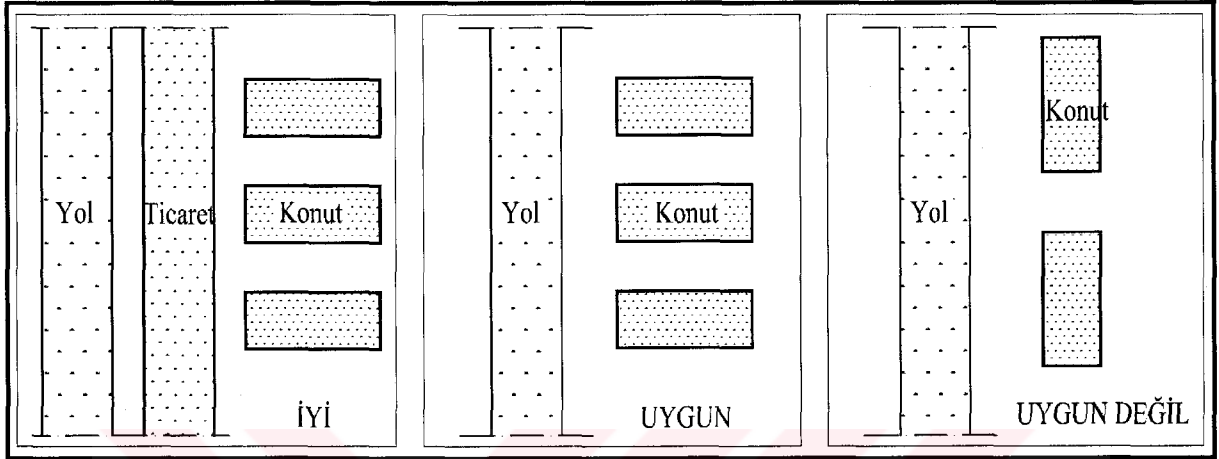
Gürültünün denetlenmesi yoluyla, akustik anlamda uygun çözümler üretilerek, gürültünün rahatsızlık sınırları dışında tutulmasını sağlanabilir ve insanlar için yaşanabilir ortamlar yaratılabilir. Gürültü sorununa, kent planlama (makro düzeyde) ve yapı planlama (mikro düzeyde) ölçeğinde, yeni ve mevcut kentlerde ya da yapılarda önlem alınması yönünden yaklaşılabilir. Gürültünün denetiminin öncelikle kent planlama aşamasında ele alınmasıyla, mevcut yerleşim alanlarının iyileştirilmesinin yanı sıra, yeni planlanan yerleşim bölgeleri ya da ulaşım aksları da programlı ve sağlıklı bir biçimde gelişir. Dolayısıyla, mevcut ve yeni yerleşimlerde zamanla değişen ve gelişen koşullara uyumlu bir kentleşme olanağı yaratılmış olur. Ayrıca, kent planlama ölçeğinde gürültünün denetlenmesi sayesinde, yapı ölçeğinde denetlenmesine gerek kalmadığından, iş gücü, ekonomi, enerji, doğal kaynak gibi konularda da kazanç sağlanır (The Royal Australian Institute of Architects, 1996).

Gürültünün denetlenmesi konusunun planlamada, tasarımda ve uygulamada düşünülmesi gerektiğinden; mimarların, akustik uzmanların ve kent planlamacıların aşağıdaki etkenleri göz önünde tutarak, ortaklaşa çalışmaları daha akılcı bir yaklaşım olmaktadır (Davis, 2002).

- Alıcılar ile gürültü kaynağı arasına az kullanılan veya hiç kullanılmayan alanların, gürültü düzeyi yüksek olan alanlar ile gürültü düzeyinin düşük olduğu alanlar arasına, bitkilendirme ve engel gibi ayırıcı veya tampon alan/bölge yerleştirilmesi (Eğitim yapıları, sağlık yapıları, dini yapılar ile park, bahçe gibi sessiz alanların, sanayi ve ulaşım alanları gibi gürültülü alanlardan ayrılması gibi)
- Ulaşım aksları ile yolların nitelik, konum ve biçimlerinin çevredeki elemanlara göre belirlenmesi,
- Kentin zaman içindeki gelişmeleri, kullanımları ve değişen koşullar sonucu ortaya çıkabilecek gürültü düzeylerinin planlanması,
- Yapı ölçeğinde de sessiz işlevleri olan birimlerin, gürültülü alanlarla arasına daha az gürültülü işlevlerin yerleştirilmesi yoluyla olabildiğince gürültüden uzaklaştırılması,
- Gürültünün geçmesi konusunda pencere, kapı gibi zayıf elemanların güçlendirilmesi ve açılış yönlerinin saptanması.

Planlama ve tasarım evresinde düşünülen bu etkenlerin, uygulama aşamasında da zaman içindeki değişim ve gelişmelerin yaratacağı revizyon ve yenilemeleri kaldırarak nitelikte olması gerekir.

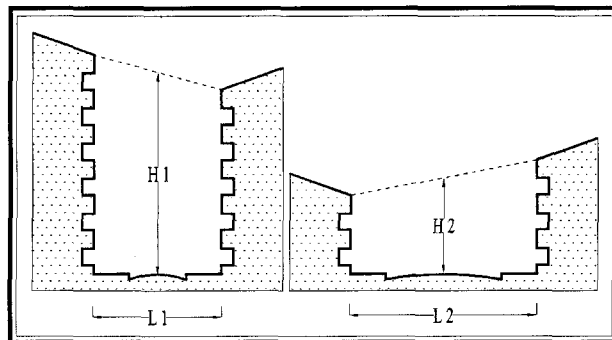
Kentsel planlama aşamasında, yapıların yol gibi gürültülü alanlara göre yerleşimine ve konumlandırılmasına dikkat edilmesi gerekir. Yoğun trafiğin olduğu, gürültülü yollara paralel olarak yerleştirilen yapıların uzun cepheleri gürültüden daha fazla etkilendiği için, Şekil 3.1'de görüldüğü gibi yola dik olarak yerleştirilmesi daha uygun olmaktadır (Roberts ve Fairhall, 1988; Şerefhanoglu vd., 1992; [20]; [74]).



Şekil 3.1 Yol – yapı yerleşimi arasındaki ilişki (Şerefhanoglu vd., 1992)

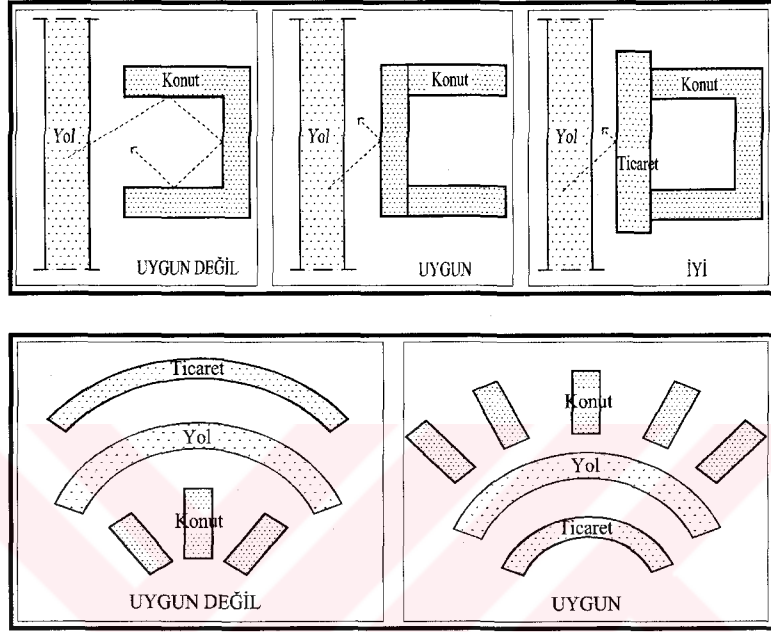
Ayrıca, yol genişlikleri ve yol kenarında konumlanan yapı dizileri de gürültü düzeyini etkiledikleri için planlama aşamasında üzerinde düşünülmesi gereken konulardır. Yol genişliğinin az olduğu yollarda, yapı yüzlerinden olan yansımalar nedeniyle, gürültü düzeyi daha fazla olmaktadır. Ancak meydanlar ve çok geniş yollar, yapıların uzakta olması nedeniyle sınırsız alanlar gibi davranacaklarından, çevre yansımalar oluşmaz dolayısıyla, gürültü düzeylerinde artış olmaz. Şekil 3.2'de görülen değişik yol genişlikleri ve yapı yüksekliklerine göre, (3.1) eşitliği yardımıyla, ses düzeylerindeki farklılıklar bulunabilir.

$$\Delta L = -10 (1.7 \log L1/L2 + \log H2/H1) \text{ dB} \quad (3.1)$$



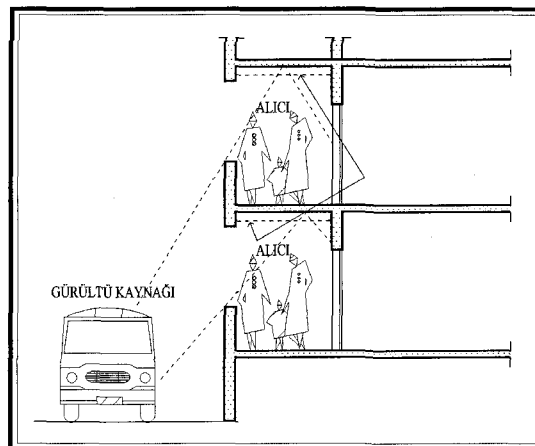
Şekil 3.2 Yol genişliği – yapı yüksekliği arasındaki ilişki (Şerefhanoglu vd., 1992)

Yapıların biçimi ve yola göre konumları, gürültü açısından üzerinde durulması gereken bir başka konudur. Şekil 3.3'te görüldüğü gibi U biçimindeki yapıların avluya bakan yüzlerinden oluşabilecek yansımalar, gürültü düzeyinin artmasına neden oldukları için, avlulu cephele yola açılmamalı ve içbükey formların gürültüyü topladığı, dışbükey formların da gürültüyü dağıttığı tasarım aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır (Şerefhanoglu vd., 1992; [74]).



Şekil 3.3 Yol – yapı yerleşimi arasındaki ilişki (Şerefhanoglu vd, 1992)

Tasarımda dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta da gürültülü yollara bakan balkonlardır. Şekil 3.4'te görülen balkon altlarından yansıyan sesin, kapılardan ve pencerelerden içeri girmemesi için parapet ve yutucu yüzeyler kullanımı gibi özel önlemlerin alınması gerekmektedir (Moore, 1988; Şerefhanoglu vd., 1992).



Şekil 3.4 Yol ile balkon altları ve parapetler arasındaki ilişki (Şerefhanoglu vd., 1992)

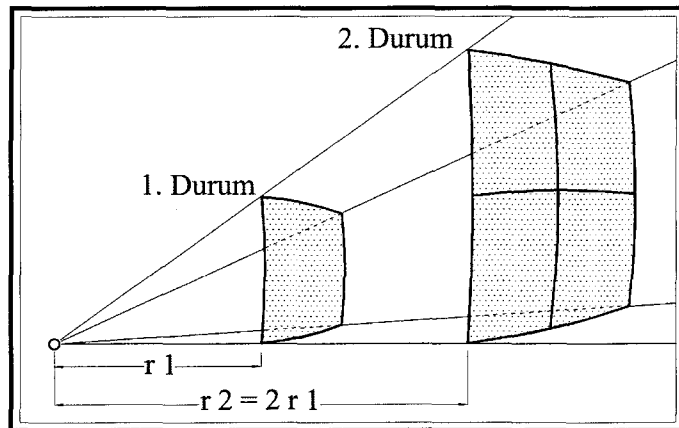
Gürültü denetiminin kent planlama aşamasında gerçekleştirilmesi durumunda, genellikle yapı planlama aşamasında gürültü denetimi gereksinimi yok olmakta ya da azalmaktadır. Kişilerin yaşadıkları çevrelerde kendilerini işitsel açıdan konfor koşullarında hissetmeleri için, tasarım, yapım ve uygulama aşamalarında gürültü denetimi konularına titizlikle yaklaşılarak, soruna uygun akılcı, sağlıklı ve ekonomik çözümler üretilmelidir.

Gürültünün açık havada yayılmasında dış etkenler, uzaklık, havanın moleküler yutuculuğu, atmosfer ve iklim koşulları, bitki ve zemin örtüsü, topoğrafik durum ve engeller olarak sıralanabilir. Gürültünün kaynaktan çıktıktan sonra açık havada yayılması sırasında kimi zaman artması çoğu zaman da azalmasında etkili olan bu dış etkenlerin tümü her zaman aynı derecede etkili olmayıp, koşullara göre değişebilmektedir.

Gerek kent planlama, gerekse yapı planlama aşamalarında, özellikle yeni yerleşim bölgelerinde, gürültü denetimi yönünden ağırlık taşıyan dış gürültüler içinde önemli yeri olan trafik gürültülerinin denetlenmesinde, yukarıda sözü edilen dış etkenlerin dikkatle değerlendirilmesi ve bunlardan yararlanma koşullarının titizlikle belirlenmesi gerekir. Bu bölümde gürültünün açık havada yayılmasında dış etkenler ele alınacak, bunlardan engeller konusuna detaylı olarak yer verilecektir.

### 3.1 Uzaklık

Gürültü üç boyutlu ortamlarda, yani açık havada yayılırken, gürültü kaynağının özelliklerine ve alıcıya olan uzaklığa bağlı olarak azalır. Gürültü kaynağı eğer nokta kaynağı taşıyorsa, ses küresel dalgalar biçiminde yayılır ve buna bağlı olarak, Şekil 3.5'de de görüldüğü gibi alıcıya ulaşırken, uzaklığın karesiyle azalır (Karabiber, 1988).



Şekil 3.5 Sesin açık havada yayılırken uzaklığın karesiyle azalması (Karabiber, 1988)

Sesin açık havada yayılmasında ses kaynağının gücü, (3.2) eşitliği ile hesaplanabilir (Şerefhanoglu vd., 1992).

$$I = P / 4 \pi r^2 \quad (3.2)$$

$I$  = Sesin yeğlinliği  $(\mu W/cm^2, W/cm^2)$

$P$  = Kaynak gücü  $(\mu W, W)$

$r$  = Kaynak – alıcı arasındaki uzaklık (cm) ise,

Şekil 3.5’de gösterilen koşullara bağlı olarak, ses kaynağının gücü hesaplanırken, 1. durum için (3.3) eşitliği kullanılabilir.

$$P = I_1 4 \pi r_1^2 \quad (3.3)$$

Şekil 3.5’de gösterilen koşullara bağlı olarak, ses kaynağının gücü hesaplanırken, 2. durum için ise (3.4) eşitliği kullanılabilir.

$$P = I_2 4 \pi r_2^2 \quad (3.4)$$

Dolayısıyla, sesin yeğlinliği ve uzaklıklar arasında, (3.5) eşitliği kurulabilir. Yani uzaklık iki katına çıktığı zaman fiziksel yeğlilik,  $1/4$ , üç katına çıktığında  $1/9$ , on katına çıktığında ise  $1/10$  olur.

$$I_1 4 \pi r_1^2 = I_2 4 \pi r_2^2 \Rightarrow I_1 / I_2 = (r_2 / r_1)^2 \quad (3.5)$$

Noktasal kaynaklarda, uzaklığa bağlı olarak ses yeğlinliğindeki azalma dB olarak ele alındığında ise, 3.6 eşitliği oluşturulabilir (Şerefhanoglu vd., 1992).

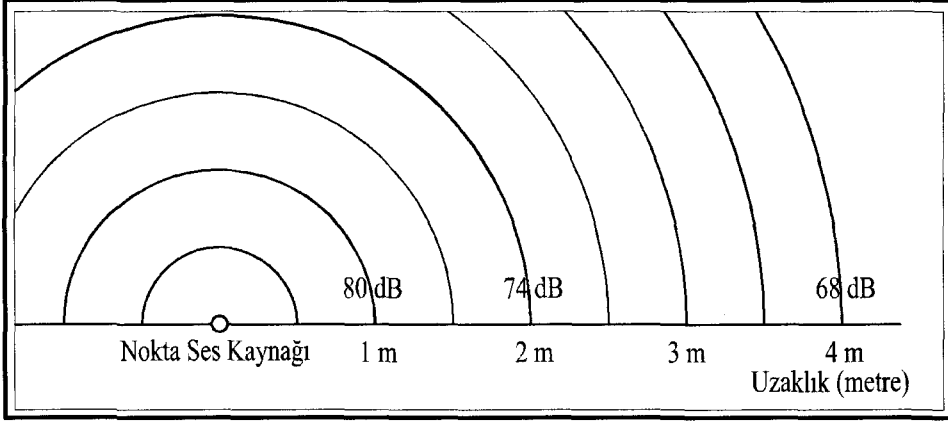
$$R = 10 \log (r_2/r_1)^2 \quad (3.6)$$

$R$  = Ses yeğlinliğindeki azalma (dB)

$r$  = Kaynak–alıcı arasındaki uzaklık (m)

Bu durumda, nokta kaynağa olan uzaklık her iki katına çıktığında, ses yeğlinliğindeki azalma 6 dB, nokta kaynağa olan uzaklık her on katına çıktığında ses yeğlinliğindeki azalma 20 dB olur.

Örneğin Şekil 3.6'da görüldüğü gibi, ses kaynağından 1m. uzaklıkta ölçülen yeğinlik 80 dB ise, uzaklık 2m. ye çıktığında yeğinlik 74 dB, uzaklık 4m. ye çıktığı zaman 68 dB, uzaklık 10m. ye çıktığında ise 60 dB olur.



Şekil 3.6 Noktasal kaynak gürültülerinin uzaklığa bağlı olarak azalması

(3.6) eşitliğine göre, uzaklığa bağlı olarak ses düzeyindeki azalmalar;

$$r_2 / r_1 = 2 \text{ ise, } R = 20 \log 2 = 6 \text{ dB}$$

$$r_2 / r_1 = 10 \text{ ise, } R = 20 \log 10 = 20 \text{ dB olmaktadır.}$$

Gürültü kaynağı eğer çizgi kaynak özelliği taşıyorsa, ses silindrsel dalgalar biçiminde yayıldığından, alıcıya ulaşırken uzaklıkla azalır. Araçlar tek tek nokta kaynak özelliği gösterdiğinden, gürültüleri genellikle küresel dalgalar biçiminde yayılırlar. Ancak nokta kaynak özelliği gösteren araçların, ard arda bir doğrultuda bulunmasıyla oluşan çizgi kaynak gürültüleri ise silindrsel dalgalar (küresel dalgaların birbirine karışmasıyla) biçiminde yayılırlar. Çizgisel kaynaklarda, uzaklığa bağlı olarak ses yeğinliğindeki azalma dB olarak ele alındığında ise, 3.7 eşitliği oluşturulabilir (Şerefhanoglu vd., 1992).

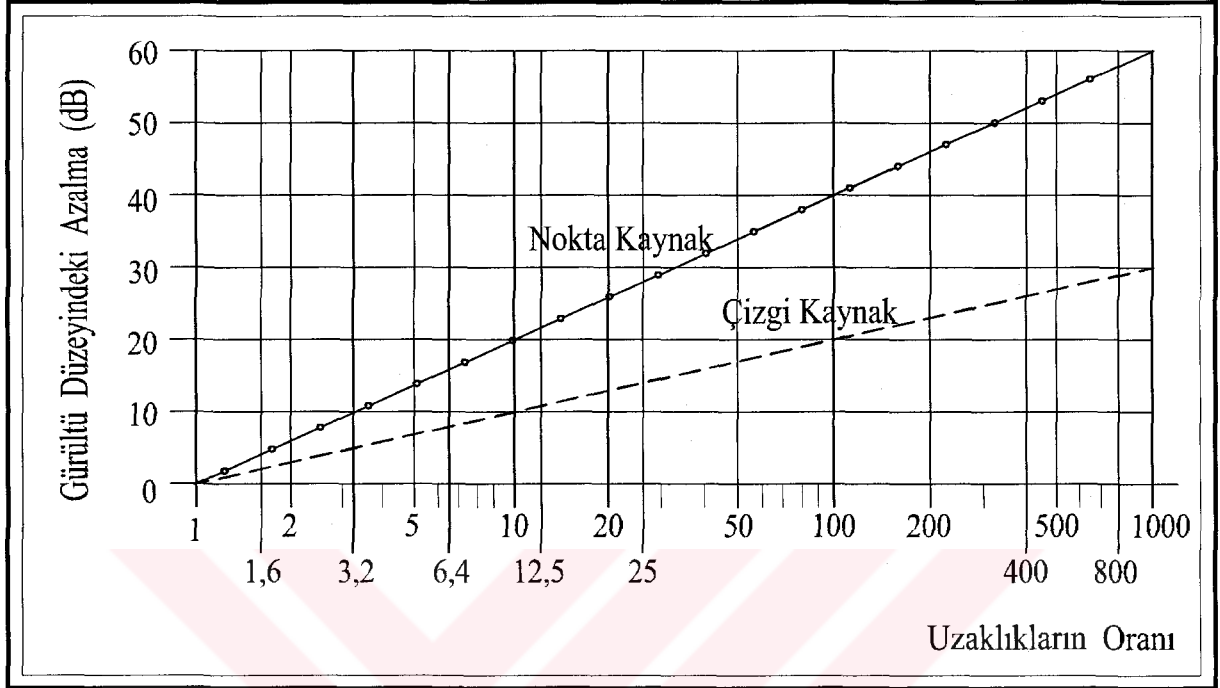
$$R = 10 \log (r_2/r_1) \quad (3.7)$$

Dolayısıyla, çizgi kaynağa olan uzaklık her iki katına çıktığında, ses düzeyindeki azalma 3 dB, her on katına çıktığında 10 dB olur.

$$r_2 / r_1 = 2 \text{ ise, } R = 10 \log 2 = 3 \text{ dB}$$

$$r_2 / r_1 = 10 \text{ ise, } R = 10 \log 10 = 10 \text{ dB olmaktadır.}$$

Gürültü kaynaklarının nokta ve çizgi kaynak özelliği göstermesi durumunda, uzaklıklar oranına bağlı olarak hesaplanan ses yegînliğindeki azalmalar, Şekil 3.7'de yer alan grafik yardımıyla hesaplanabilmektedir (Şerefhanoglu vd., 1992).



Şekil 3.7 Gürültü kaynaklarının nokta ve çizgi kaynak özelliği taşıması durumunda uzaklıklar oranına bağlı olarak hesaplanan ses yegînliğindeki azalmalar (Şerefhanoglu vd., 1992)

Gürültü kaynağının düzlem kaynak özelliği taşıması durumunda ise, ses düzlemsel olarak yayılır. Kuramsal olarak, düzlem kaynaklarda ses uzaklıkla azalmaz. Kaynağın düzlem kaynak özelliği taşıması durumunda ise, (bu konuda kesin olarak bir belirleme bulunmamasına rağmen) gürültü düzeyinin uzaklıkla hesaplanmasında genelde (3.7) eşitliğinden yararlanılmaktadır.

Gürültü düzeylerindeki azalmaların, yukarıda gösterilen eşitlikler yardımıyla belirlenmesinde, frekanslara göre ayırım yoktur. Ayrıca bu hesaplamalarda diğer dış etkenler (atmosferik etkiler, zemin özellikleri, topoğrafik yapı, vb.) de göz ardı edilmiştir. Oysa yapılan çalışmalar gürültünün azalmasında uzaklığa bağlı olarak, kalın ve ince seslerde bir ayırım olduğunu yani gürültü denetimi açısından frekanslara göre saptanmış olan gürültü tayflarının önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle gürültü azalmaları belirlenirken, sadece kuramsal çalışmalarla değil, detaylı ölçmelerle birlikte gerçekleştirilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır (Şerefhanoglu, 1987).

### 3.2 Havanın Moleküler Yutuculuğu

Sıcaklık, bağıl nem ve gürültünün tayfsal yapısı , havanın yutuculuğunu etkileyen etkenlerdir. Havanın yutuculuğu yüksek frekanslı (ince) seslerde fazla, alçak frekanslı (kalın) sesler de oldukça azdır. Çizelge 3.1’de değişik sıcaklık ve nem koşullarında, farklı frekanslara göre 100m’de dB olarak azalmalar verilmiştir (Şerefhanoglu, 1988a).

Çizelge 3.1 Farklı nem ve sıcaklıkta, frekanslara göre azalmalar (Şerefhanoglu, 1988a)

Frekans	T = - 10°C				T = 10°C				T = 30°C			
	%20	%40	%60	%80	%20	%40	%60	%80	%20	%40	%60	%80
63	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
125	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
250	0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
500	0.6	0.6	0.5	0.3	0.5	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
1000	0.9	1.4	1.2	1.0	1.3	0.6	0.5	0.4	0.7	0.6	0.6	0.6
2000	1.2	2.5	2.9	2.6	3.6	1.9	1.2	1.0	1.7	1.3	1.3	1.3
4000	1.7	3.6	5.3	5.9	8.7	5.4	3.6	2.7	4.8	2.8	2.7	2.7
8000	2.7	5.0	7.6	9.8	14.8	12.6	8.9	6.7	12.0	6.1	5.2	5.2

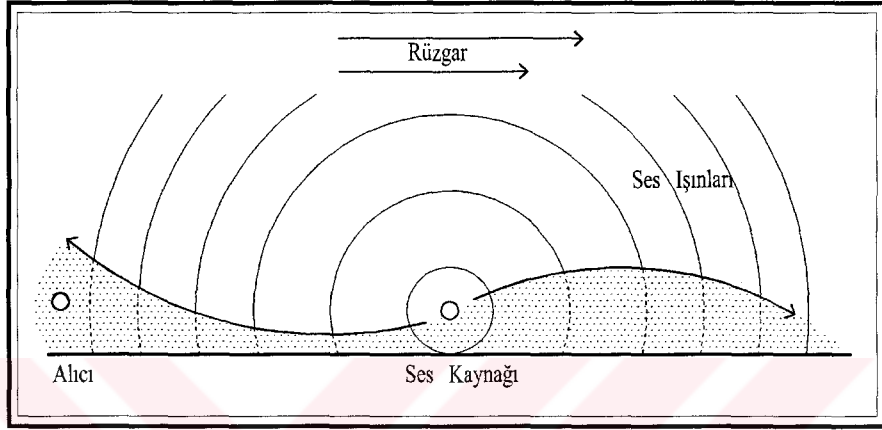
Bu çizelgeden de anladığımız gibi, bağıl nem ve sıcaklık ne olursa olsun, kalın seslerin azalması çok fazla olmamakta, ince sesler havada her zaman daha fazla yutulmaktadır. Bağıl nemde farklılıklar olduğunda, yutuculuklarda da farklılıklar ortaya çıkmakta, sıcaklık arttıkça nem faktörü etkisini yitirmekte ve tüm bağıl nem değerlerinde dB olarak azalma değerleri birbirine yaklaşmaktadır. Özellikle düşük sıcaklıklarda bağıl nem arttıkça, 100 m’deki dB azalma değerleri artmakta, ancak sıcaklık arttıkça azalmalar düşmekte ya da değişmemektedir (Şerefhanoglu vd., 1992).

### 3.3 Atmosfer ve İklim Koşulları

Atmosfer ve iklim koşulları da açık havada gürültünün yayılmasını etkileyen etkenlerdir. Gürültünün denetlenmesinde, değişken etkenler göz ardı edilebilirken, sürekli ve baskın etkenlerin, atmosfer ve iklim koşulları yönünden göz önüne alınması gerekir. Aynı koşullar yağmur, kar, sis, sıcaklık vb. etkenler için de geçerlidir. Ayrıca atmosferik yutuculuk, olası kırılmalar ve hava türbülansı gibi konuların da unutulmaması gerekir (FHWA,2000).

**Rüzgar:** Rüzgarlar, yeryüzünün değişik değerlerde ve şekillerde ısınmasından kaynaklanan basınç farklılıklarından oluşmaktadır. Rüzgar, bir yerde mevcut olan gürültüyü sürükleyip, taşıdığı gibi, kendisi de farklı nedenlerden dolayı sesin oluşmasına ve gürültü niteliği doğurmasına neden olabilir (Renterghem vd., 2002).

Rüzgarın hızı, yeryüzünden uzaklaştıkça artar. Kaynak-alıcı konumuna bağlı olarak sesin sürüklenmesinde, rüzgarın esiş doğrultusu önem taşımaktadır. Şekil 3.8’de de görüldüğü gibi, rüzgarın doğrultusu ile kaynaktan çıkıp alıcıya doğru ilerleyen ses aynı yönde olursa, ses ışınları yere doğru eğilir ve ses yeğnliğı artarken, rüzgarın doğrultusu ile kaynaktan çıkıp alıcıya doğru ilerleyen ses farklı yönde olursa, ses ışınları yukarı doğru kıvrılır ve sesin yeğnliğı azalır. Böylece akustik gölge bölgesi oluşur (Şerefhanoglu vd., 1992).



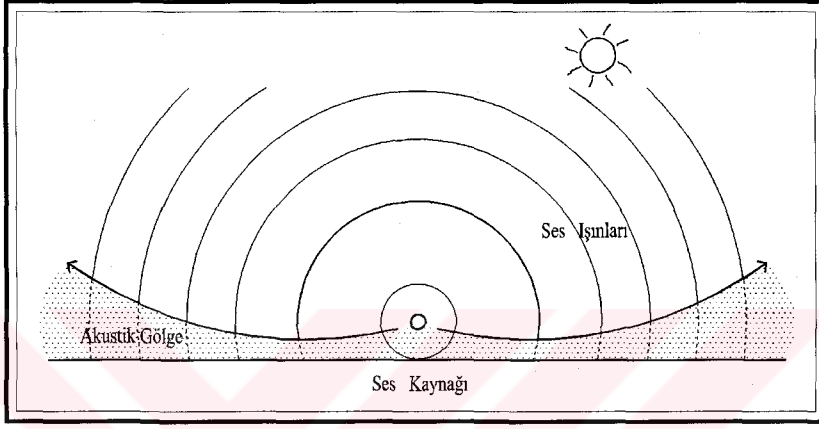
Şekil 3.8 Rüzgarın sesi sürüklemesi (Şerefhanoglu vd., 1992)

Rüzgar sürekli doğrultu değiştiriyorsa, genellikle gürültünün denetlenmesi açısından göz ardı edilebilir. Fakat rüzgar, sanayi gürültüsü ve yoğun trafiğin olduğu alanlar gibi gürültülü alanlardan, okul, konut hastane gibi sessiz alanlara geliyor ve bu durum yıl boyunca devam ediyorsa, uygun çözümlerin üretilip, gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Rüzgar, yapıların konumu, yüksekliğı ve doğadaki değışik örtü ya da topoğrafik yapı nedeniyle gürültü niteliğı taşıyarak daha etkin olur. Yüksek yapılar arasındaki boşlukta, genişliğı dar olan yolların kenarındaki bitişik düzenli yapıların veya birbirine yakın dağ, tepe gibi yükseltilerin arasında ya da yüksek ağaç kümelerinin arasındaki boşluklarda rüzgarın hızı artarak, rahatsız edici uğultular oluşabilir.

Buna ek olarak rüzgarın hızına, esiş doğrultusuna ve yönüne bağlı olarak, yapılardaki yatay ve düşey girinti çıkıntılarda, etrafı açık olan ve kolonlar üzerinde yükselen yapıların altlarında da aynı olumsuz etkiler gözlenebilir. Ayrıca, yapıdaki kepenk, panjur, aralıklar gibi elemanların, rüzgarın etkisiyle titreşime girmesinin engellenmesi ve çarpmalar oluşturarak rahatsız edici gürültülerin oluşmasının önlenmesi için özel detay çözümlerinin üretilmesi gerekmektedir.

**Sıcaklık:** Sıcaklık, normalde yeryüzünden yukarı doğru yükseldikçe her 100 metrede 6°C kadar azalma gösterir. Çizelge 3.1'de de görüldüğü gibi sesin yayılma hızı ile hava sıcaklığı arasında bir ilişki vardır ve sıcaklık azaldıkça, sesin yayılma hızı da azalır. Yani, gün içinde açık ve durgun hava koşullarında, kaynaktan çıkan ses ışınları Şekil 3.9'da da görüldüğü gibi yukarı doğru kıvrılarak akustik gölge bölgesi oluştururlar. Geceleri ise açık ve durgun gök koşullarında, yeryüzü soğuduğundan sıcaklık terselmesi oluşurken, görüldüğü gibi ses ışınları yere doğru dönerek, yatay doğrultuda ses düzeyini artırır (Şerefhanoglu,1988b).



Şekil 3.9 Açık ve durgun hava koşullarında sesin akustik gölge oluşması (Şerefhanoglu,1988b)

**Kar, Sis, Yağmur:** Kar, özellikle yoğun ve etkili yağıyorsa, sesin yutulmasını ve zeminden yansıyan seslerin azalmasını sağlar. Sisli havada rüzgar olmadığından sıcaklık homojen olarak dağılır ve akustik gölge bölgeleri oluşmaz. Ancak yoğun sis, yüksek frekanslı seslerin yutulmasına az da olsa katkıda bulunur. Yağmur yağarken ise, su damlacıklarının yüzeylere çarpması sonucu, rahatsız edici sesler oluşabilir. Ortamda rüzgarın bulunduğu durumlarda, bu rahatsızlık artabilir. Yağmurun yoğun ve etkili olduğu yerlerde, bu çarpma ve sürtünme sonucu oluşan rahatsızlığın azaltılmasına yönelik detay çözümlerinin üretilmesi gerekir.

### 3.4 Bitki ve Zemin Örtüsü

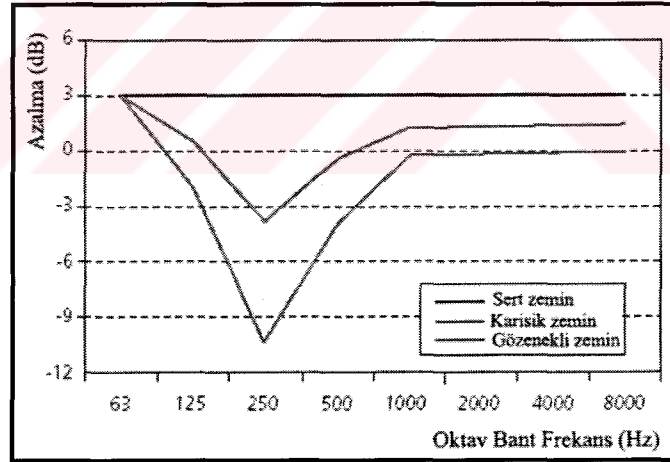
Gürültü kaynağı ile alıcı arasına yerleştirilen bitki ve zemin örtüsü; zeminin cinsine (çimen, toprak vb.), geometrisine, özelliğine, kaynak-alıcı arasındaki uzaklığa, kaynağın spektral yapısına, kaynağın ve alıcının yerden yüksekliğine bağlı olan karmaşık bir akustik olaydır. Sert zeminler; asfalt, taş, su ve beton gibi yansıtıcı, yumuşak zeminler; çimen, yeni yağmış kar gibi yutucu özelliğe sahip zeminlerdir. Sert zeminler, sesin yansımaya neden oldukları için, gürültünün azalmasını olumsuz etkilerler.

Genellikle, sesin sert zeminlerde yayılmasında, zemin etkisi göz ardı edilirken, yumuşak zeminlerde kırınma açısının 20 derece ya da daha az olduğu durumlarda (daha geniş açılarda yüzey yansıtıcı bir yüzey haline gelir), alıcı noktasındaki ses basınç düzeyinde fazladan 1.5 dB(A)'lık azalma gözlenmektedir. Çizelge 3.2'de zemin cinsine bağlı olarak belirlenen gürültü düzeyindeki azalmalar verilmiştir (FHWA,2000).

Çizelge 3.2 Zemin cinsine bağlı olarak gürültü düzeyindeki azalmalar (FHWA, 2000)

Zeminden Yükseklik (m)	Gürültü Düzeyinde Azalma (dB)
0.70	5
1.50	4
3.00	3
4.50	2
6.00	1

Zemin cinsine göre frekanslara bağlı olarak, gürültü düzeylerinde sağlanan azalmalar ise Şekil 3.10'da yer almaktadır (Brüel&Kjaer Sound&Vibration Measurement A/S., 2000).



Şekil 3.10 Zemin cinsine göre frekanslara bağlı olarak, gürültü düzeyindeki azalmalar (Brüel&Kjaer Sound&Vibration Measurement A/S., 2000)

Gürültünün azaltılmasında bitki örtüsünün niteliği (ot, yoğun ekin, orman vb.), yüksekliği (çalı, funda, ağaç vb.), yapraklarının türü (her zaman yeşil veya değil), bölgedeki iklime uygunluğu (kuru yada yağışlı iklimler) gibi özellikleri de önem taşımaktadır. Tek ağaç ya da çalı dizisinin gürültü azaltılmasında etkinliği yoktur. Yapraksız, çıplak gövdeli ağaçlar da yutuculuğun azalmasına yol açar. Çizelge 3.3'de bitki örtüsünün niteliğine göre dB/m'deki ek gürültü azalması yer almaktadır.

Çizelge 3.3 Bitki örtüsünün niteliğine göre dB/m'deki ek gürültü azalması (Şerefhanoglu, 1988a)

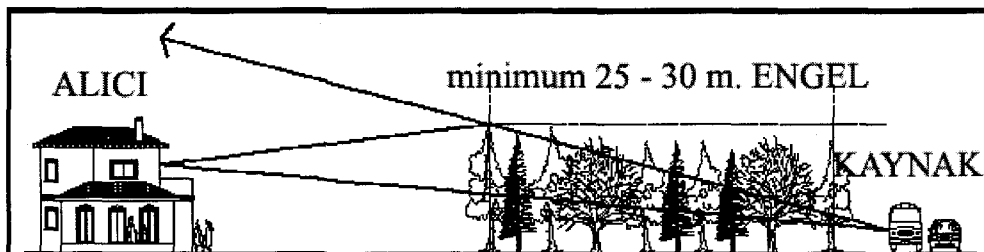
Bitki Örtüsü	Frekanslara Göre Ek Gürültü Azalması (dB/m)		
	100 Hz	1000 Hz	5000 Hz
10 – 20 cm ot	0.005	0.03	-
40 – 50 cm ot	0.005	0.12	0.15
Yoğun ekin	0.03	0.36	0.40
Orman	0.02	0.06	0.15

Bitki ve zemin örtüsü, gürültünün denetlenmesine yardımcı olurken, çevre sağlığı ve peyzaj mimarisine kadar birçok konuda da olumlu etkiler yarattığından, mevcut ve yeni yerleşimlerin planlanması aşamasında göz önüne alınmalıdır. Örneğin yol kenarlarında, yutuculukları fazla olan ağaç ve bitkilerin kullanılması, karşılıklı yapı yüzlerinde oluşabilecek yansımaları azaltarak, gürültü düzeyinin 2-5 dB civarında azalmasını sağlarlar. Çizelge 3.4'de engel niteliği taşıyan çeşitli bitki ve ağaçların farklı gürültüleri ne kadar azalttığı gösterilmiştir (Şerefhanoglu, 1988a; Kotzen, 2004).

Çizelge 3.4 Çeşitli bitki ve ağaçların sağladığı gürültü azalması (Şerefhanoglu, 1988a)

Bitki ve Ağaç Tipi		Gürültü Kaynağı	Azalma Değeri (dB)
Çalı dizisi	h = 1.50 m, l = 2.00 m	Kamyon	7
Çit	h = 1.80 m	Tramvay	5
Park, Bahçe	l = 50.00 m	Otoyol	3
Orman (Çam)	l = 50.00 m	Kamyon	5
	l = 100.00 m	Dizel	7
Karışık Orman	l = 50.00 m	Kamyon	10
(Ağaç altı bitkisi)	l = 100.00 m	Dizel	7

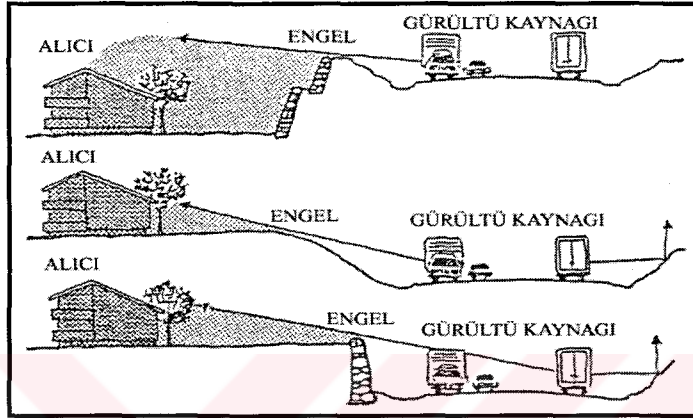
Şekil 3.11'de görüldüğü gibi gürültü kaynağı - alıcı arasına minimum 30 metre genişliğinde ve 14 metre yüksekliğinde genellikle yapraklarını dökmeyen (kış aylarında da etkin olabilmesi için) ve ağaç altı boşlukları olmayan orman, koru gibi yetişmiş ağaç gruplarının, trafik hattının merkezinden 16-20 metrelik alan içine yerleştirilmesiyle bir nevi gürültü engeli oluşturularak, gürültünün azaltılması sağlanabilir (Demirel vd., 1996a; 1996b).



Şekil 3.11 Ağaç – bitki gruplarının engel oluşturması

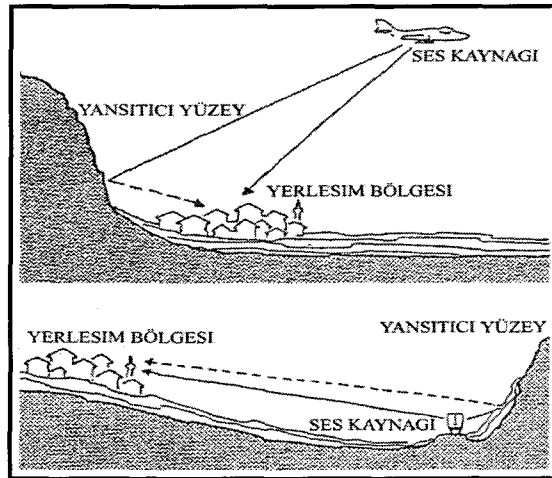
### 3.5 Topoğrafik Durum ve Engeller

Arazinin topoğrafik durumu da gürültünün yayılmasını etkileyen diğer faktörlerden bir tanesidir. Dağ, tepe gibi yükseltilerin, ova gibi düzlüklerin ve vadi gibi çukurların bazen olumlu bazen olumsuz etkileri vardır. Şekil 3.12'de görüldüğü gibi çoğu zaman gürültü kaynağı ile alıcı arasına yerleştirilen dağ, tepe gibi yükseltiler, doğal engel vazifesi gördüklerinden, gürültünün azaltılmasına olumlu etki ederler (Şerefhanoglu,1988a).



Şekil 3.12 Topoğrafyanın gürültü azalmasına olumlu etkileri (Şerefhanoglu,1988a)

Kimi zaman da Şekil 3.13'de görüldüğü gibi gürültü kaynağının ya da alıcının önünde bulunan sert yüzeylerden yansiyıp gelen seslerin, yerleşim bölgelerindeki gürültü düzeyini artırması gibi topoğrafik durumdan kaynaklanan olumsuz etkiler de söz konusudur.



Şekil 3.13 Topoğrafyanın gürültü azalmasına olumsuz etkileri (Şerefhanoglu,1988a)

Engeller konusu, bu tezin kapsamında ayrıntılı bir biçimde incelendiğinden Bölüm 4'de detaylı olarak yer almaktadır.

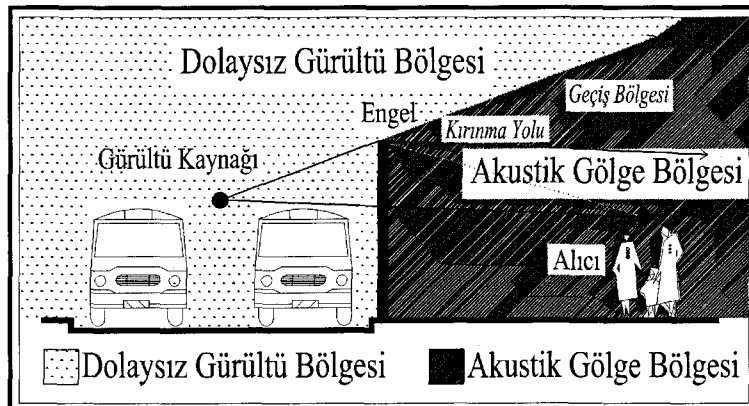
#### 4. GÜRÜLTÜ ENGELLERİ

Günümüzde önemli bir sorun haline gelen kent gürültüsünün denetlenmesinde, gürültü engelleri büyük yararlar sağlamaktadır. Gürültü engelleri, trafik gürültüsünü azaltarak, kent sakinlerinin yaşam kalitesini artırırlar. Gürültü engellerinin tasarımına başlarken topoğrafya, bitkilendirme, manzara gibi fiziksel çevrenin incelenmesi; çevredeki insanların etnik yapısı gibi kültürel özelliklerin incelenmesi; kentsel, kırsal ve kent dışı gibi kullanım alanlarının incelenmesi gerekir. Örneğin, kent alanlarında yapılacak engeller, geometrik formlar, sert köşeler, sert yüzeyler, düşey çizgiler ve formlarda yaratılacak zıtlıklarla; kent dışı alanlarda yapılacak engeller, yatay çizgiler, amorf ve doğal biçimlerin yaratılmasıyla; kırsal alanlarda yapılacak engeller ise, yumuşak, uçuşan formlar, doğal malzemeler, yatay ve eğrisel konfigürasyonların yaratılmasıyla oluşturulur (May ve Osman, 1980; Kurra, 1981; 1982; Alim ve Zaki, 1990; Yarılıorpak ve Uluçaylı, 1992; Bendtsen, 1994; Hawker vd., 1999; Linscott, Law and Greenspan, 2003).

Bu bölümde gürültü engellerinin akustik özellikleri, tipleri, malzemeleri, strüktürel özellikleri, kullanılan malzemeler, yüzey özellikleri, görsel etkileri, sağlanması gereken güvenlik özellikleri, bakım özellikleri ve maliyetleri konularına yer verilmiştir.

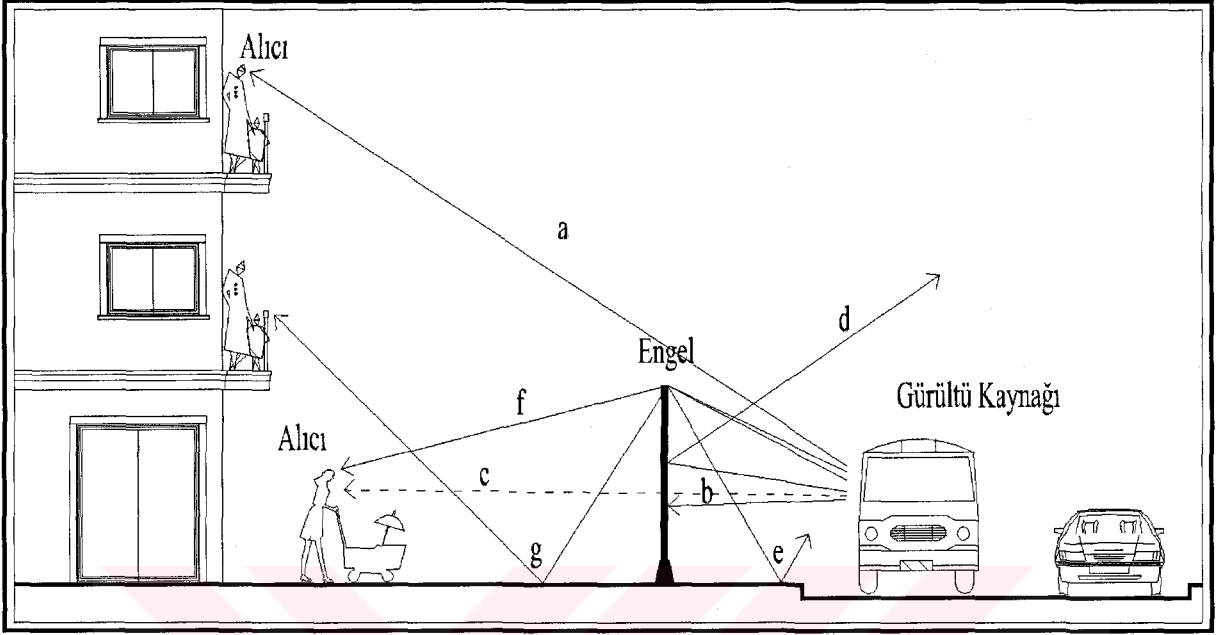
##### 4.1 Gürültü Engellerinin Akustik Özellikleri

Gürültünün yayılması sırasında engelle karşılaşan ses dalgaları, engel boyutlarına ve sesin dalga boyuna göre engelin arkasına doğru kırınır ya da kırınmadan yayılmaya devam ederler. Bu bölümde Şekil 4.1'de şematik olarak gösterildiği gibi, kırınmayan sesler için engelin arkasında akustik gölge bölgesi olarak adlandırılabilen, gürültü engellerinin etkinliğinde önem taşıyan etkenler ile bu etkenlerin etki büyüklüklerine, ayrıca engellerden ötürü sağlanan gürültü azalmalarının hesap biçimlerine yer verilmiştir [73].



Şekil 4.1 Gürültü engelleri arkasında akustik gölge bölgesi oluşması

Gürültü kaynağından çıkan ses enerjisi, gürültü engelinin bulunması durumunda, şematik olarak Şekil 4.2’de gösterildiği gibi değişik biçimlerde yayılır (Demirel vd., 1996a).



Şekil 4.2 Gürültü engeli sayesinde ses enerjisinin yayılma biçimleri (Demirel vd., 1996a)

- a. Gürültü kaynağından alıcıya dolaysız olarak gelen ses enerjisi.
- b. Gürültü engeline yutulan ses enerjisi.
- c. Gürültü engelinde geçen ses enerjisi.
- d. Gürültü engelinde yukarı doğru yansıyan ses enerjisi.
- e. Gürültü engelinde arkaya zemine yansıdıktan sonra, zeminden de yukarı doğru yansıyan ses enerjisi.
- f. Gürültü engeli ile kırılan ses enerjisi.
- g. Gürültü engelinde kırıldıktan sonra zeminden yukarı doğru yansıyan ses enerjisi.

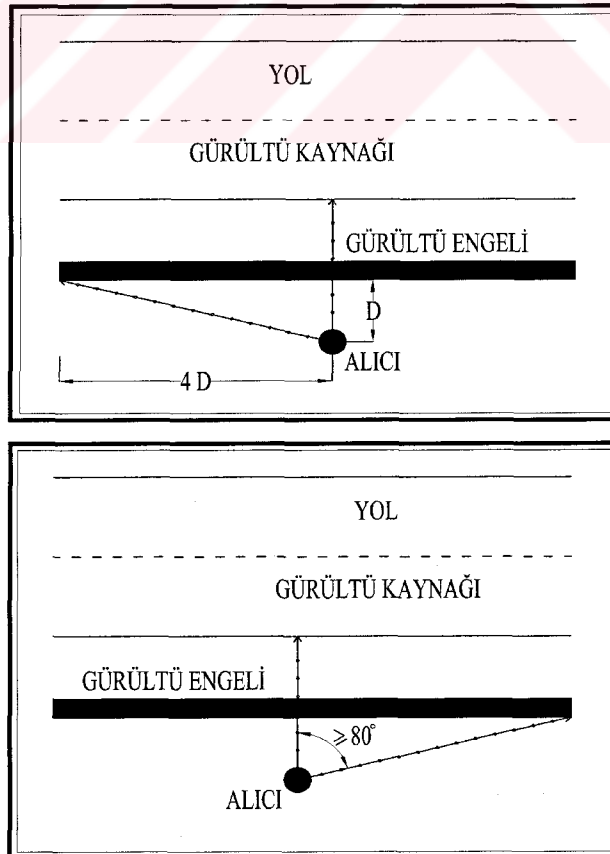
#### 4.1.1 Gürültü Engellerinin Akustik Etkinliğinde Önem Taşıyan Etkenler

Engelin öncelikli olarak düşünülmesi gereken özelliği, akustik etkinliğidir. Bu bölümde bir gürültü engelinin tasarımında, engelin uzunluğu, engelin yüksekliği, engelin tipi, engelin niteliği, engelin kaynak ve alıcıya olan uzaklığı, kaynak ve alıcı yüksekliği, sesin dalga boyu, diğer tasarım kriterleri (üst üste binen engeller, zig-zag engeller, eğilmiş dikme ve paneller, gürültü engellerinin üst başlıkları, meteorolojik etkiler, bitki ve zemin örtüsü etkileri, vb.) gibi engelin akustik etkinliğinde önem taşıyan etkenler ve etki büyüklükleri anlatılmaktadır (Crocker ve Kessler, 1982; Moore, 1988; Smith vd., 1996; Mongeau vd., 2004).

### Gürültü Engelinin Uzunluğu

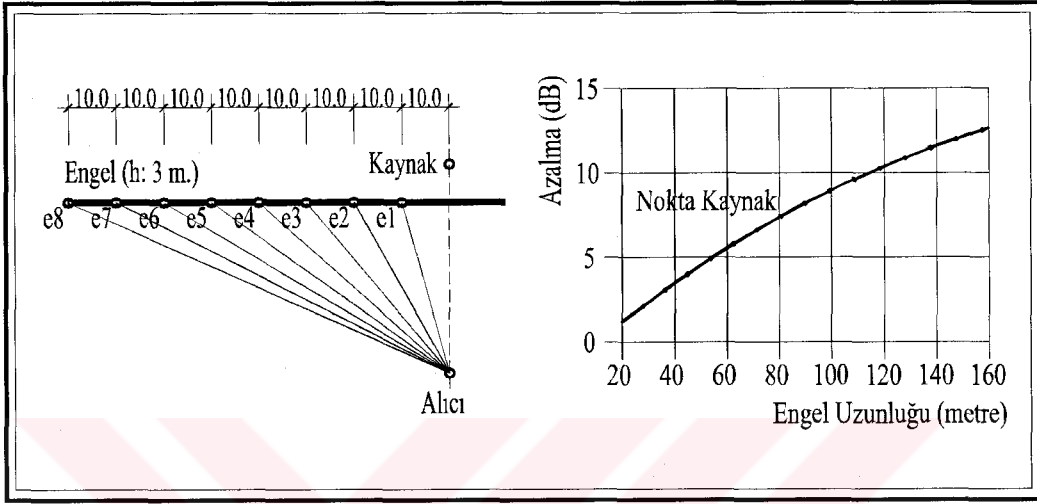
Gürültü engellerinin, gürültü kaynağından çıkan sesin kırınıp akustik gölge bölgesine geçmemesi için, yeterli uzunlukta yapılması gerekir. Gürültü engeli yeteri kadar uzun olmadığında, engelin akustik performansında yaklaşık 5 dB(A) azalma olabilmektedir. Özellikle, sürekli akan hızlı trafik yollarının kenarına yerleştirilen ve alıcı ile engelin uç noktaları arasında  $180^\circ$ 'lik bir açının varlığının kabul edildiği yani uzunluğu çok fazla olan engeller, sınırsız engeller; trafik yolu kenarında oluşturulan, uzunlukları belli ve sınırlı olan engeller ise sınırlı engeller olarak adlandırılmaktadır.

Sınırsız engeller zaten çok uzun olduğundan onlar için uzunluk faktörü önemli olmasa da, sınırlı engellerin etkinliğinde engelin uzunluğu önem kazanmaktadır. Sınırlı engellerin uzunluğu fazla olmadığı için, alıcıya göre belli bir bölümün etkinliği söz konusu olmaktadır. Uzunluğu az olan engellerde bu etkinlik daha da azalır. Şekil 4.3'de görüldüğü gibi, alıcı ile engelin ucuna birleştirilen doğrunun, alıcıyla engel arasındaki dik uzaklığın 4 katı olması ya da alıcıyla engel arasındaki dik uzaklıkla, alıcıdan engelin ucuna birleştiren doğru arasındaki açının en az  $80^\circ$  olması gerekmektedir (FHWA, 2000).



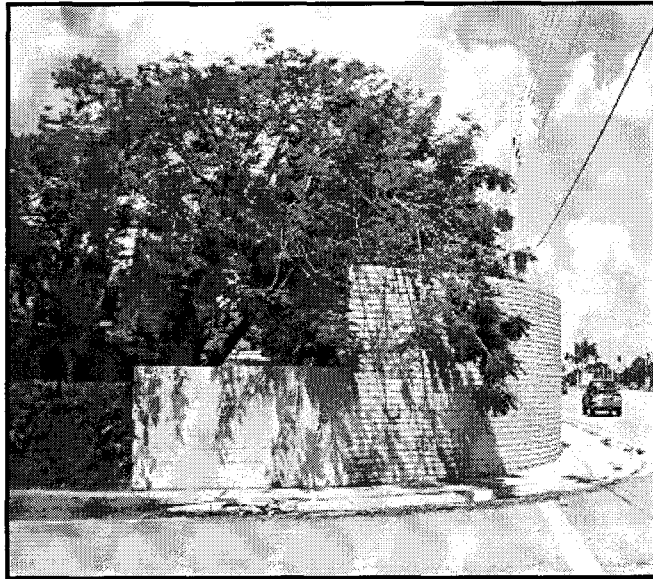
Şekil 4.3 Engelin önerilen uzunluğunun saptanması (FHWA,2000)

Uzunluğu az olan bir sınırlı engelin, gürültü düzeyinde sağladığı azalma değeri düşük olduğu Şekil 4.4’de örneklenmektedir. Diğer taraftan, engel uzunluğunun belirli adımlarla artırılması sonucunda, belli bir uzunluğa kadar, etkinliğinde de sabit oranda bir artış olduğu, ancak engel uzunluğu çok fazla arttığında, etkinlikteki artış oranının az da olsa düştüğü gözlenmektedir (Akdağ, 1989).



Şekil 4.4 Sınırlı engellerin uzunluğuna bağlı olarak yeğinlikteki azalmalar (Akdağ, 1989)

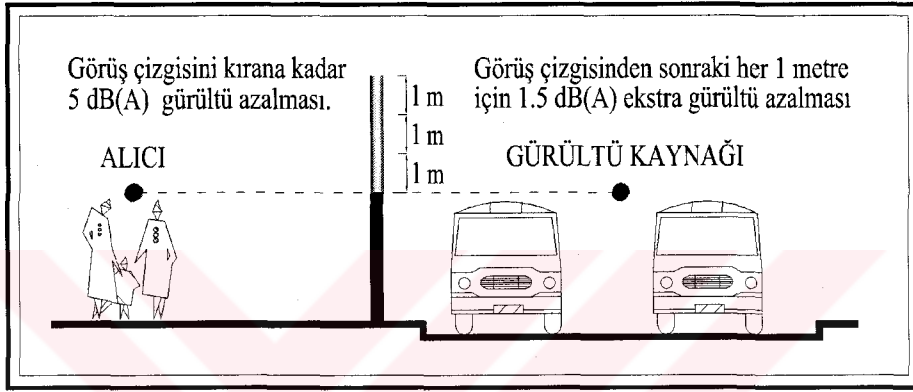
Ayrıca engelin akustik açıdan etkili olabilmesi için daha uzun bir engele ihtiyaç olduğu ya da engelin yerleştirilmesi için yeterli alanın olmadığı durumlarda, Şekil 4.5’de görüldüğü gibi engel içe doğru kıvrılabilmektedir (FHWA,2000).



Şekil 4.5 Sınırsız engeller için yeterli alanın bulunmaması durumu (FHWA,2000)

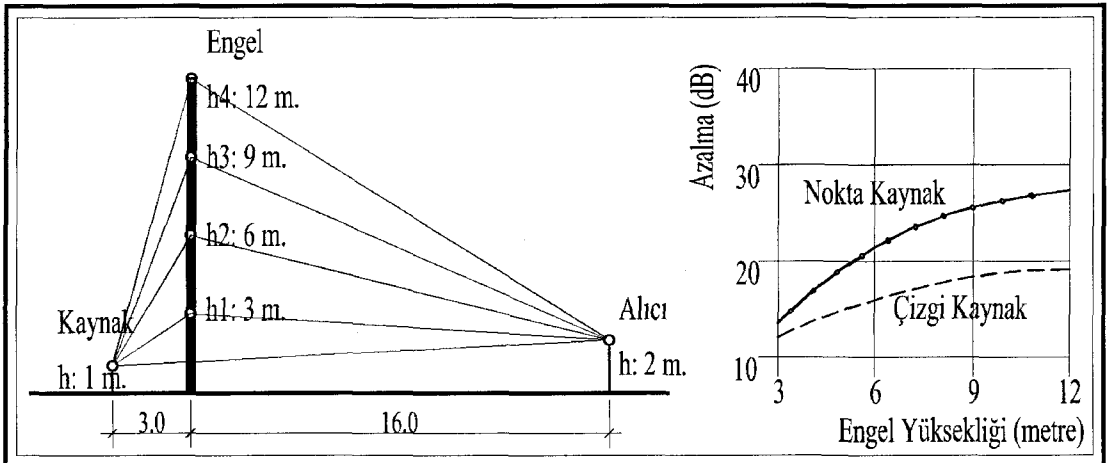
### Gürültü Engelinin Yüksekliği

Gürültü engellerinin etkin yüksekliğinin (gürültü kaynağı ile alıcı arasındaki dolaysız yolun üzerindeki yükseklik) fazla olması gerekmektedir. Gürültü engelinin yüksekliği arttıkça, gürültü düzeyindeki azalmalar da artmaktadır. Çok alçak olan engellerin etkinliği söz konusu olmadığından, gereken gürültü azalmalarının sağlanabilmesi için engel yüksekliğinin göz önünde bulundurulması gerekir. Şekil 4.6'da görüldüğü gibi engelin görüş çizgisinden sonra, yüksekliğine eklenen her 1m. de fazladan 1.5 dB(A) gürültü azalması sağlanmaktadır (FHWA, 2000).



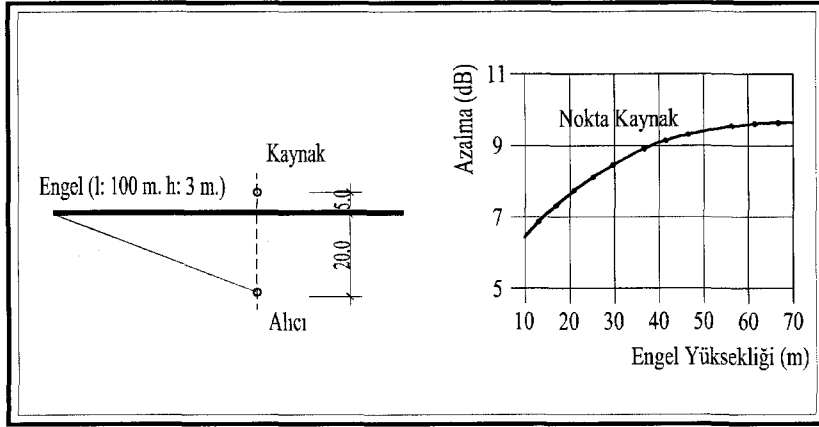
Şekil 4.6 Gürültü engelinin etkinliğinin yüksekliğe bağlı olarak artışı (FHWA, 2000)

Sınırsız engellerin yüksekliğinin etkinlikte oldukça önemli olduğu, Şekil 4.7'de gösterilen, koşullarda, farklı engel yüksekliklerinde elde edilen 500 Hz'deki azalma değerlerinden de anlaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, engelin yüksekliği arttıkça, gürültü düzeyinde sağlanan azalmalar da artmaktadır. Ancak yüksekliğin belli bir değerden sonra, gürültü düzeyinde pek fazla bir değişiklik yaratmadığı da görülmektedir (Akdağ, 1989).



Şekil 4.7 Sınırsız engel yüksekliklerine bağlı olarak, yeğinlikteki azalmalar (Akdağ, 1989)

Sınırlı engellerin yüksekliğinin de etkinlikte oldukça önemli olduğu, Şekil 4.8’de örneklendiği gibi, belli adımlarla yükseltileen engelin sağladığı gürültü düzeyindeki azalma değerlerinden de anlaşılmaktadır. Fakat diğer taraftan, belli bir değerden sonra, engelin yükselmesine bağlı olan engel etkinliğindeki artış oranının, giderek düşmekte olduğu görülmektedir.

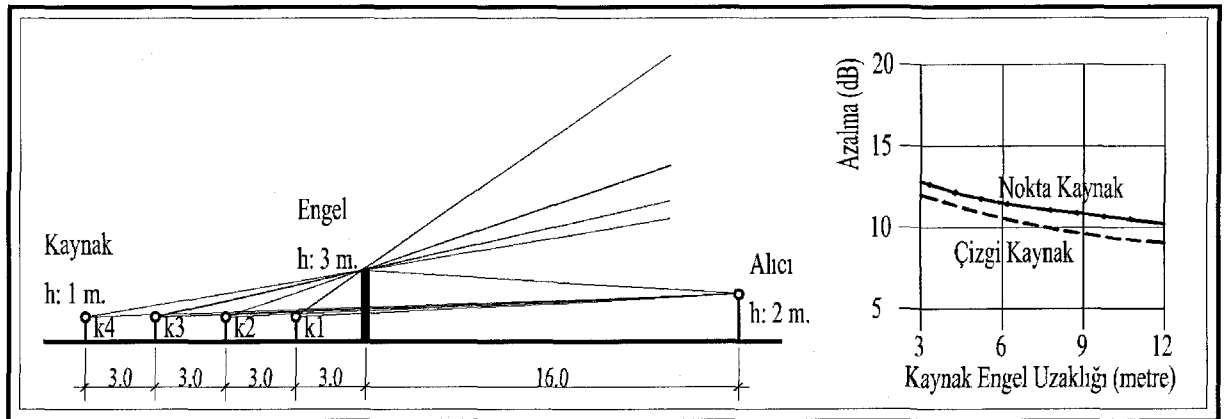


Şekil 4.8 Sınırlı engellerin yüksekliklerine bağlı olarak, yeğinlikteki azalmalar (Akdağ, 1989)

### Gürültü Engelinin Gürültü Kaynağına ve Alıcıya Olan Uzaklığı

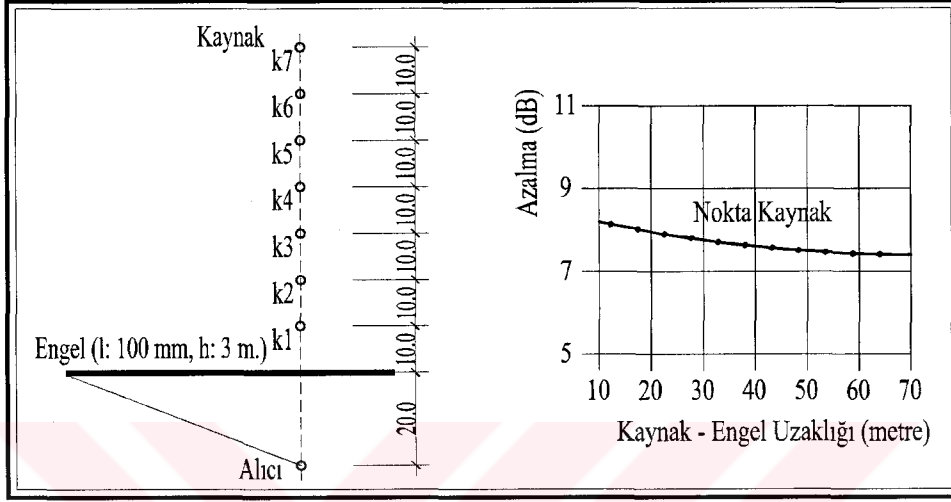
Gürültünün azaltılmasında engelinin gürültü kaynağına yakın olması, olumlu bir etkidir. Gürültü kaynağı ile engel arasındaki uzaklık azaldıkça, engelin etkinliği artmaktadır. Gürültü engelinin alıcıya yakın olması da olumlu bir durum olurken, gürültü engelinin gürültü kaynağı ile alıcı arasında ortada bir konumda yerleştirilmesi, engel etkinliğini olumsuz etkilemektedir.

Sınırsız engel ile, kaynak arasındaki uzaklıklar, engel etkinliği etkilemektedir. Şekil 4.9'da gösterildiği gibi, kaynak engelden uzaklaştıkça hem nokta hem çizgi kaynak gürültüsü için engelin etkinliğinin azaldığı, fakat bu azalmanın önemli boyutlarda olmadığı görülmektedir.



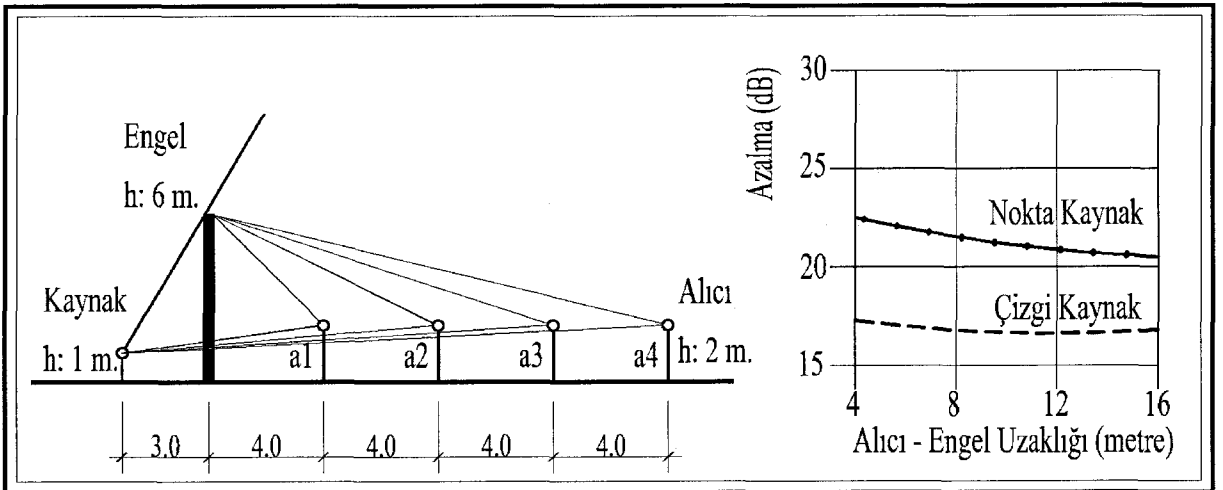
Şekil 4.9 Sınırsız engel ile kaynak arasındaki uzaklıkların etkinliğe etkileri (Akdağ, 1989)

Sınırlı engel ile kaynak arasındaki uzaklığa bakıldığında, Şekil 4.10'da görüldüğü gibi kaynak ile engel arasındaki uzaklık arttıkça, gürültü düzeyindeki azalma değerleri arasında önemli ayrımlar yoktur. Yani, kaynak ile sınırlı engel arasındaki uzaklığın engel etkinliğinde önemli etkisi olmamakta ancak engel-kaynak arasındaki uzaklığın, kaynağın engelin simetri ekseninden uzaklaşmasıyla önemi artmaktadır.



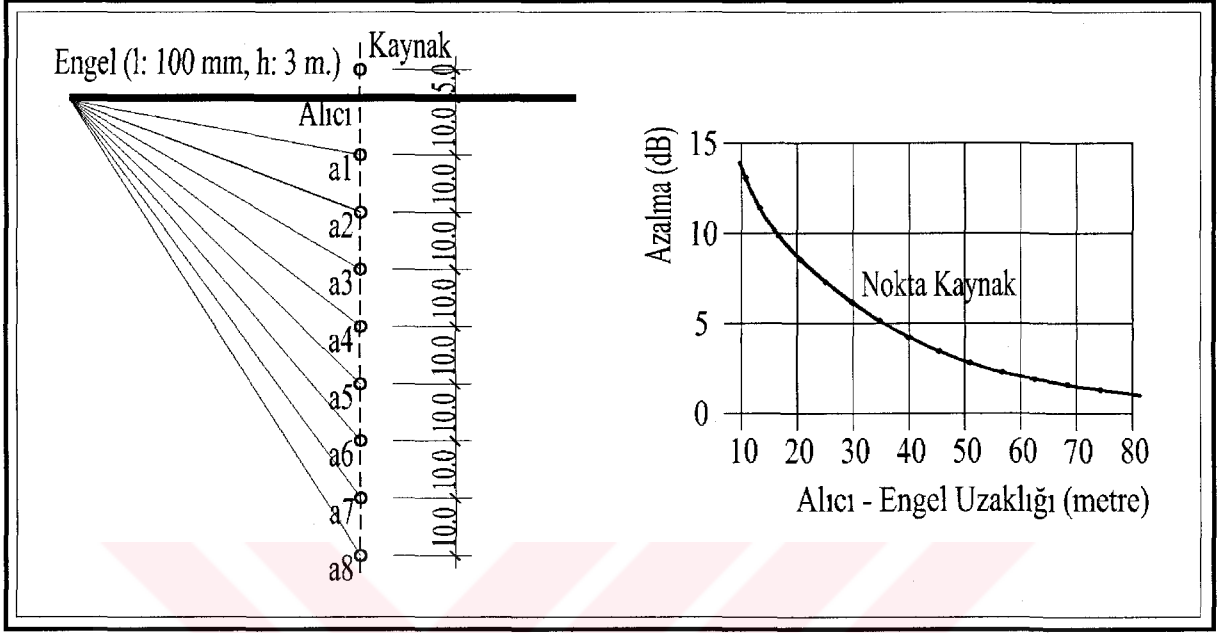
Şekil 4.10 Sınırlı engel ile kaynak arasındaki uzaklıkların etkinliğe etkileri (Akdağ, 1989)

Sınırsız engel ile alıcı arasındaki uzaklıklar da engelin etkinliğini belli ölçüde etkilemektedir. Şekil 4.11'de olduğu gibi engelle alıcı arasındaki uzaklık arttıkça, gürültü düzeyinde sağlanan azalma değerlerinin düştüğü, ama bu düşüşün önemli boyutlarda olmadığı görülmektedir. Yani alıcı-engel arasındaki uzaklık arttıkça, gürültü düzeyindeki azalma düşmekte, belli bir noktadan sonra bu düşüş iyice azalmaktadır.



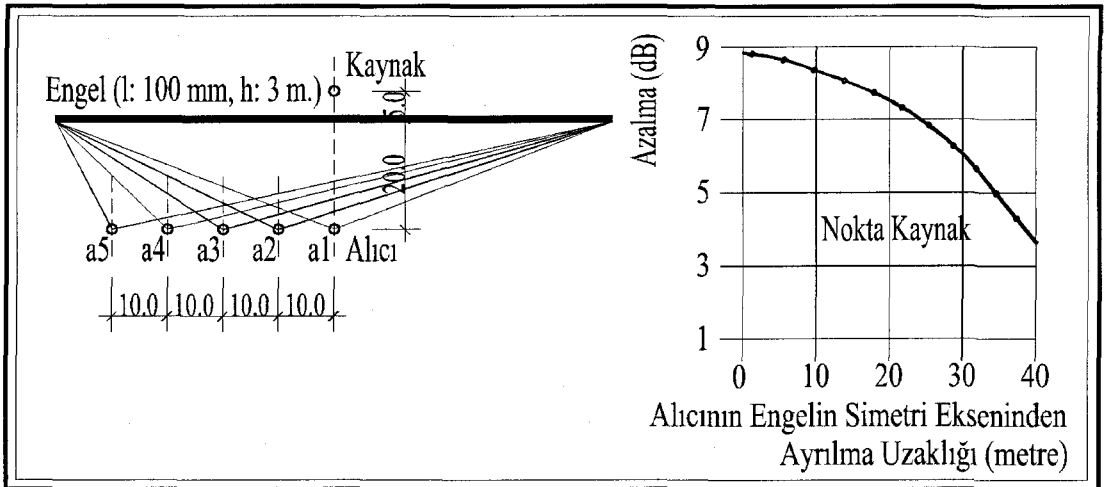
Şekil 4.11 Sınırsız engel ile alıcı arasındaki uzaklıkların etkinliğe etkileri (Akdağ, 1989)

Sınırlı engelle alıcı arasındaki uzaklık arttıkça, Şekil 4.12'de görüldüğü gibi engelin etkinliği düşmekte, ama bu düşüş engel yakınlarında daha etkiliyken, belli bir noktadan sonra etkinliği değiştirmemektedir.



Şekil 4.12 Sınırlı engel ile alıcı arasındaki uzaklıkların etkinliğe etkileri (Akdağ, 1989)

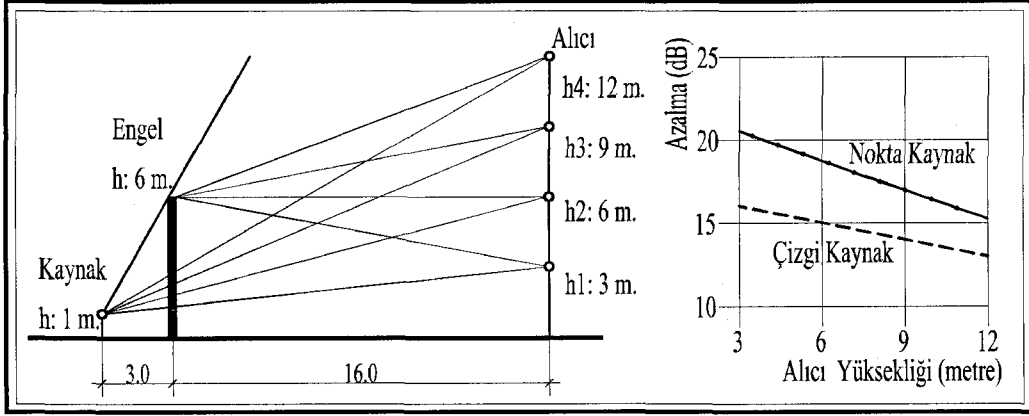
Ayrıca engel ile alıcı arasındaki uzaklıkların etkisinin yanında, alıcının sınırlı engelin simetri eksenine göre durumu da önem taşımaktadır. Şekil 4.13'de görüldüğü gibi, alıcı engelin simetri merkezinden uzaklaştıkça, gürültü düzeyinde sağlanan azalmalar da düşmektedir. Ayrıca, simetri ekseninden uzaklaştıkça, bu düşüş oranının da arttığı görülmektedir. Aynı durum, kaynağın engelin simetri ekseninden uzaklaşmasıyla da ortaya çıkacağı görülmektedir.



Şekil 4.13 Alıcının engelin simetri eksenine göre durumunun yeğinliğe etkileri (Akdağ, 1989)

### Alıcının Yüksekliği

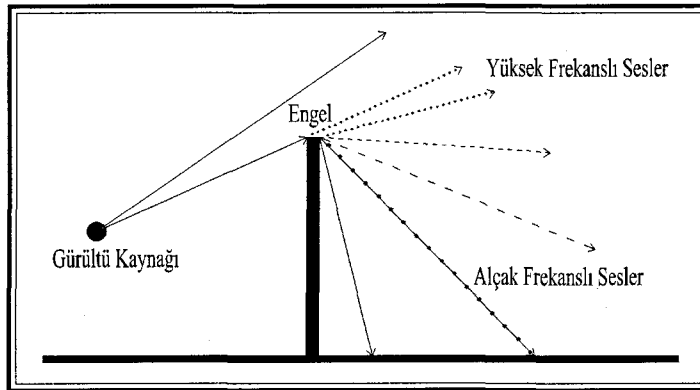
Alıcının yüksekliği arttıkça, Şekil 4.14'de gösterildiği gibi, sınırsız engelin etkinliği azalmaktadır. Ayrıca nokta kaynak gürültüsünün azalma oranının, çizgisel kaynak gürültüsüne göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, alıcının daha yüksek kotlarda olması durumunda, engel etkinliğinin önemli ölçüde düşmektedir.



Şekil 4.14 Alıcı yüksekliğinin sınırsız engelin etkinliğine etkisi (Akdağ, 1989)

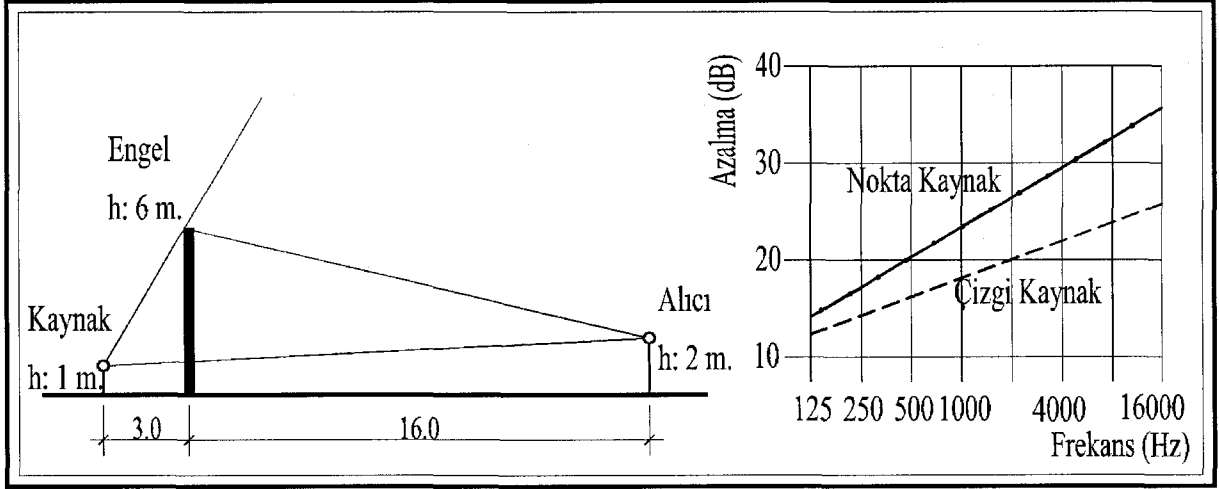
### Sesin Dalga Boyu

Gürültü engelinin üstüne ve altına yakın yerlerde sesin kırınma ya da eğilme özellikleri, ışık ve su gibi diğer dalgalara benzer. Ama ses dalgaları yapısından dolayı, kırınırken bütün frekanslarda aynı düzgünlükte eğilmez. Özellikle yüksek frekanslı seslerin gürültü engeliyle karşılaştıklarında kırınmaması nedeniyle, sesin frekansı yükseldikçe engelin etkinliği de artmaktadır. Şekil 4.15'de görüldüğü gibi, yüksek frekanslı ses dalgaları daha küçük açılarla kırınırken, alçak frekanslı ses dalgaları engelin arkasındaki akustik gölge bölgesine doğru daha geniş açılarla kırınırlar. Yani gürültü engelleri genelde, alçak frekanslı seslere göre yüksek frekanslı sesleri azaltmada daha etkilidirler (FHWA, 2000).



Şekil 4.15 Sesin kırınmasında frekansa bağlı olarak engel etkinliği (FHWA, 2000)

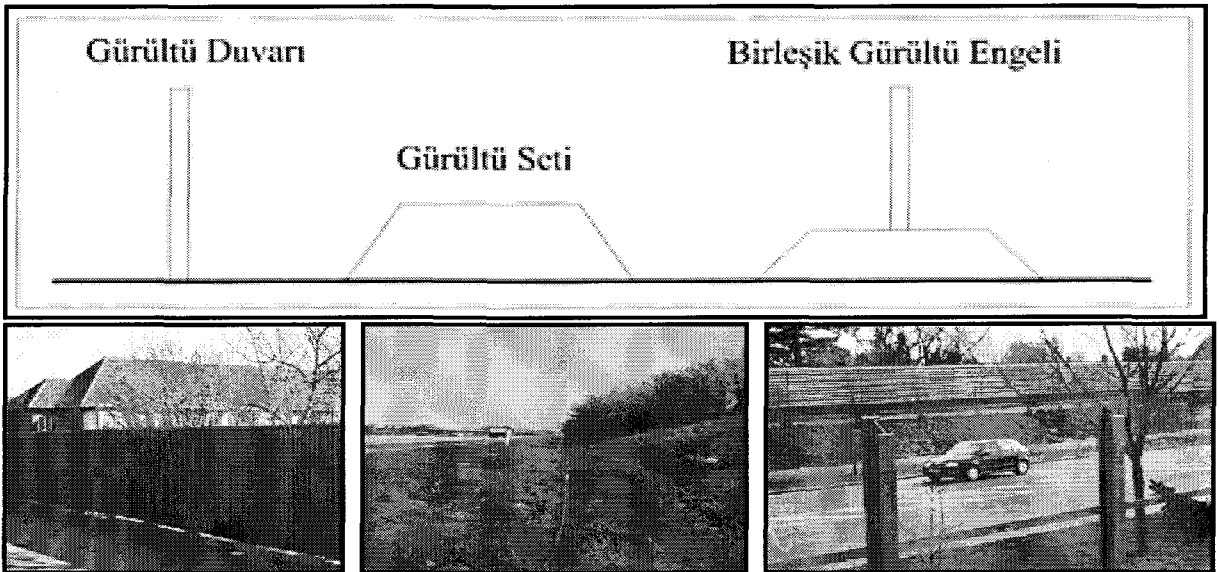
Sınırsız engellerin etkinliğinin, sesin dalga boyuna göre de değiştiği bilinmektedir. Şekil 4.16'da görüldüğü gibi, gürültü engelinin yüksek frekanslı seslerde sağladığı azalma daha yüksek, frekansa göre azalma ayrımı çizgisel kaynağa oranla noktasal kaynaktan daha fazla olmaktadır (Akdağ, 1989).



Şekil 4.16 Sesin dalga boyunun engellerin etkinliğine etkisi (Akdağ, 1989)

### Gürültü Engelinin Tipi

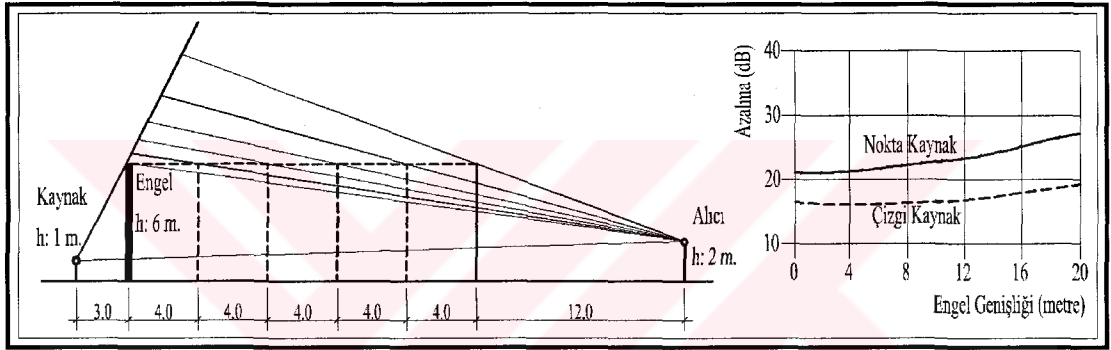
Karayolu gürültü engelleri, Şekil 4.17'de gösterildiği gibi genelde duvarlardan, setlerden yada ikisinin birleşiminden oluşmaktadır. Her engel tipinin kendine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Hangisinin uygulanacağına karar verirken, malzeme, maliyet, estetik, boyut ve toplum yapısı gibi birçok faktör devreye girmektedir.



Şekil 4.17 Akustik etkinlikleri farklı olan gürültü engeli tipleri (Jensen vd., 2002)

Akustik olarak, proje alanının geometrisinden bağımsız olarak, aynı yükseklik ve uzunluktaki setler, duvarlardan 1-3 dB(A) daha fazla gürültü azalması sağlamaktadırlar. Bu artışa etki eden pek çok etken vardır. Setin düz olan üst kısmı, ses dalgalarını iki kez kırarak, yol uzunluk farkını arttırarak fresnel sayısının büyümesine neden olmaktadır. Setin üstü ve yanları genelde çimen ya da çalı gibi bitki örtüsüyle kaplı olduğundan sesi daha fazla yutmakta ve artış sağlanmakta, ama duvardan daha geniş olduğu için daha fazla alana ihtiyaç duyulmaktadır (FHWA, 2000).

Gürültü duvarı, set, levha, engel vazifesi gören yapı yada yapı gruplarının genişliğinin büyük ölçüde artmasıyla, etkinlikte belli bir artış elde edildiği Şekil 4.18'de görülmektedir.



Şekil 4.18 Sınırsız engelin kalınlığının etkinliğe etkisi (Akdağ, 1989)

### Gürültü Engelinin Niteliği

Sınırlı ve sınırsız engellerin diğer koşulların yanında, engelin etkinliğinin maksimum olabilmesi için, gereşsel yapısının da belli özellikler taşıması gerekmektedir. Öncelikle engel katı (levha, duvar, özel pano, vb.) ve hava sızdırmaz olması gerekmektedir. Bununla birlikte, ses geçiş kayıplarına bağlı olarak engelin arkasında kırınımamayan seslerin oluşturduğu akustik gölge bölgesinin niteliğinin bozulmaması ve geçme olayından dolayı etkinliğin azalmaması için engelin belli bir kütle ağırlığının olması gerekli olmaktadır.

Özellikle trafik yolu kenarlarında yapılan gürültü perdelerinin kitle ağırlıklarının istenen gürültü azalmalarının sağlanabilmesi için, kütle ağırlığı yeterli değerde olan malzemeler seçilmelidir. Gürültü engelinin yapıldığı gerecin kütle ağırlığının  $20 \text{ kg/m}^2$  olması durumunda sağladığı azalma 25-30dB,  $10 \text{ kg/m}^2$  olması durumunda sağladığı azalma 20-25 dB,  $5 \text{ kg/m}^2$  olması durumunda sağladığı azalma ise 15-20 dB civarında olmaktadır. Ancak, engelin etkin olabilmesi için yapımında kullanılan gerecin kütle ağırlığının en az  $25 \text{ kg/m}^2$  olması gerekir.

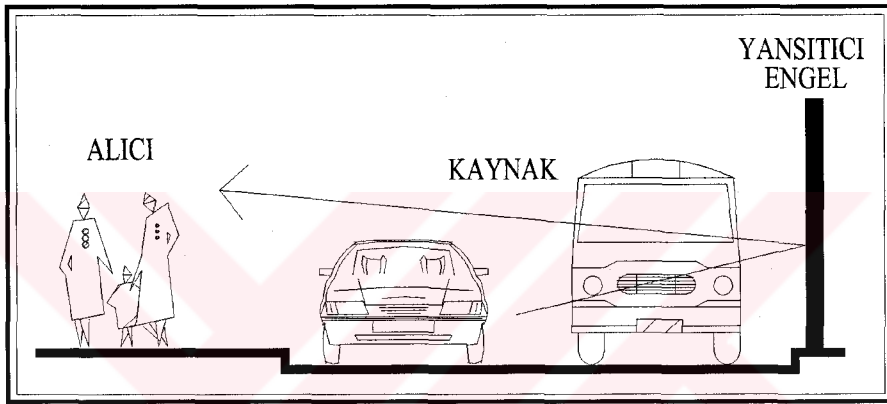
Gürültü engellerinin yapımında kullanılan gereçlerin her birinin sağladığı ses geçiş kayıpları değişiktir. Engellerde kullanılan başlıca malzemelerin ses geçiş kayıpları, kalınlıkları ve kütle ağırlıkları Çizelge 4.1’de yer almaktadır (FHWA, 2000; EPD, 2003).

Çizelge 4.1 Engellerde kullanılan başlıca malzemelerin ses geçiş kayıpları, kalınlıkları ve kütle ağırlıkları (FHWA, 2000; EPD, 2003)

Gereçler	Kalınlık (mm)	Kütle Ağırlığı (kg/m <sup>2</sup> )	Ses Geçiş Kaybı (dB(A))
Ahşap	12	8.3	18
Ahşap	25	16.1	21
Ahşap	50	32.7	24
Alüminyum plaka	1.59	4.4	23
Alüminyum plaka	3.18	8.8	25
Alüminyum plaka	6.35	17.1	27
Çelik, 18 ga	1.27	10	25
Çelik, 20 ga	0.95	7.3	22
Çelik, 22 ga	0.79	6.1	20
Çelik, 24 ga	0.64	4.9	18
Güvenlik camı	3.18	7.8	22
20 mm x 20 mm x 405 mm Hafif Beton	200	151	34
Hafif Beton	100	161	36
Hafif Beton	150	244	39
Yoğun Beton	100	244	40
Kontraplak	12	8.3	20
Kontraplak	25	16.1	23
Plexiglas	6	7.3	22
Polikarbonat	13	15	22
Tuğla	150	288	40
Metal Plakalarla Desteklenen Yutucu Paneller	100	-	37

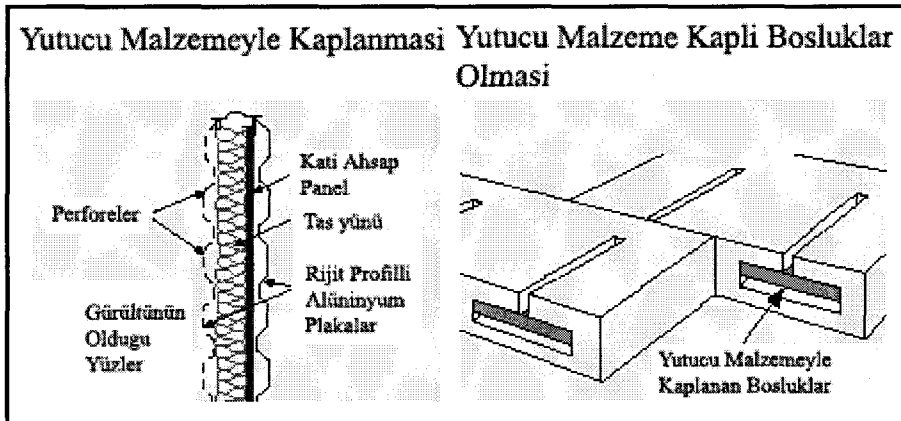
Ayrıca gürültü engellerinde kullanılan malzemeler kitle ağırlıkları dışında akustik özelliklerine göre, yansıtıcı ve yutucu olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır.

Yansıtıcı özellikteki engeller, Şekil 4.19'da gösterildiği gibi, yolun bir tarafındaki engelden ses enerjisini geri yansıtarak diğer taraftaki alıcıya ulaşmasına neden olmaktadır. Teoride bir yansıma için büyük artışlar olacağı çıkarken, pratikte karayolu ölçmeleri alıcıya ulaşan artışın 1-2 dB(A) arasında olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu artış kabul edilebilir gibi görünse de, yansımalarından dolayı sesin yapısı ve niteliği değiştiğinden alıcıya kalitesi değişmiş bir ses ulaşmaktadır (FHWA, 2000).



Şekil 4.19 Yansıtıcı malzemeye kaplı engellerin sesi yansıtması

Yutucu özellikteki engeller ise, Şekil 4.20'de görüldüğü gibi ya cam yünü, taş yünü gibi yutucu malzemelerle kaplanarak sesin bu gözenekli malzemeler tarafından yutulması yoluyla, ya da yutucu malzemeye kaplı boşluklar oluşturarak bu rezonatör gibi çalışan boşluklardan sesin içeri alınarak yutulması yoluyla, gürültünün azaltılmasını sağlarlar (Watts, 1995).



Şekil 4.20 Yutucu özellikteki engellerin sesi yutması (Watts, 1995)

Yani yutucu özellikteki engeller, yüzeylerindeki gözenekli tabaka sayesinde ses enerjisinin bir kısmını yutarken, bir kısmını havaya doğru yansıtarak, aynı yükseklikteki yansıtıcı engellerden daha fazla gürültü azalması sağlar. Bu nedenle özellikle yerleşim bölgelerindeki dar yol kenarlarındaki engellerin yüzeylerinin büyük bölümünün yutucu özellik taşıması gerekir.

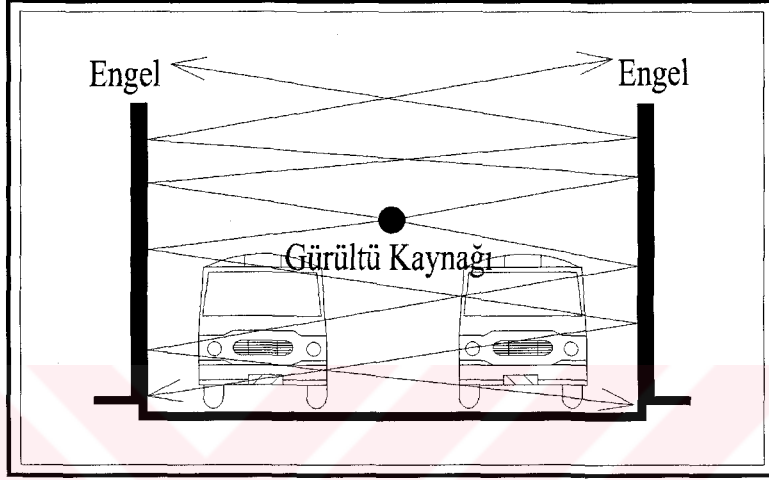
Örneğin yüksekliği 3.5 m. olan bir yutucu özellikte bir engelle yüksekliği 5 m. olan yansıtıcı özellikte bir engel aynı gürültü azalması sağlamaktadır. Yani aynı gürültü azalması sağlayan yutucu engeller yansıtıcılara göre daha alçak yapılabildiğinden, yolun bir tarafında tepe yerleşimi ya da yüksek katlı binaların bulunduğu, sıcaklık ve rüzgar gibi hava koşullarının farklılık gösterdiği ve estetik açıdan engelin çok yükselmesinin istenmediği durumlarda tercih edilmektedirler (FHWA, 2000).

Bununla birlikte yapılan çalışmalar sonucunda, bir bölgede mevcut olan bir engelin karşısına başka bir engel yerleştirilerek Şekil 4.21’de görüldüğü gibi paralel engeller oluşturulursa, bu paralel engeller arasındaki bölgede toplam ses basınç düzeyinin arttığı ve daha önce alıcı noktasında normal engelin sağladığı gürültü düzeylerindeki azalmanın düştüğü ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.21 Paralel engel örneği (FHWA, 2000)

Ancak paralel engellerin bir yüzeyi yutucu özellikte yapılırsa normal tek engelin gürültü azaltım performansına yaklaşılmaktadır. Yolun iki tarafına karşılıklı olarak yapılan paralel engellere gelen ses, karşılıklı engeller arasında birçok kez yansıyor geri döndüğü için engellerin akustik etkinliğinin düştüğü Şekil 4.22’de şematik olarak gösterilmiştir. Bu düşüş yaklaşık 2 – 6 dB(A) arasındadır (Hankard Environmental Acoustical Consultants ve Wilson Company, 2000; FHWA, 2000; Watts, 1996).



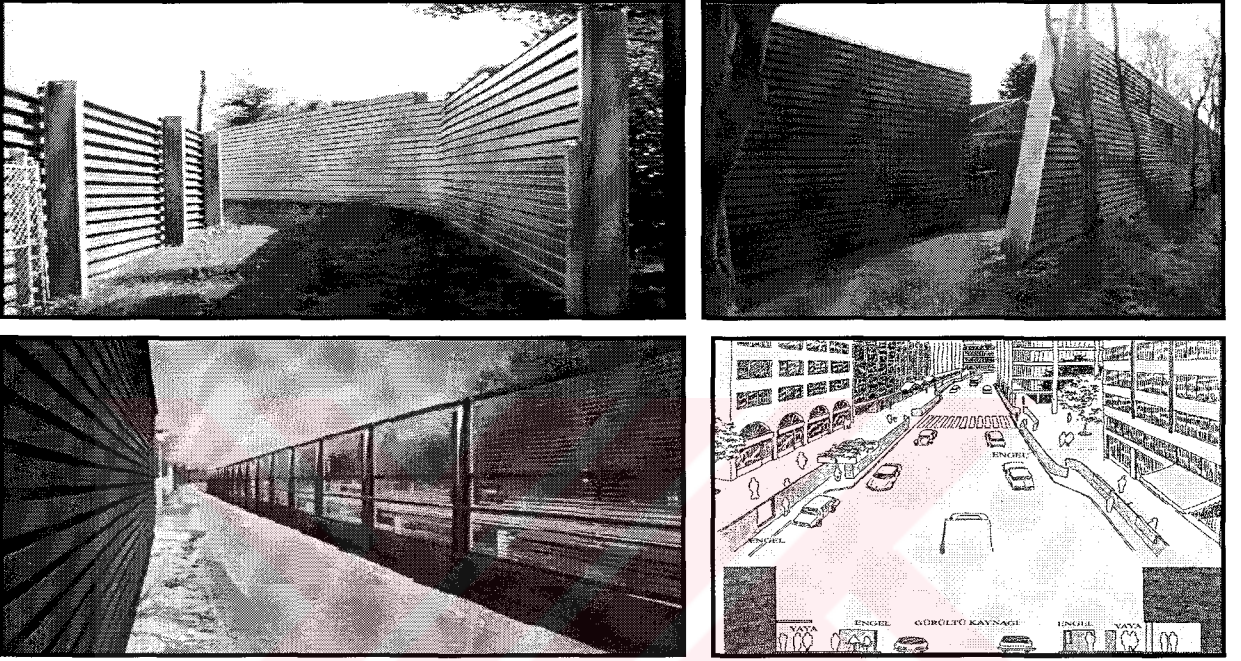
Şekil 4.22 Paralel engellerin sesi yansıtması

Tek ya da paralel engellerden kaynaklanan problemlerin azaltılabilmesi için aşağıdaki metotların uygulanması gerekir (FHWA, 2000).

- Paralel engeller için, iki engel arasındaki uzaklığın, engel yüksekliğinin 10 katı olması sağlanmalıdır. Yapılan çalışmalar genişlik/yükseklik oranı arttıkça, engelin akustik etkinliğinin azalmasının düştüğünü ortaya çıkarmıştır.
- Gerçekleştirilen sonucunda paralel engellerin bir tanesinin eğik olması ya da bir yüzeyin yutucu malzemeyle kaplanması, paralel engeli akustik açıdan sıradan bir düz engel performansına kavuşturduğu, ayrıca bu karşılıklı olan engellerden birisi 7 derece kadar küçük açılarla döndürülerek engeller arasındaki paralellik bozulursa bu azalmaların düştüğü ortaya çıkmıştır.
- Dolayısıyla, projenin karakterine göre engellerin malzemesinin seçiminin, aralarındaki uzunluğun ve yerleşimlerinin göz önünde bulundurulması gerekir. Ayrıca engelden yansıyan sesin azalmasını sağladığı için, paralel engel özelliği gösteren yerleşim yerleri, asma yollar gibi engel ya da engel yüzeyinin yansıtıcı malzemelerden çok, ses yutucu özellikteki malzemelerle kaplanması gerekir.

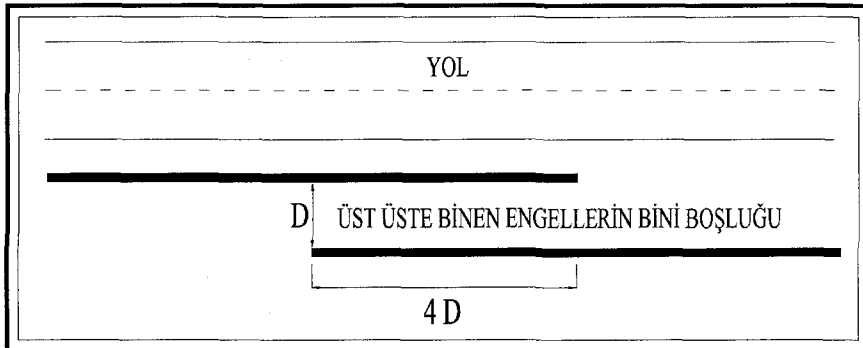
### Diğer tasarım Kriterleri

Üst Üste Binen Engeller: Engellerin arasında bakım, güvenlik, giriş-çıkış ve yayalar için geçiş gibi kimi gereksinimler için, boşluklar bırakılabilmekte, bu boşlukların engelin akustik etkinliğini azaltmaması için engelleri, üst üste çakıştırma prensibine dayanarak, binili olarak Şekil 4.23’de gösterildiği gibi birleştirmek gerekmektedir.



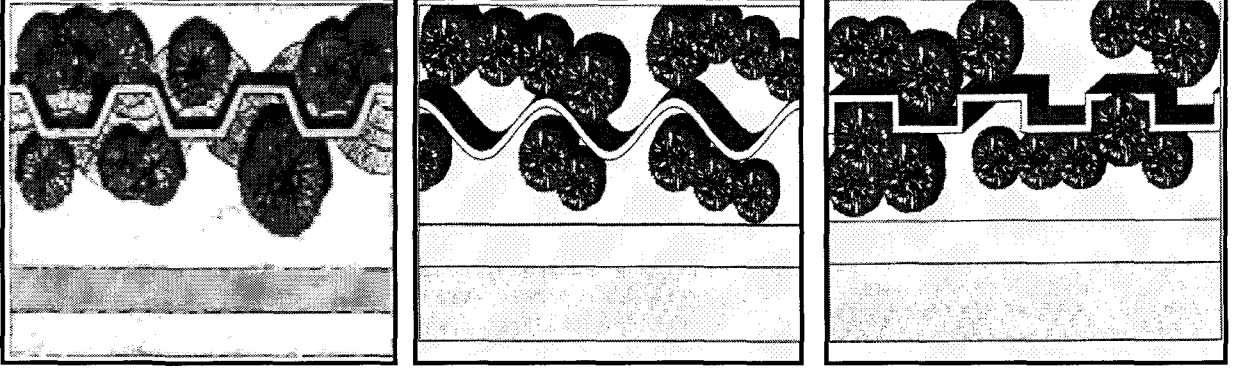
Şekil 4.23 Üst üste binen engel örnekleri (Şerefhanoglu vd., 1992; FHWA, 2000; Jensen vd., 2002)

Şekil 4.24’de gösterildiği gibi girişler için bırakılan boşlukla, üst üste binme miktarı arasında  $\frac{1}{4}$  oranı bulunması durumunda, engel performansında ihmal edilebilir bir azalmanın olabileceği, bu  $\frac{1}{4}$ ’lük oran sağlanamazsa, bu boş alanlardaki engel yüzeylerine yutucu özellikteki malzemeler uygulamak gerektiği saptanmıştır (FHWA, 2000).



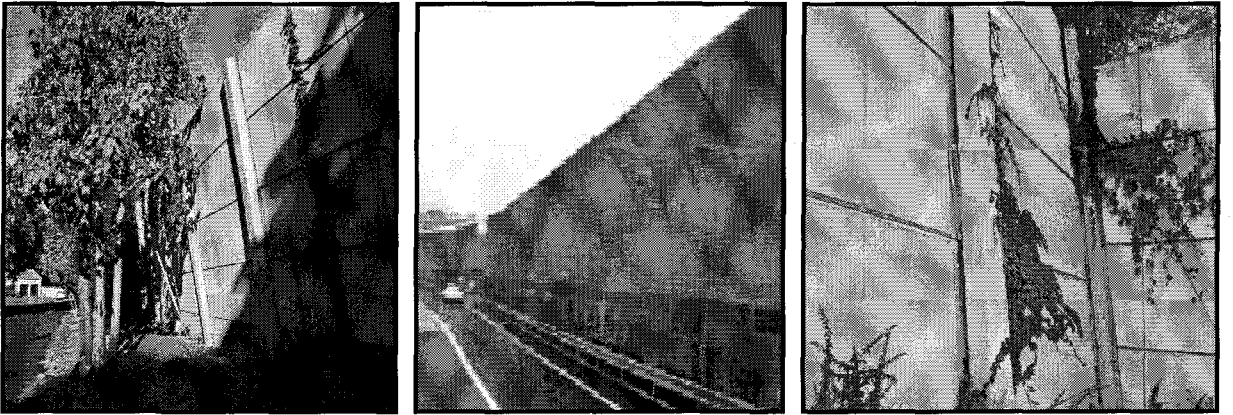
Şekil 4.24 Üst üste binen engellerde giriş için bırakılan boşluklar (FHWA, 2000)

Zig – Zag Engeller: Şekil 4.25’de görüldüğü gibi bu tip engeller, zig – zag ve trapezoidal konfigürasyonlardaki panellerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Bunlar, strüktürel olarak temele ihtiyaç duymadıklarından ve oluşturdukları girinti çıkıntılarla görsel açıdan daha güzel bir görüntü sağlayarak monotonluğu kırdıklarından daha avantajlı olsalar da, daha fazla ses azalması sağlamamaktadırlar.



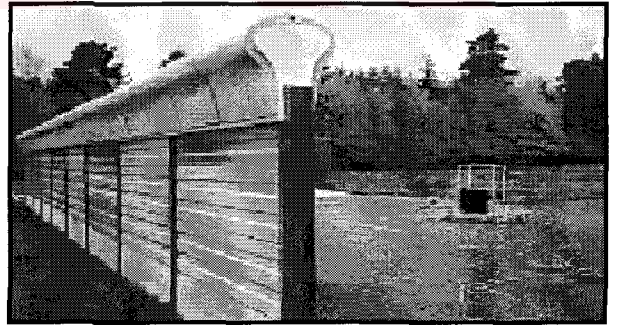
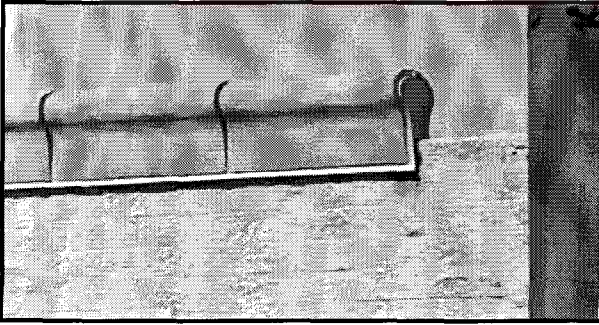
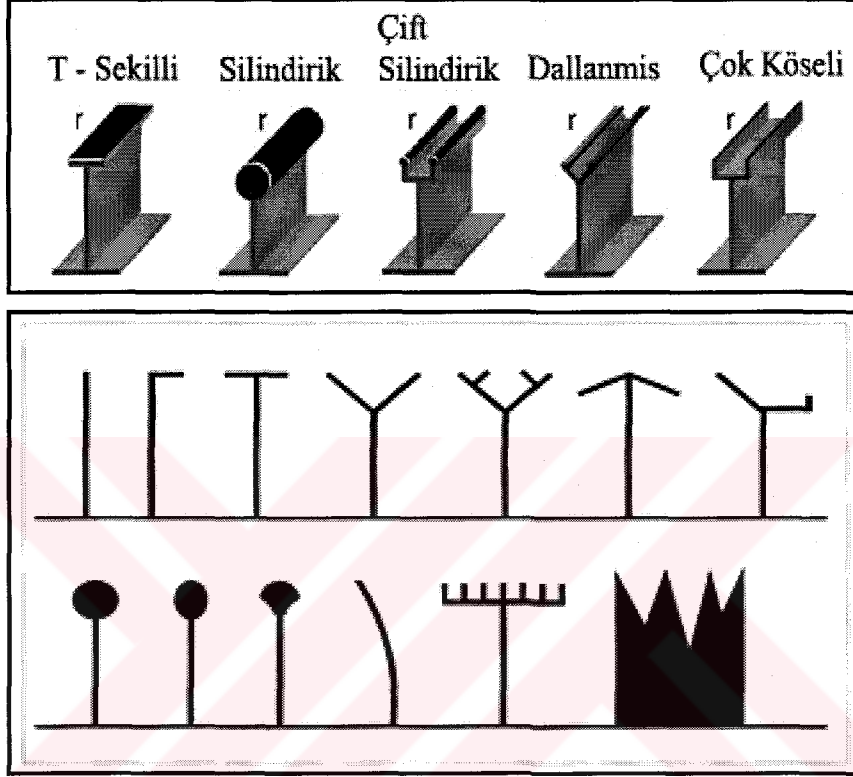
Şekil 4.25 Zig – zag engellerin örnekleri ([11])

Eğilmiş Dikme ve Paneller: Şekil 4.26’da gösterilen bu tip eğimli panel ve dikme sistemleri, düz duvarların akustik açıdan yetersiz kaldığı durumlarda tercih edilmektedir. Bu sistemin yapılışında, en çok prekast beton, en az ahşap kullanılmaktadır. Bu sistemin yapımında eğilme açısının göz önünde bulundurulması gerekir. Engel genelde 10 derece civarında eğilerek, etkinliğinin artması sağlanır. Ancak eğilmiş panellerde sıra dışı meteorolojik koşullarda, yansımış ses dalgalarının, tekrar zemin düzeyine dönmesi gibi kırınma terslikleri oluşabilir. Ayrıca engelin görsel açıdan yola ve alıcıya bakan tarafından kişilerin ve araçların üstüne düşecekmiş hissi yaratmaması için ve insanların engele tırmanıp tahrip olmasına neden olmaması için, eğimlerin uygun seçilmesi ve bitkilendirme, kaygan malzemeler kullanma gibi çözümler üretilmesi gerekir (Menge, 1978; FHWA, 2000).



Şekil 4.26 Eğilmiş dikme ve panel örnekleri (FHWA, 2000; EPD, 2003)

Gürültü Engellerinin Üst Başlıkları: Şekil 4.27’de görüldüğü gibi çok değişik biçimde engel başlık tipi vardır. Bu başlık tipleri aynı yükseklikteki düz engellerden daha fazla gürültü azalması sağladıklarından yüksekliğin az olmasına ihtiyaç duyulduğu durumlarda kullanılırlar. Yüksekliğin azalması, bazı durumlarda manzaranın engellenmemesi ve estetik etkilerin artırılması için gerekmektedir (Nordic Noise Group, 2002).



Şekil 4.27 Engellerin değişik üst başlık örnekleri (Watts, 1995; FHWA, 2000; Nordic Noise Group, 2002; Ishizuka ve Fujiwara, 2003)

Gürültü engellerinin yüksekliğini arttırmadan akustik etkinliğini arttırmak amacıyla, engellerin başlık biçimleri ve bunların malzemeleri konusunda, çeşitli yöntemler ve modeller kullanılarak çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Amundsen ve Marstein,1990; Cohn ve Harris, 1995; Watts, 1995; Cheuk vd., 2002; Ishizuka ve Fujiwara, 2003). Kimi çalışmalar üstte şematik olarak gösterilen; T, Y, ok, gelişigüzel, çok köşeli, eğik, çit, silindir ve armut şekli gibi başlık biçimlerinin sağladığı gürültü düzeylerindeki değişimler üzerine, kimi çalışmalar ise bu başlıklarda kullanılan yansıtıcı ya da yutucu malzemelerin sağladığı gürültü değişimleri üzerinedir. Bu değişik biçimdeki engeller, ya mevcut düz bir engelin üstüne istenen biçimde bir başlığın yerleştirilmesiyle ya da eğilmiş engeller gibi istenen formda üretilmesiyle oluşturulur. Örneğin, T – profilli engeller, ya standart gürültü engelini üzerine ek olarak düz bir başlığın yatay olarak yerleştirilmesiyle, ya da T şeklinde başka bir üst başlığın, engelin üzerine yerleştirilmesiyle oluşturulmaktadır.

Engellerin üst başlıkları konusunda yapılan çalışmalar, bu değişik tipteki engellerin akustik etkinliğinin, sıradan düz bir engele oranla daha fazla olduğunu göstermiştir. T – profilli bir gürültü engeli kullanımıyla, kaynak alıcı arasındaki yolun uzunluğu arttığından alıcı noktasındaki trafik gürültüsü düzeylerinde fazladan 5 dB azalma olduğu ortaya çıkmıştır (Alfredson ve Du, 1995; Hasebe, 1995; Watts, 1995).

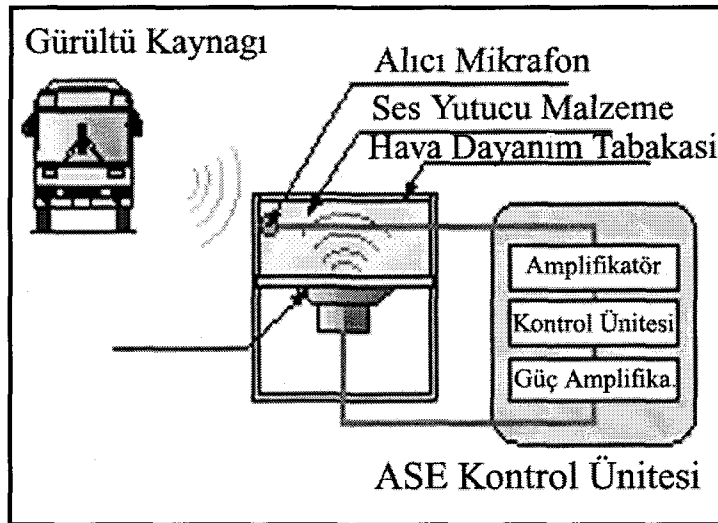
Y – profilli ve ok şeklinde, silindirik, eğik, armut, mantar şeklinde ve gelişigüzel sivrilere oluşan üst başlıklı engeller ise gürültünün, engelin arkasındaki akustik gölge bölgesine geçmesini engelledikleri için, akustik performansları düz olan engellerden daha yüksek, ancak T – profilli engellerden daha düşüktür. Yani bütün bu değişik formlu, sivri uçlu üst başlığı olan engelin alıcıya yakın olan tarafında değişik fazda çok sayıda yollara olanak vermesiyle akustik gölge alanındaki ses basınç düzeyini değiştirdiğinden, alıcıda azalmalara neden olmaktadır (Koyasu ve Yamashita, 1980; Kopec, 1990; Rosenberg vd., 1997).

Dallanmış engeller ise, değişik şekillerde başlıkların engellerin üstüne yerleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Dallanmış ya da köşeli engeller de düz engellere göre gürültüyü azaltmakta daha etkilidir. Örneğin çatal şeklinde beşgen bir çok köşeli başlığı olan engel, düz engele oranla alıcı noktalarında 3 – 6 dB arasında daha fazla azalma sağlamaktadır. Ancak bütün bu üst başlıklar akustik açıdan daha etkili, estetik açıdan daha olumlu olsalar da, maliyetleri diğerlerinden daha yüksektir (Crombie ve Hothersall, 1994; Shima vd., 1998).

Bununla birlikte, üstte anlatılan bütün bu başlık biçimlerinin gürültü azalması sağlamanın yanı sıra, farklı üst başlıklı engellerde kullanılan başlığın, ya değişik bölümleri ya da tümü yutucu malzeme ile kaplanarak; yansıtıcı olanlara göre biçimden bağımsız olarak, özellikle düşük ve orta frekanslarda daha fazla gürültü azalması sağlanmaktadır (Sakuma vd., 2003; [9]).

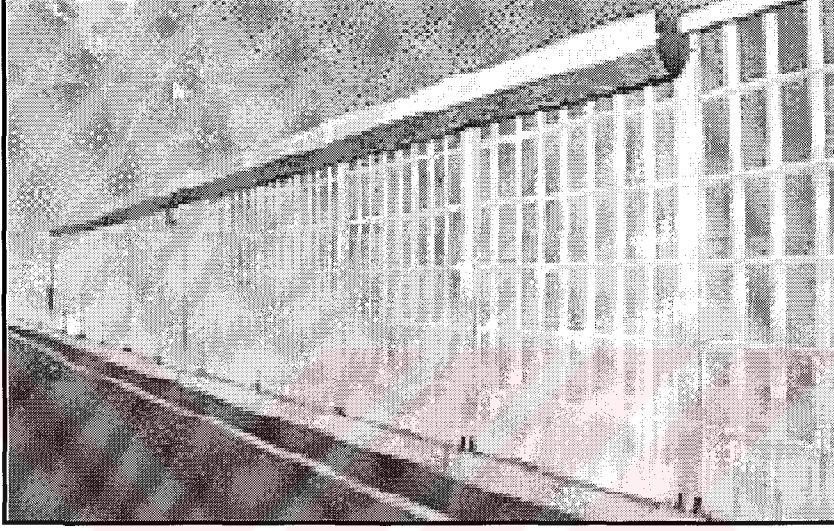
Örneğin, yutucu malzemeye kaplı 3 metre yüksekliğindeki T - profilli bir gürültü engeli, 10 metre yüksekliğindeki sıradan düz bir gürültü engelini sağladığı gürültü azalması sağlamaktadır (Ishizuka ve Fujiwara, 2003). Yine bu konudaki başka bir çalışmaya göre, alıcı noktalarındaki gürültü düzeylerini düşürmek için ticari kaygılarla üretilen mantar şeklinde yutucu başlığı olan bir engelin 6 dB'e yakın gürültü azalması sağladığı ve tüm gürültünün azalması için, bu engelin alıcıyla arasındaki uzaklığın yirmi katı uzunlukta olması gerektiği de saptanmıştır (Matsumoto vd., 1994; Fujiwara vd., 1995; Yamamoto vd., 1995; Duhamel ve Sergent, 1998; Watts ve Godfrey, 1999).

Ayrıca son yıllarda, gürültü engellerin üst başlığında, “yumuşak köşeli aktif gürültü engeli” adı verilen sistem kullanılarak, gürültü düzeylerinde azalmalar sağlanmaktadır. Ticari nedenlerle oluşturulan bu sistemler, şematik olarak Şekil 4.28’de gösterildiği gibi, 60 cm. genişliğinde ters üçgen şeklinde aktif gürültü azaltım mekanizmasının, normal sıradan bir gürültü engelini üstüne yerleştirilerek, belli alıcılarla çevredeki gürültünün ölçülüp, düzenli olarak ona zıt-fazlı ses üretilmesi prensibine bağlı olarak çalışırlar (Fujiwara vd., 1995; Ohnishi vd., 1998; MHI Ltd., 2003).



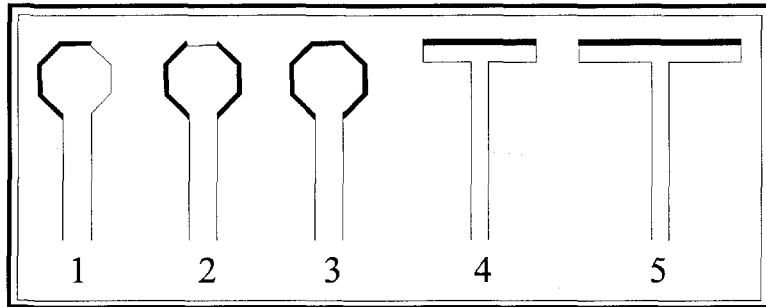
Şekil 4.28 Yumuşak köşeli aktif gürültü engelinin çalışma prensibi (MHI Ltd., 2003)

Küçük alıcı hücrelerinin, kek şeklinde başlıkların içine yerleştirilmesiyle, yine çevre gürültüsüne eşit ama zıt basınç dalgalarının üretilmesi prensibine dayanana tasarımlar da bulunmaktadır. Bu yumuşak köşeli aktif gürültü engelleri ile, yükseklik değiştirilmeksizin, sıradan düz engele oranla gürültü düzeylerinde yaklaşık 5 dB daha fazla azalma sağlanmaktadır. Şekil 4.29'da görülen bu sistemle trafik gürültüsü %70'e varan oranlarda azalmıştır (Gharabegian, 1995; MHI Ltd., 2003).



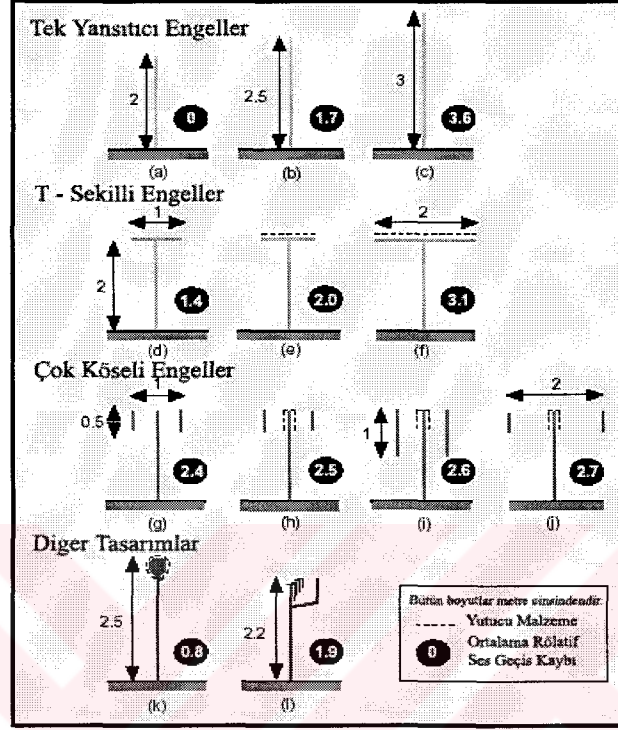
Şekil 4.29 Yumuşak köşeli aktif gürültü engeli yönteminin örneği (MHI Ltd., 2003)

Yumuşak köşeli aktif gürültü engelinde en fazla gürültü azalmasının hangi biçimle sağlanacağı konusunda yapılan bir çalışmaya göre, T-Profilli ve sekizgen biçimli başlıklarda bu sistemin uygulandığı bölümler Şekil 4.30'da şematik olarak koyu renklerle ifade edilmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre, gürültü düzeyinde sağlanan azalmalar en azdan en fazlaya doğru 1, 2, 3, 4, 5 şeklinde sıralanmaktadır. Yani en fazla azalma 5 numaralı engel olan uzun T - profilli engel ile sağlanmıştır (Ohnishi vd., 1998).



Şekil 4.30 Yumuşak köşeli aktif gürültü engeli sisteminin uygulandığı bölümler (Ohnishi vd., 1998)

Değişik engel başlıkların sağladığı gürültü azalmaları konusunda yapılan teorik ve deneysel çalışmalar sonucunda ortaya çıkan değerler Şekil 4.31’de yer almakta, tanımlar ve engel tipleri Çizelge 4.2’de ayrıntılı olarak yer almaktadır (Watts, 1995).

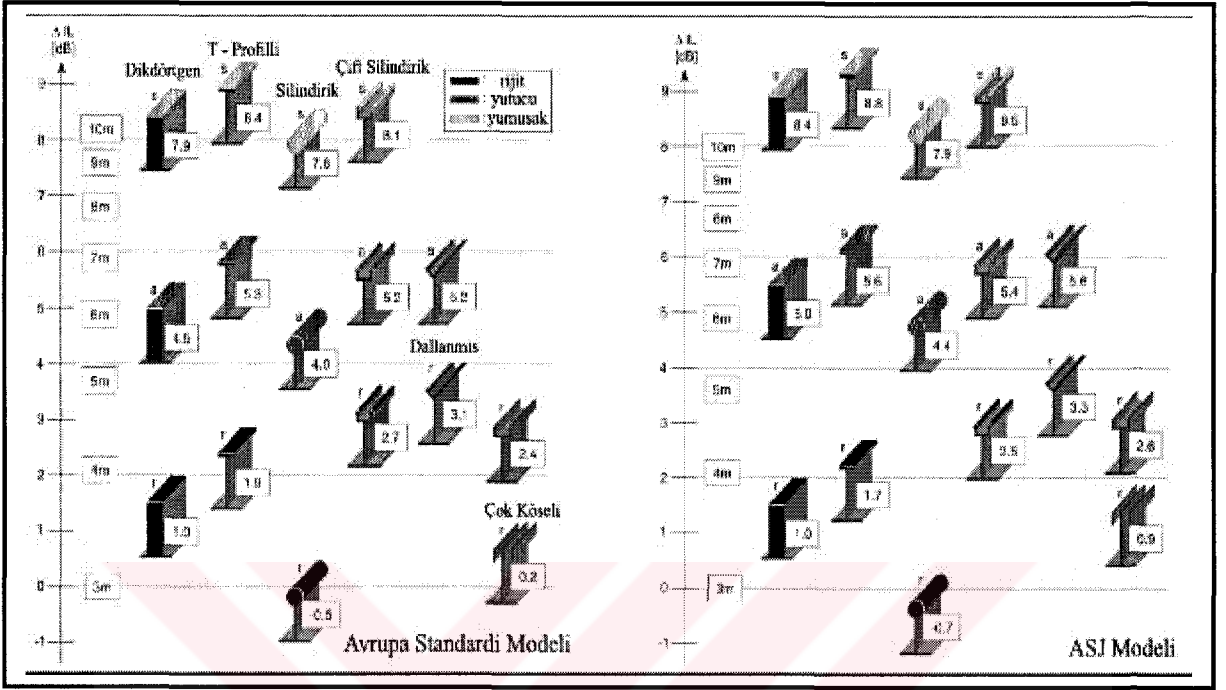


Şekil 4.31 Değişik üst başlıklar ve sağladıkları gürültü azalma değerleri (Watts, 1995)

Çizelge 4.2 Değişik üst başlıklar ve sağladıkları gürültü azalma değerleri (Watts, 1995)

Durum	Ortalama A Ağırlıklı ses Basınç düzeyi	h= 2m. olan engele göre rölatif etkinlik	2m. Yükseklikteki engele göre teorik bulunan etkinlik
a) 2 m. yükseklikte	64.8 ± 0.1	-	-
b) 2.5 m. yükseklikte	63.1 ± 0.1	1.7	1.9
c) 3 m. yükseklikte	61.2 ± 0.1	3.6	3.4
d) 1 m. genişlikte yansıtıcı	63.4 ± 0.1	1.4	0.4
e) 1 m. genişlikte yutucu	62.8 ± 0.1	2.0	2.5
f) 2 m. genişlikte yutucu	61.7 ± 0.1	3.1	3.7
g) 1 m. genişlikte yansıtıcı – 0.5 m.lik panellerden oluşan	62.4 ± 0.1	2.4	1.4
h) 1 m. genişlikte yutucu – 0.5 m.lik panellerden oluşan	62.3 ± 0.1	2.5	2.1
i) 1m. genişliğinde yutucu – 1 m.lik panellerden oluşan	62.1 ± 0.1	2.6	2.6
j) 2 m. genişlikte yutucu – 0.5 m.lik panellerden oluşan	62.1 ± 0.1	2.7	1.4
k) Yutucu silindirler	62.3 ± 0.1	0.8	-
l) Özel yapım gürültü engeli	62.1 ± 0.1	1.9	1.5

Bu engel biçimleri ve kullanılan gereçlerle ilgili olarak farklı modeller kullanılarak gerçekleştirilen başka bir çalışma sonucunda ortaya çıkan değerler Şekil 4.32’de yer almaktadır (Ishizuka ve Fujiwara, 2003).



Şekil 4.32 Değişik üst başlıklar ve sağladıkları gürültü azalma değerleri (Ishizuka ve Fujiwara, 2003)

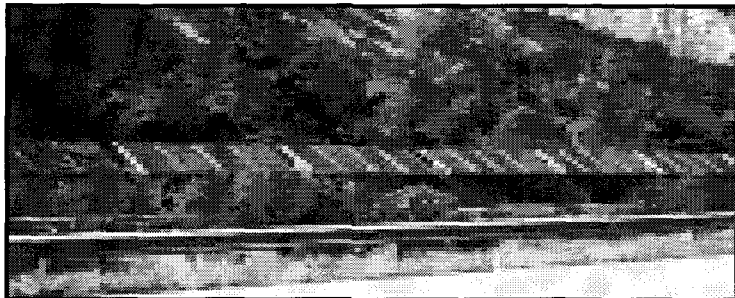
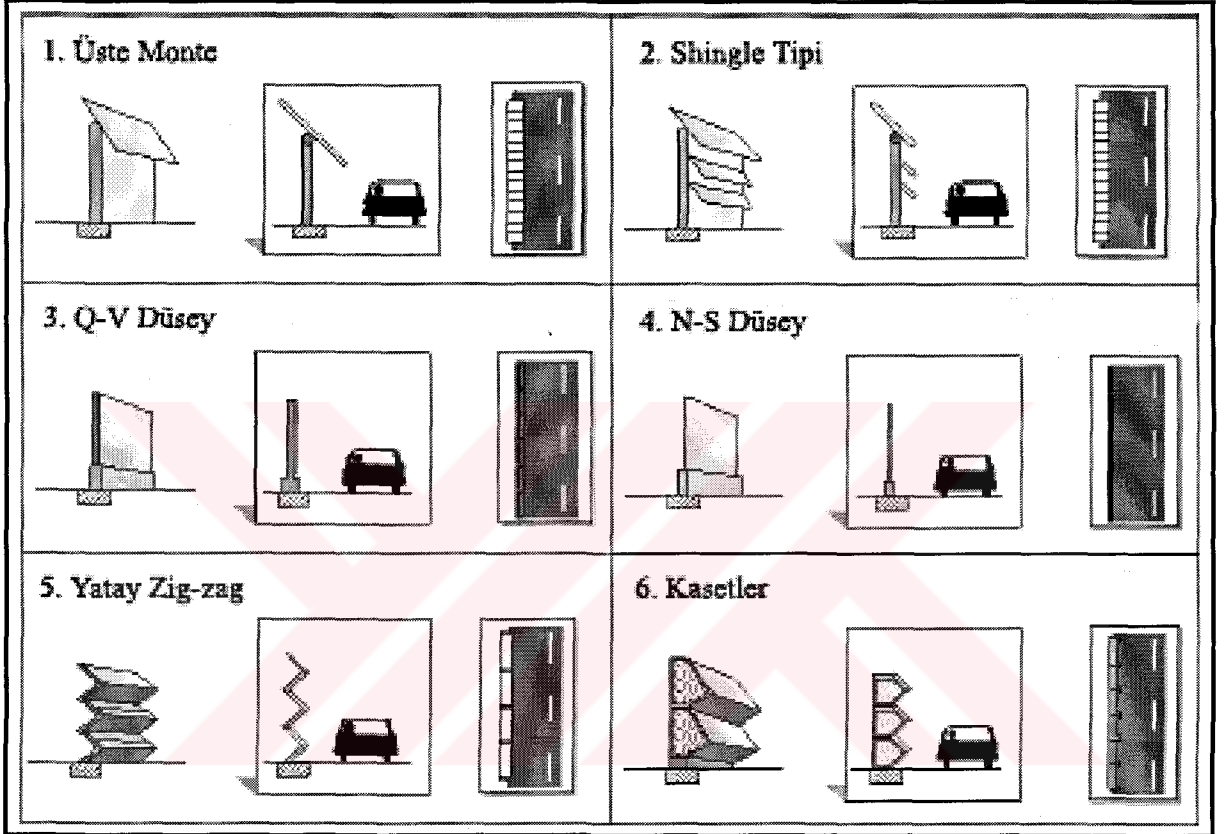
Yukarıdaki şekilde ifade edilen tanımlar ve engel tiplerinden Avrupa Standardı Modeli ile elde edilen değerler Çizelge 4.3’de ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Çizelge 4.3 Değişik üst başlıklar ve sağladıkları gürültü azalma değerleri (Ishizuka ve Fujiwara, 2003)

Engel tipi	IL (dB)	$\Delta$ IL (dB)
Düz engel		
3 metre	15.2	0.0
4 metre	17.3	2.1
5 metre	18.9	3.7
6 metre	20.1	4.9
7 metre	21.1	5.9
8 metre	22.0	6.8
9 metre	22.8	7.6
10 metre	23.4	8.2
Dikdörtgen engel		
Rijit	16.2	1.0
Yutucu	19.7	4.5
Yumuşak	23.1	7.9
T – profilli engel		
Rijit	17.1	1.9
Yutucu	20.5	5.3
Yumuşak	23.6	8.4
Silindirik engel		
Rijit	14.7	- 0.5
Yutucu	19.2	4.0
Yumuşak	22.8	7.6
Çift silindirik engel		
Rijit	17.9	2.7
Yutucu	20.4	5.4
Yumuşak	23.3	8.1
Dallanmış engel		
Rijit	18.3	3.1
yutucu	20.4	5.2
Çok köşeli engel		
Duble panel	17.6	2.4
Tek panel	15.4	0.2
Not: IL = alıcı noktalarındaki ortalama etkinlik düzeyi (dB)		
$\Delta$ IL = yüksekliği 3 metre olan düz engele göre alıcı noktalarındaki etkinlik farkı (dB)		

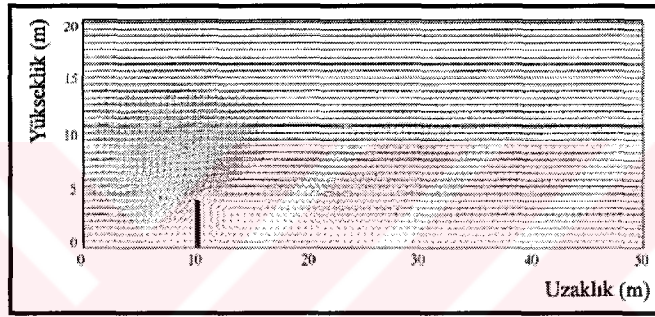
Yukarıdaki şekillerden ve çizelgelerden de görüldüğü gibi değişik biçimli üst başlıklı gürültü engelleri aynı yükseklikteki sıradan düz bir engele göre daha etkili olmakta, en yüksek gürültü azalması ise T-Profilli üst başlıklı engel ile sağlanmaktadır. Ayrıca engelin yüksekliğinin ve yutuculuğunun da akustik etkinlikte önemli olduğu görülmektedir.

**Fotovoltaikler:** Gürültü engellerinde kullanılan bu üst başlıkların yanı sıra, son yıllarda, fotovoltaikler de, gürültünün denetlenmesinde kullanılmaktadır. Şekil 4.33’de görüldüğü gibi, yol kenarına yerleştirilen bu birbirine bitişik olan PV’ler sayesinde, hem güneş enerjisinden yararlanılmakta hem de gürültü azatlımı sağlanmaktadır. Bu birimler şekilde şematik olarak gösterildiği gibi değişik özelliklerde ve biçimlerde bir araya getirilir (Nordmann vd., 2000).



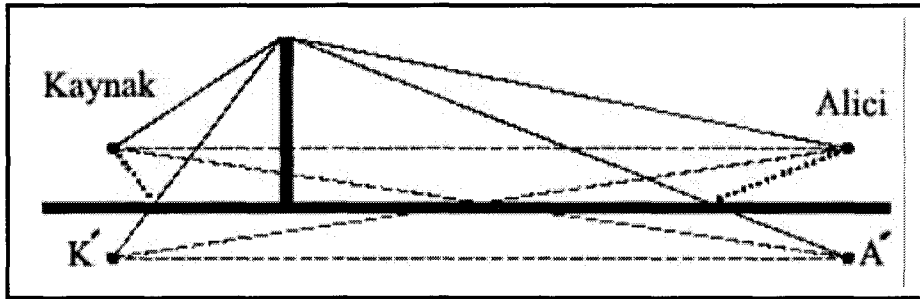
Şekil 4.33 Değişik biçimlerde kullanılan fotovoltaik örnekleri (Nordmann vd., 2000; [60])

Atmosferik Koşullar ve Çevresel Etkiler: Bütün bu etkenlerin dışında, rüzgar ve değişen sıcaklıklar gibi meteorolojik koşullar ile, zemin ve bitki örtüsü tipi gibi çevresel etkenler de engellerin akustik performansında önem taşımaktadır. Şekil 4.34’de örneklendiği gibi gürültü kaynağından, 4 m. yüksekliğinde bir gürültü engeline doğru esen rüzgar, engelin üstünde düşey rüzgar geçişleri yaratarak, fazladan aşağıya doğru kırınmalar oluşturduğu için, engelin koruyuculuğu azalabilir. Ya da rüzgar yönünden bağımsız olarak rüzgar türbülansı nedeniyle sesin gölge bölgesinde saçılması gibi engelin biçimine bağlı olarak etkiler oluşabilmektedir. Uygulamada sınır durumların dışında, kaynaktan engele doğru 2-3 m/s hızla esen rüzgar, engelin akustik etkinliğini yaklaşık 2 dB düşürür (Kurra,1978; Örgen, 1997; Forssén, 2001; Heimann, 2003).



Şekil 4.34 Kaynaktan engele doğru esen rüzgarın engelin etkinliğine etkisi (Heimann, 2003)

Zemin ve bitki örtüsü tipi de engelin akustik etkinliğinde önem taşımaktadır. Engelin bulunması durumunda alıcı Şekil 4.35’de gösterildiği gibi, kaynaktan dolaysız gelen ses enerjisinden etkilendiği gibi, yerden yansıyan ses enerjisinden de etkilenir (Kurra,1978).



Şekil 4.35 Engelin bulunması durumunda yansıyan ses ışınları (Kurra,1978)

Engel, kaynak ve alıcı sert zeminler üzerinde olduğunda, kaynaktan çıkan ses enerjisi, zeminde yutulmayıp, engelle zemin arasında üst üste yansımalar oluşacağından alıcıdaki ses düzeyi artarken, yumuşak zeminler üzerinde olduğunda ise, kaynaktan çıkan ses engelden yansıdığından zeminde yutulacağından, alıcıya iletilen ses enerjisi azalacaktır.

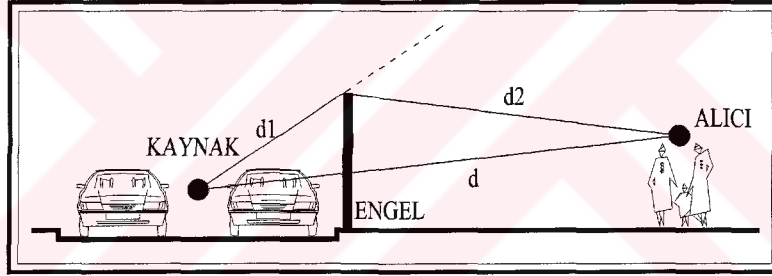
#### 4.1.2 Gürültü Engellerinin Sağladığı Gürültü Azaltımının Hesap Yöntemleri

Bu bölümde sınırlı ve sınırsız engellerden ötürü oluşan gürültü azalmasının hesaplanmasında kullanılan hesap yöntemleri yer almaktadır. Yapılan incelemeler, bu hesap yöntemleri arasında, yaklaşık 5 dB'e varan ayrımlar olduğunu ortaya koymuştur.

##### 4.1.2.1 Sınırsız Engeller

Alıcıdan engel uçlarına 180°'lik açının varlığı kabul edilen, bir başka deyişle, çok uzun olan ve trafik gürültüsünün denetlenmesinde önemli ölçüde yarar sağlayan engellere sınırsız engel denir. Sınırsız engellerin sağladığı gürültü azalmasının bulunabilmesi için, kullanılan hesap yöntemlerinden dört tanesi aşağıda gösterilmektedir.

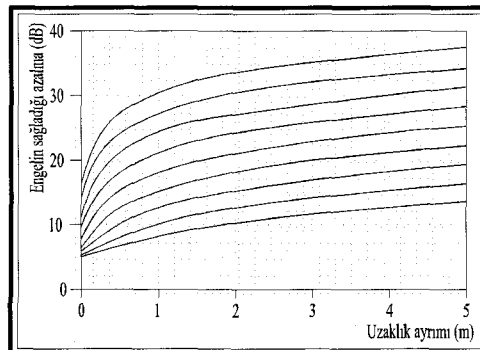
**Yöntem 1:** Şekil 4.36'da gösterilen  $d_1$ ,  $d_2$  ve  $d$  uzaklıklarına bağlı olarak; uzaklık ayrımı ( $d'$ ), (4.1) eşitliğinde görüldüğü gibi, kaynak, engel ve alıcı arasındaki uzaklıkların arasındaki farkın bulunması yoluyla hesaplanabilmektedir (Akdağ, 1989).



Şekil 4.36 Gürültü kaynağı, alıcı ve gürültü engeli arasındaki uzaklık ayrımı

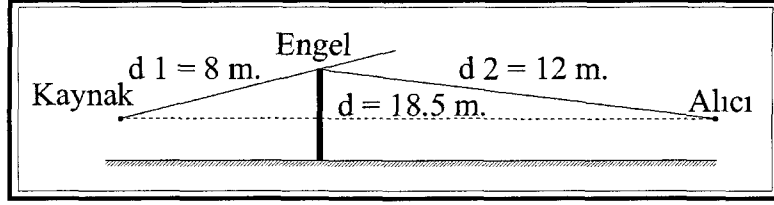
$$\text{Uzaklık ayrımı } (d') = (d_1 + d_2) - d \quad (4.1)$$

Uzaklık ayrımı (4.1) eşitliğine göre hesaplandıktan sonra Şekil 4.37'de yer alan grafik yardımıyla, frekanslara bağlı olarak, engelin sağladığı gürültü azalması bulunabilmektedir.



Şekil 4.37 Engellerin uzaklık ayrımına bağlı gürültü düzeyindeki azalmalar (Akdağ, 1999)

**Örnek 1:** Şekil 4.38'de yer alan verilere göre, bu sınırsız engelin 1000 Hz'de sağladığı gürültü azalması kaç dB olur?



Şekil 4.38 kaynak engel ve alıcı konumuna göre  $d$ ,  $d_1$  ve  $d_2$  uzaklıkları

$d_1 = 8$  m.,  $d_2 = 12$  ve  $d = 18.5$  ise, (4.1) eşitliğine göre uzaklık ayırımı,

$$\text{Uzaklık ayırımı } (d') = (d_1 + d_2 - d) = (8 + 12 - 18.5) = 1.5 \text{ m}$$

olarak hesaplandıktan sonra, Şekil 4.37'deki grafik yardımıyla, bu sınırsız engelin sağladığı gürültü azalması 22.5 dB olarak bulunur.

**Yöntem 2:** Uzaklık ayırımı bulunduğundan sonra, fresnel sayısı (4.2) eşitliği ile hesaplanabilir.

$$\text{Fresnel Sayısı } (N) = \frac{2}{\lambda} (d_1 + d_2 - d) \quad (4.2)$$

Fresnel sayısı hesaplandıktan sonra, bu sayı kullanılarak, (4.3) eşitliği ile, sınırsız engelin sağladığı gürültü azalması hesaplanabilmektedir.

$$\text{Gürültü azalması } (GA) = 10 \log_{10} (3 + 20N) \quad (4.3)$$

**Örnek 2:** Şekil 4.38'de yer alan verilere göre, bu sınırsız engelin 1000 Hz'de sağladığı gürültü azalması kaç dB olur?

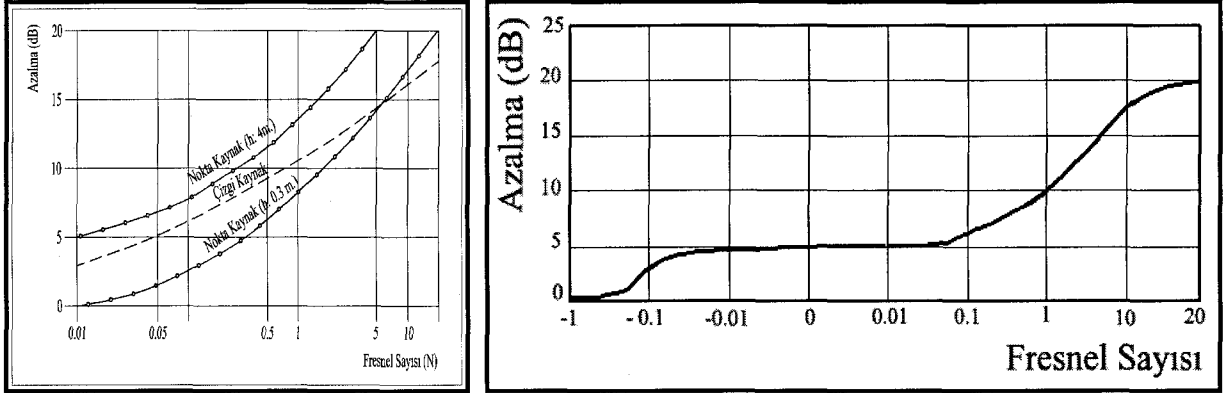
(4.1) eşitliğine göre, uzaklık ayırımı 1.5 m olarak belirlendikten sonra, (4.2)'deki eşitlikle,

$$\text{Fresnel sayısı} = \frac{2}{\lambda} (d_1 + d_2 - d) = 2 \times \frac{1000}{340} (8 + 12 - 18.5) = 8.82$$

bulunur. Ardından, (4.3) formülü kullanılarak, sınırsız engelin sağladığı gürültü azalması,

$$GA = 10 \log_{10} (3 + 20N) = 10 \log (3 + 20 \times 8.82) = \underline{22.5 \text{ dB}} \text{ olarak bulunur.}$$

**Yöntem 3:** Fresnel sayısı bulunduktan sonra buna bağlı olarak Şekil 4.39'da gösterilen grafik yardımıyla, sınırsız engelin sağladığı gürültü düzeyindeki azalmalar belirlenebilmektedir.



Şekil 4.39 Fresnel sayısına bağlı olarak, gürültü düzeyindeki azalmalar (Akdağ, 1989; FHWA, 2000)

**Örnek 3:** Şekil 4.38'de yer alan verilere göre, bu sınırsız engelin 1000 Hz'de sağladığı gürültü azalması kaç dB olur?

(4.1) ve (4.2) eşitlikleri kullanılarak, fresnel sayısının 8.82 olarak bulunmasının ardından, Şekil 4.39'daki grafik yardımıyla engelin sağladığı gürültü azalması 17.5 dB olarak bulunur.

Sınırsız engellerin sağladığı gürültü azalmaları, yukarıda yer alan yöntemlerin dışında, Şekil 4.40'da gösterilen H, R, D ve  $\Phi$  değerlerine bağlı olarak oluşturulan grafik ve formüller yardımıyla da hesaplanabilmektedir.

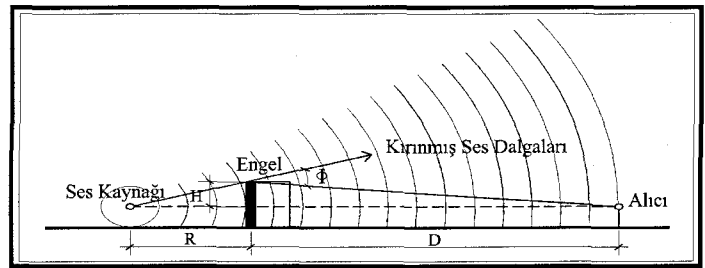
$\lambda$  = Sesin dalga boyu (m)

H = Engelin etkin yüksekliği (m)

R = Kaynak - engel arası uzaklık (m)

D = Alıcı - engel arası uzaklık (m)

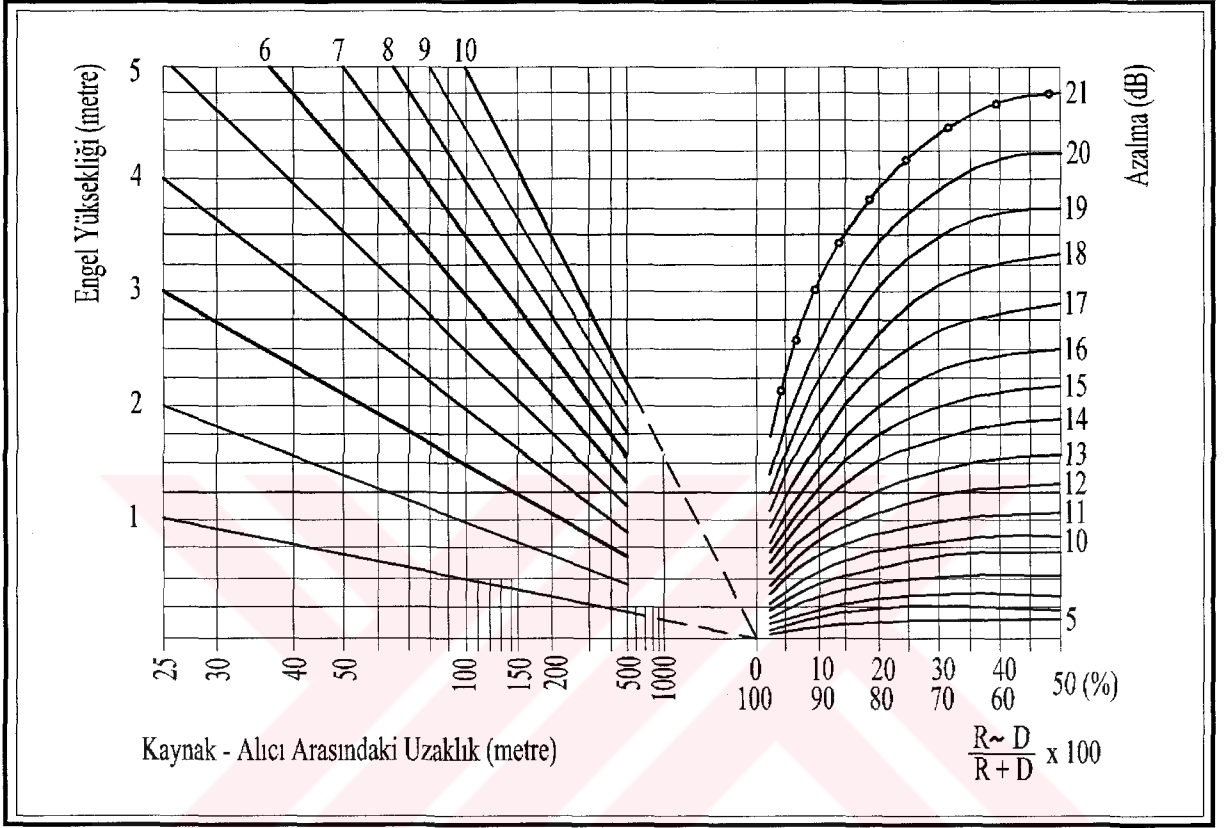
$\Phi$  = Engelin akustik gölge açısı ( $^{\circ}$ )



Şekil 4.40 Kaynak-engel-alıcı durumuna göre sesin kırınması (Şerefhanoglu, 1988a)

Sınırsız engellerden ötürü oluşan gürültü azalması, engelin etkin yüksekliğine, sesin dalga boyuna, kaynak-engel-alıcı arasındaki uzaklığa göre, ortam koşullarına bağlı olarak belirlenen "x" değerlerinin bulunmasının ardından, formüller ve grafikler yardımıyla hesaplanabildiği gibi, akustik gölge açısına bağlı olarak oluşturulan grafik yardımıyla da hesaplanabilmektedir.

**Yöntem 4:** Sınırsız engellerin sağladığı gürültü azalmaları, engelin etkin yüksekliğine, kaynak-alıcı arasındaki uzaklığa ve engelin kaynaktan ya da alıcıdan olan uzaklıklarına ve onların ayırım oranına bağlı olarak Şekil 4.41’de yer alan grafik yardımıyla da belirlenebilmektedir (Şerefhanoglu, 1988a).

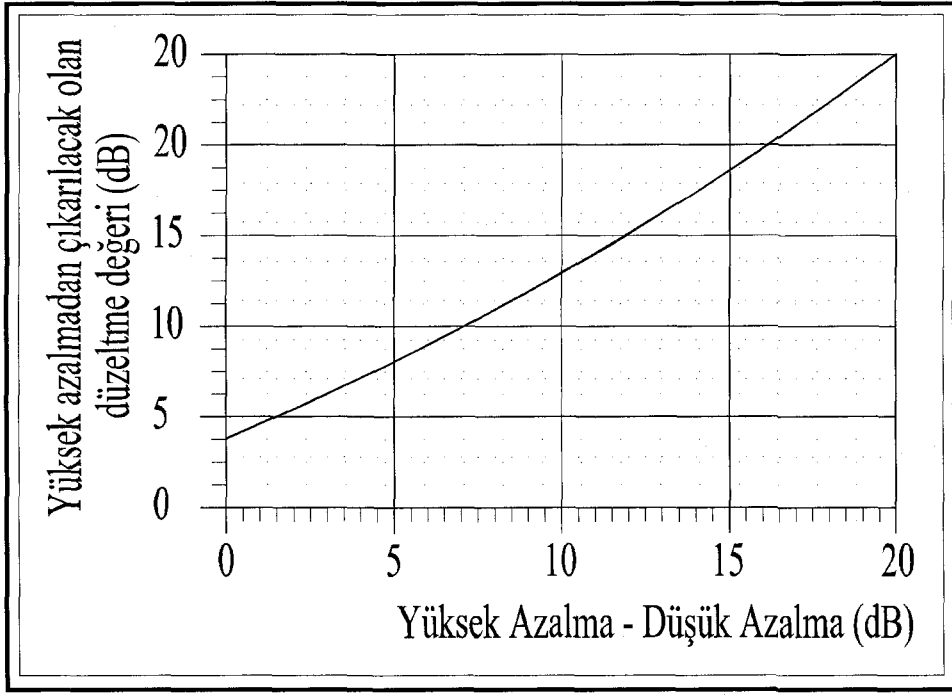


Şekil 4.41 Sınırsız engellerin yüksekliğine ve kaynak-alıcı uzaklığına bağlı olarak gürültü düzeyindeki azalma değerleri (Şerefhanoglu, 1988a)

#### 4.1.2.2 Sınırlı Engeller

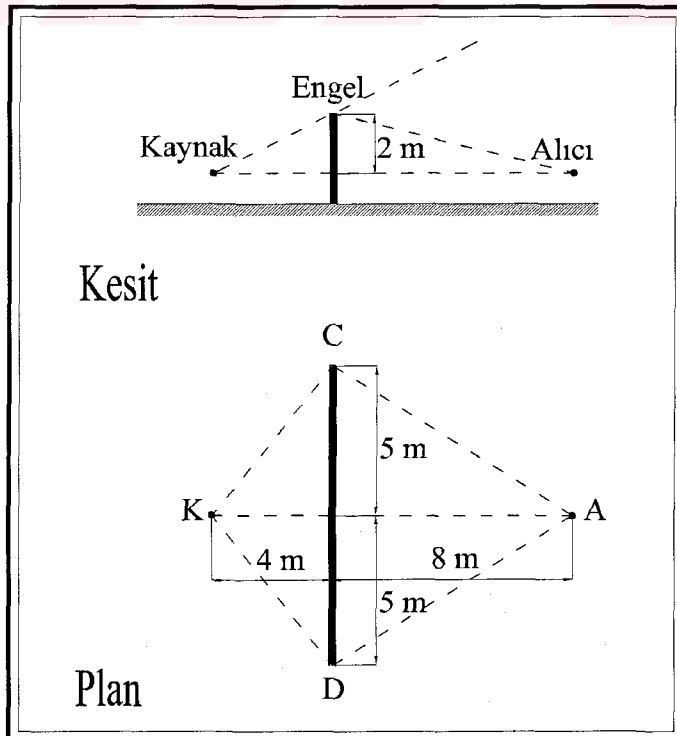
Sınırlı engeller ise, gürültünün denetlenmesi amacıyla uygulanan, ancak alan yetersizliği, estetik kaygılar gibi koşullar nedeniyle uzunlukları sınırlı olan engellerdir. Dolayısıyla, sınırlı engellerin etkinliğinde uzunluk büyük önem taşımaktadır. Sınırlı engellerin sağladığı gürültü azalmasının hesaplanmasında kullanılan hesap yöntemlerinden ikisi aşağıda yer almaktadır.

**Yöntem 1:** Sınırsız engellerin gürültü düzeylerinde sağladığı toplam azalma, Şekil 4.42’de yer alan grafik yardımıyla uzaklık ayrımlarına bağlı olarak gürültü düzeylerinde sağlanan azalmalar bulunduğundan sonra, Şekil 4.42’de gösterilen grafik kullanılarak, en yüksek azalma ile en düşük azalma arasındaki ayrıma göre belirlenen düzeltme değerlerinin, yüksek olan azalma değerinden çıkarılması yoluyla hesaplanabilmektedir (Akdağ, 1999).



Şekil 4.42 Engelin sağladığı azalmalar arasındaki ayrıma bağlı olan düzeltme değerleri (Akdağ, 1999)

Örnek 1: Şekil 4.43’de görülen sınırlı engelin etkin yüksekliğinin 2 m., kaynak-engel arası uzaklığın 4 m., engel-alıcı arası uzaklığın 8 m olması durumunda, 500 Hz için gürültü düzeyindeki azalma kaç dB olur?



Şekil 4.43 Kaynak alıcı ve engel yerleşimini gösteren şema

Şekil 4.42'ye göre çizimle ya da hesaplamayla  $d'$ ,  $d''$  ve  $d'''$  olan uzaklık ayrımları,

$$d' = (KE + AE - KA) = (4.47 + 8.25 - 12) = 0.72 \text{ m.}$$

$$d'' = (KC + CA - KA) = (6.40 + 9.44 - 12) = 3.84 \text{ m.}$$

$$d''' = (KD + DA - KA) = (6.40 + 9.44 - 12) = 3.84 \text{ m.}$$

olarak belirlendikten sonra, Şekil 4.42'deki grafik yardımıyla sağladıkları azalma değerleri,

$$d' = 17 \text{ dB}$$

$$d'' = 23 \text{ dB}$$

$$d''' = 23 \text{ dB}$$

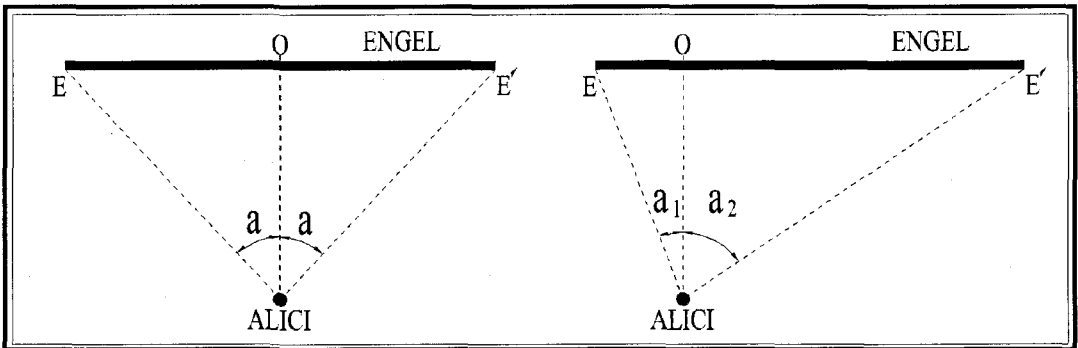
olarak bulunduktan sonra Şekil 4.42'deki grafik kullanılarak,

$$23 \text{ dB ve } 23 \text{ dB} \quad \text{arasında } 0 \text{ dB fark olduğundan,} \quad 23 - 3 = 20 \text{ dB}$$

$$20 \text{ dB ve } 17 \text{ dB} \quad \text{arasında } 3 \text{ dB fark olduğundan,} \quad 20 - 5 = 15 \text{ dB}$$

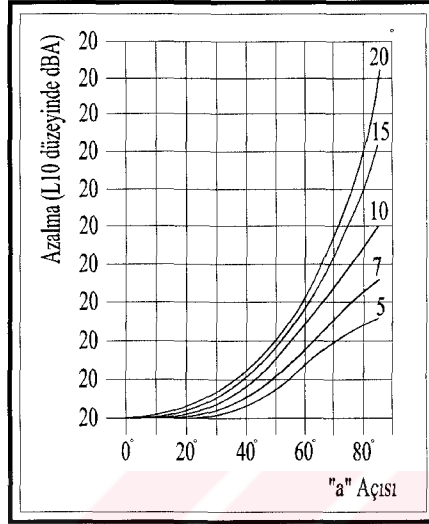
sınırlı engelin sağladığı gürültü azalması 15 dB olarak bulunabilir.

**Yöntem 2:** Sınırlı uzunlukta engellerde, engelin uzunluğu çok fazla olmadığından, alıcının konumuna göre engelin belirli bir bölümünün etkinliği söz konusudur. Sınırlı engellerin sağladığı gürültü azalması hesaplanırken, alıcının engelin uçlarına olan uzaklığı ve dolayısıyla Şekil 4.44'de engelin bakışlımlı ve bakışsız durumuna göre gösterilen "a" açısı önem taşımaktadır (Şerefhanoglu, 1988a). (Engelin etkinliğinin yüksek olması için, alıcının engelin uçlarına olan uzaklıklarının, engele olan en yakın noktaya uzaklığının on katından fazla olması, yani "a" açısının büyük olması gerekir.)



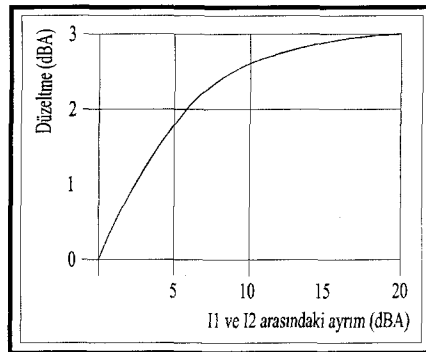
Şekil 4.44 Engelin bakışlımlı ve bakışsız durumuna bağlı olarak belirlenen a, a1 ve a2 açıları

Alicı ve engelin durumuna göre "a" açısı belirlendikten sonra, Şekil 4.45'de yer alan grafik yardımıyla, gürültü düzeyinde engelin sağladığı azalma hesaplanabilmektedir. Fakat grafiğin kullanılabilmesi için "a" açısı dışında, engelin sınırsız olarak kabul edilerek, Bölüm 4.1.2.1'de gösterilen hesap yöntemleriyle belirlenmesi gerekmektedir (Şerefhanoglu, 1988a).



Şekil 4.45 Sınırlı engelin "a" açısı yardımıyla yeğinlikteki azalmaların bulunması (Şerefhanoglu, 1988a)

Alicının engele göre bakışimsız durumu söz konusu ise, "a<sub>1</sub>" ve "a<sub>2</sub>" açıları için gürültü düzeylerindeki azalmalar bulunarak, ikisinin ayırımından Şekil 4.46'da yer alan grafik yardımıyla düzeltme değerleri belirlenebilir. Engelin sağladığı azalma, düzeltme değerinin, bulunan iki düzey değerinden düşük olanına eklenmesiyle elde edilir (Şerefhanoglu, 1988a).



Şekil 4.46 Sınırlı engelin belirlenen "a<sub>1</sub>" ve "a<sub>2</sub>" açıları için düzeltme değerleri (Şerefhanoglu, 1988a)

Yukarıda gösterilen bu yöntemlerle, sınırlı engellerden ötürü sağlanan gürültü azalması hesaplanabilmektedir.

## 4.2 Gürültü Engel Sistemlerinin Tipleri

Gürültü engel sistemleri,

- zemine monteli
- strüktüre monteli

gürültü engelleri olmak üzere başlıca iki bölüme ayrılmaktadır. Bu bölümde, bu tip ile ilgili genel bilgiler yer almaktadır.

### 4.2.1 Zemine Monteli Gürültü Engelleri

Zemine monteli gürültü engelleri, ya zeminin içine gömülerek ya da üstüne yerleştirilerek oluşturulmaktadır. Gürültü setleri, gürültü duvarları ve bileşik sistemlerden oluşan bu engel tipi, aşağıda anlatılmaktadır.

#### 4.2.1.1 Gürültü Setleri

Şekil 4.47’de görüldüğü gibi gürültü setleri, toprak, taş, kaya vb. gibi doğal malzemelerden oluşmaktadır. Bu tip engeller genelde, uygulama alanındaki ya da alanın çevresindeki malzemelerle yapılmaktadır. Taşıyıcılığın sağlanabilmesi için eğimli kademeler şeklinde yapıldıklarından, genelde gürültü duvarlarından daha fazla yer kaplamaktadırlar. Gürültü setlerinde çoğunlukla, genişlik/yükseklik oranı 2/1 olsa da, 1.5/1 gibi oranlar da kullanılmaktadır. Kayadan yapılan setler içinse genelde 1/1 oranı kabul edilmektedir. Setin üstünde oluşturulacak platoya başka bir engel yerleştirilebildiğinden, bitkilendirme, bakım kolaylığı, yol çiti, vb. kolaylıklar sağladığından ve akustik etkinliği aynı yükseklikte gürültü duvarından daha fazla olduğundan, setler daha çok tercih edilmektedirler (FHWA, 2000).



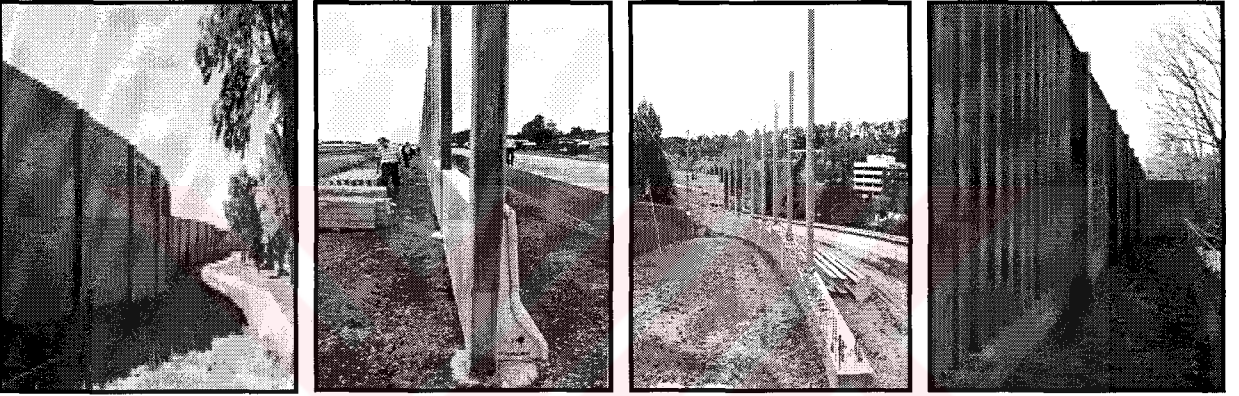
Şekil 4.47 Gürültü setlerinin genel görünüşü (FHWA, 2000; EPD, 2003; [58] )

Gürültü setlerinin yapımında göz önüne alınması gereken etkenler, araçların rahatça geçebilmesi için yol genişliğinin uygun olması, setin yerleştirilmesi için yeterli alanın bulunması, konut ve yol tarafında olumlu görsel etkilerin yaratılması, yapım aşamasında mevcut objelerin ve kent öğelerinin zarar görmemesi, bakım ve ulaşımın sağlanabilir olması, drenaj gereksinimlerinin karşılanması olarak sıralanabilir.

#### 4.2.1.2 Gürültü Duvarları

Gürültü duvarları genelde, uygulama alanının dışındaki atölye ya da fabrikalarda üretilerek, alana taşınmakta ve yerinde monte edilmektedirler. Projede kullanılacak gereç tipine göre, beton gibi proje alanında yerinde dökme uygulaması da olanaklı olmaktadır. Bu bölümde, gürültü duvar sistemlerinin, değişik tiplerinin açıklamasına yer verilmiştir.

**Kolon (dikme) ve Panellerden Oluşan Gürültü Duvarları:** Bu gürültü duvarı sistemleri, Şekil 4.48'de gösterildiği gibi temellerle takviye edilmiş kolonların arasına monte edilen panellerden, tuğla, briket, taş gibi hazır malzemelerden oluşmaktadır.



Şekil 4.48 Dikme ve panellerden oluşan gürültü duvarlarının genel görünüşü (FHWA, 2000; Jensen vd., 2002; [7])

Bu sistem tipinin uygulanmasında, dikme ve dikme/temel bağlantılarının tipine göre takviyeli beton temeller ile temele üstten bulonlanan dikmeler, takviyeli beton temeller ile yarısı gömülmüş dikmeler, güçlendirilmemiş beton temeller ile tümü gömülmüş dikmelerin, üstü taşla doldurulan silindirik boşluklara gömülen ahşap dikmeler gibi gruplara ayrılan dikmeler; yekpare paneller ve yerinde üst üste dizilen paneller olarak ikiye ayrılan panellerin ve panel dikme birleşimlerinin göz önünde bulundurulması gerekir. Yekpare ve yerinde üst üste dizilen panel tipleri için düşünülmesi gereken etkenler aşağıda anlatılmaktadır (FHWA, 2000).

**Dikme Boşlukları:** Büyük dikme mesafeleri, kısa aralıklara göre daha ekonomik olsalar da nakliye gücü nedeniyle, yerinde istiflenecek panellerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Kullanılacak malzemelere bağlı olarak, uzun ve dar paneller kısa olanlara göre her yöne eğilmeye daha müsait olabilmektedirler. Üst üste dizilen panellerin birleşimlerinde oluşabilecek eğilme ve sehim etkileri göz önünde bulundurulmalıdır.

Nakliye Gereksinimleri: Yekpare panellerin, yan yana dizilerek dik ya da dike yakın pozisyonda taşınmasında, yanlarında veya üstlerinde kaldırıp indirmek için bileşenlere ihtiyaç duyulmaktadır. Panellerin yatay pozisyonda taşınması durumunda, karayolu alt geçit ve üstgeçitlerin yükseklik sınırlarına uygun oranda yükleme yapılmasına dikkat edilmelidir.

Estetik: Üst üste dizilen paneller uygulama gereği, yatay birleşimler oluşturmaktadırlar. Bu yatay birleşimlerle, panellerin bir arada oluşturacakları görsel etkinin iyice irdelenmesi gerekir. İstenen görsel etkiye göre panellerin desen ve dokuları da o yatay çizgilere uygun seçilebilmekte, ya da tersi şeklinde yatay ve düşey zıtlıklar oluşturulabilmektedir. Yaratılmak istenen görsel etkiye göre değişse de genelde, birleşim noktaları belli bir hizada düzgün olarak, akslarda şaşmalar yapılmadan oluşturulmaktadırlar. Yine de uygulama sonucu ortaya çıkabilecek görüntülerin önceden değerlendirilmesi ve etüt edilmesi gerekmektedir.

Yerleşim Gereksinimleri: Özellikle yekpare panellerin yerine yerleştirilmesi için vinç, kule vinci gibi ağır kapasiteli ekipmana ihtiyaç duyulmaktadır. Köprü altı gibi yüksekliği ya da alanı sınırlı yerlerde üst üste dizilen panellerin kullanılması zorunlu hale gelmektedir. Diğer yandan yekpare paneller, bir kerede yerlerine yerleştirilebilmekte, yatay birleşimlerini hizalama gereksinimleri olmamaktadır.

Ağırlık ve Boyut Sınırlandırmaları: Belli bir boyutun ve genişliğin üstündeki büyük panellerin yapım, taşınma ve saklanma kapasiteleri belli değerlerle sınırlandırılmaktadır.

Akustik Özellikler: Özellikle parça parça üst üste dizilen panellerin yatay bağlantılarının estetik ve akustik açıdan düşünülmesi gerekmektedir.

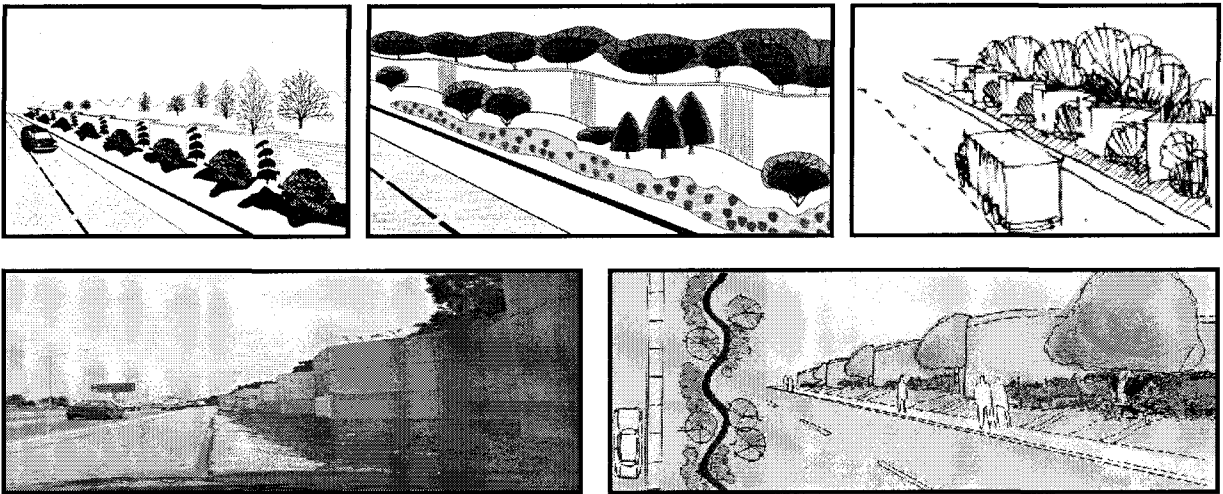
Bakım özellikleri: Gürültü duvarları, her an araçların çarpması, vurma, taş, araç parçası gibi elemanların üstüne düşmesi, kar temizleme işlemleri gibi etkenlerle, hasara ve bozulmaya maruz kalmaktadır. Engel tasarımında bu etkiler unutulmamalıdır. Örneğin, panellerde hasar oluşması durumunda, ya panelin tümü çıkarılarak, sistem yeni baştan kurulabilmekte, ya da bozulan parçanın yerine göre, bozulan parça çıkarılıp değiştirilebilmektedir. Ancak değiştirilen parçanın eskisine uyumlu olması gerektiğinden, yedek panellerin bulundurulması, eğer projeye uygun olan panel bulunamazsa, projenin yeniden gözden geçirilmesi gereksinimi ortaya çıkmaktadır.

Bu etkenlerin yanı sıra kullanılacak bağlantı elemanlarının panel ve dikmelere uygun olması, bu bağlantılar yapılırken, akustik ve yapımsal kriterlerin dikkate alınması, oluşabilecek ses kaçışlarının önlenmesi gerekmektedir. Panelin içine geçen yada birleşme boşluğunu kapatan (ses yutucu), engelin fonksiyonunu bozmayacak, dayanım süresini engellemeyecek, panel ve dikmelerin hareketinden yada sehiminden kaynaklanabilecek bozulmaları da önleyecek nitelikte tasarlanan bağlantı elemanlarının kullanılması daha uygun olmaktadır.

Panel ve dikme arasındaki ölü yük transferi ve rüzgar yükü: Tipik bir panel dikme sisteminde, panel ve dikme arasındaki ölü yük transferi alttan ya da üstten olduğundan ve genelde yükler, panellerden dikmelere oradan da temellere ve dolayısıyla zemine iletiğinden, birleşim noktaları ve temellerin desteklenmesi daha doğrudur. Ayrıca panellerin rüzgarın etkisiyle hareket etmelerini önlemek, farklı doğrultulardan esen rüzgarla bağlantıların çıkmasını engellemek, proje tasarımı yapılırken tüm yüklerin eşit ve homojen dağılmasını sağlamak için panel ve dikme arasındaki rüzgar yükünün de göz önünde bulundurulması gerekir.

**Serbest Ayakta Duran Gürültü Duvarları:** Bu duvar sistemleri, kendi kendini taşıyan gürültü engellerinden oluşmaktadır. Bunlar kullanılan sisteme göre değişik tiplerde olabilirler.

Prekast Beton: Şekil 4.49’da görülen bu sistemler, kendi kitleleriyle, kendi kendilerini taşıyabilen, zig-zag ya da trapezoidal biçimlerin birleşmesiyle oluşan sistemlerdir. Zemin tipine bağlı olarak, sıkıştırılmış toprağa, kuru taş bazalara, beton pedlere ya da güçlendirilmiş beton mütemadi temellere taşınabilmektedirler.



Şekil 4.49 Serbest ayakta duran prekast beton gürültü duvar örneği (Farnham ve Beimborn, 1990; BIA, 1991; Highways Agency, 1994; FHWA, 2000)

Bitkilerle Çevrili Kutu Tipinde Engeller: Bu sistemler, Şekil 4.50'de görüldüğü gibi, beton, ahşap veya plastikten yapılan yapımsal kabukların, toprakla doldurulup bitkilendirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu sistemler genelde beton ayaklara ya da temellere taşınmaktadır. Tasarıma ve seçilen bitki türüne bağlı olarak ya doğrudan toprağın üstüne, ya da küçük bir kademe yapılarak yerleştirilmektedir. Proje alanının yapısına ve koşullara göre uygun bitkilerin seçilmesine, bitkilerin düzenli bakımlarının yapılmasına, ekilmesine, biçilmesine, sulanmasına, toprağın havalandırılmasına ve dinlendirilmesine dikkat edilmesi, güvenlik açısından basamaklı engele tırmanılmaması için çözümlerin düşünülmesi gerekir.



Şekil 4.50 Serbest ayakta duran bitkilerle çevrili kutu şeklinde gürültü duvarı (Farnham ve Beimborn, 1990; [58])

Taş Piramit Tipi Engeller: Bu özel tip, Şekil 4.51'de görüldüğü gibi, dikdörtgen kaya ya da taş kalıpların üst üste dizilerek, tellerle bağlanmasıyla oluşturulmaktadır. Estetik nedenlerden dolayı bu teller çoğunlukla, değişik renklerdeki vinil benzeri gereçlerle kaplanmaktadır. İstenilen engel yüksekliğinin ve dayanımının sağlanabilmesi için, taş kalıplar üst üste piramit şeklinde dizilmekte, genellikle kuru ve sıkıştırılmış zemin üzerine oturtulmaktadır. Stürüktürleri kendi kendilerini taşıyabilecek nitelikte olduğundan, eğimli araziye uyum sağlayabilmekte ve bitkilerle kullanılarak, etkili görüntüler yaratılabilmektedir.



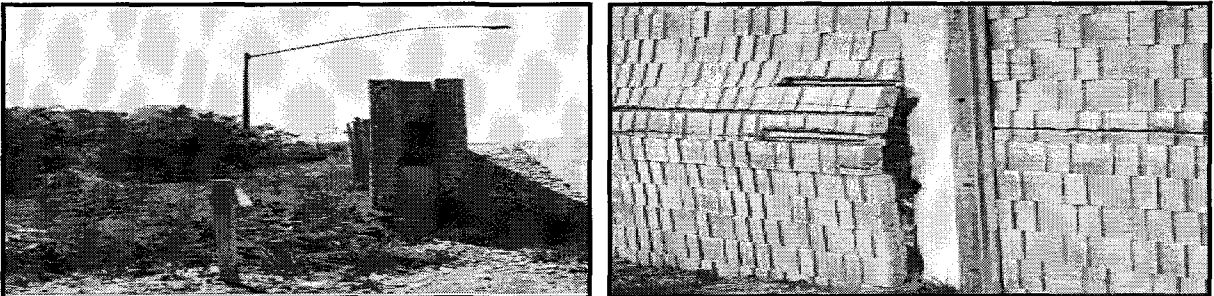
Şekil 4.51 Serbest ayakta duran taş piramit gürültü duvar örneği (FHWA, 2000)

Gömülen Paneller: Bu engel tipleri Şekil 4.52’de görüldüğü gibi bir temel gereksinimi olmadan, yüksek ve yekpare panellerin (çoğunlukla beton ya da ahşap) yan yana zemine gömülmesiyle, oluşturulmaktadır. Bu paneller dişli ve binmeli olarak birbirlerine geçirilmektedir. Üstleri farklı kotlarda bittiğinden, yumuşak ve düz bir görsel etkiden çok inişli çıkışlı bitişleri olan, hareketli bir görsel etki yaratan bu sistemler için, bitiş profilleri tasarlanabilmektedir. Ayrıca bağlantı noktaları, sesin geçişini engellemeyecek biçimde tasarlanmalıdır. Bazı durumlarda, panellerin birbirinden ayrılması ya da uzun panellerde eğilme ve sehim yapma tehlikesi olduğundan, yapım, uygulama ve bakım aşamalarında gereken önlemlerin alınması gerekmektedir (FHWA, 2000).



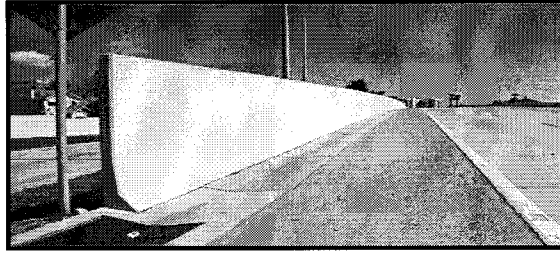
Şekil 4.52 Gömülen paneller (FHWA, 2000; EPD, 2003)

Ayrıca bu sistemden biraz farklı olarak, kısmen toprağa gömülü gürültü duvar sistemi bulunmaktadır. Bu sistem, toprağın kaymasını engelleyerek, perde vazifesi görmekte birlikte gürültü engeli olarak da görev yaptığından, kot farkı olan arazilerde kullanılması daha uygun olmaktadır. Şekil 4.53’de görüldüğü gibi, karayolunun bittiği yerlerde zemin engelin yükünü taşımaktadır. Bazı uygulamalarda, engelin ve onun taşıdığı yükler nedeniyle zemine bir baskı olmakta, bu itme kuvvetlerine karşı koyamayan panellerde çatlamlar ve bozulmalar oluşabilmektedir. Toprakta süzülen suların göllenip (birikip), engele zarar vermemesi için, drenaj çözümlerinin mutlaka düşünülmesi gerekmektedir.



Şekil 4.53 Kısmen toprağa gömülü gürültü duvarları (FHWA, 2000)

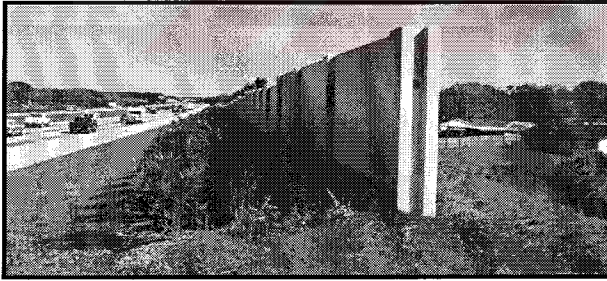
Yerinde Dökme Beton Gürültü Duvarları: Şekil 4.54’de görüldüğü gibi bu tip engeller, proje alanında, yerinde dökme olarak uygulanmaktadır. Bu sistemin yapımında, temelin kazılması, kalıpların konması, betonun karıştırılıp hazırlanması, dökülmesi ve sonrasında yüzeylerin düzgünleştirilmesi için ekipmana ihtiyaç duyulur. Bu sistem fabrikada ya da atölye de üretilip gelen sistemden farklıdır. Proje alanında tüm testlerin ve kalite kontrollerin belli prosedürlere bağlı olması ve hava koşullarının da hem betonun dökülmesinde, hem de sonrasında prizini alması için uygun olması (çok soğuk ve değişen sıcaklıklar olmamalıdır) gerekmektedir.



Şekil 4.54 Yerinde dökme beton gürültü duvarları (FHWA, 2000)

#### 4.2.1.3 Birleşik Sistemler

Bu sistemler, Şekil 4.55’de görüldüğü gibi gürültü setlerinin üzerine, gürültü duvarlarının yerleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Temel, panel ve dikmeler, öncekilere benzer özellik göstermektedirler.



Şekil 4.55 Birleşik sistemlere örnekler (FHWA, 2000; [58])

Bu sistemde, gürültü duvarının da setin üstüne gelmesiyle temele iletilen yüklerde artış olacağından, toprak özellikleri ve temel detaylarına, gürültü setinin üstündeki plato alanının özelliklerine ve boyutuna (engelin taşıma dayanımının artması ve erozyon gibi olumsuz etkilerinin oluşmaması için genelde platonun genişliği minimum 2 m yapılır.), gürültü duvarının setin üstüne yerleştirilmesiyle, yol koruma bariyerine yer kalmayabileceğinden, gerekli bakımın yapılabilmesi ve ölü alan etkisinin yaratılmaması için uygun engel boşluğunun bırakılmasına dikkat edilmesi gerekmektedir (FHWA, 2000).

## 4.2.2 Strüktüre Monte Edilen Gürültü Duvarları

Belli bir strüktürün üstüne yerleştirilen bu sistemlerinin köprülerin üzerine inşa edilen ve mevcut duvarların üzerine yapılan gürültü duvarları olmak üzere iki ana tipi bulunmaktadır.

### 4.2.2.1 Köprülerin Üzerine İnşa Edilen Gürültü Duvarları

Şekil 4.56'da görülen köprülerin üzerine inşa edilen gürültü duvarlarının tipleri, gürültü duvarlarının köprülerin üzerine yerleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu sistemin değişik tipleri, aşağıdaki anlatılmaktadır.



Şekil 4.56 Köprülerin üzerine inşa edilen gürültü duvarları (FHWA, 2000; RTA, 2001; Jensen vd., 2002; [58])

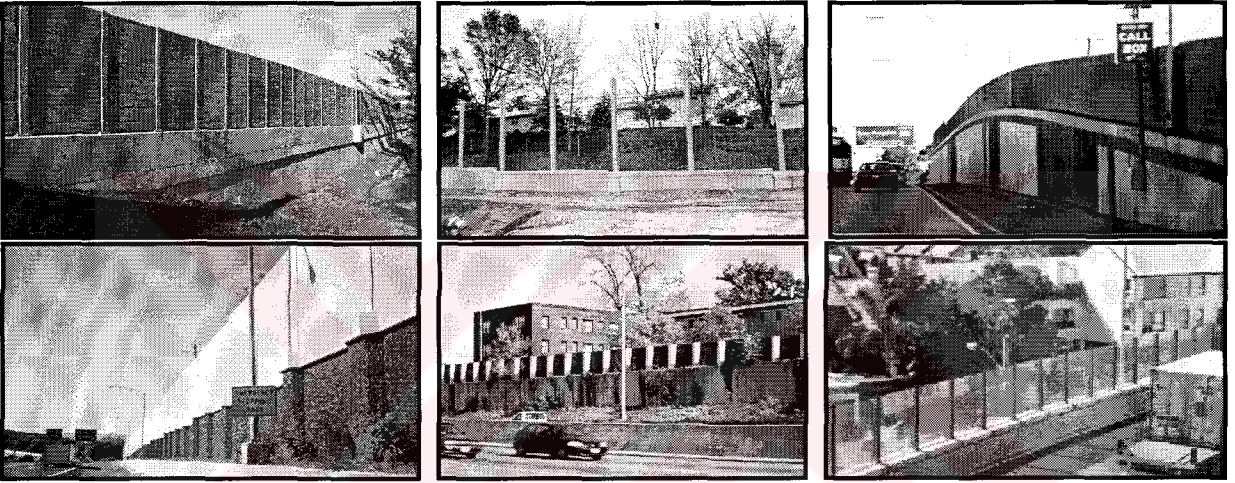
**Dikme ve Panellerle Oluşan Gürültü Duvarları:** Parapetin üzerine yerleştirilen sistemler genelde, güçlü bulon ve ankrajlarla, engel parapetin üstüne yerleştirilir. Parapetin içine geçirilen sistemler ise, sadece yeni yapılan köprüler için, parapet duvarının içinde, yapım aşamasında bırakılan boşluklara panellerin yerleştirilmesiyle oluşturulur. Parapetin dış yüzüne yerleştirilen sistemler ise, yeni ve eski köprüler için kullanılsa da daha çok eski köprülerde uygulanmakta, mekanik ve kimyasal ankraj sistemleri, bulon sistemi ve yerinde dökme bulonları kullanılarak, engel dikmeleri parapetin dış yüzüne yerleştirilmektedir.

**Dikmesiz Paneller:** Parapetin üstüne yerleştirilen sistemler ve parapetin dış yüzüne yerleştirilen sistemler şeklinde yapılabilmektedir. Yapım özellikleri panel ve dikmeli sistemlerinkine benzemektedir. Gürültü engelini güçlendirmek için, panellerin içine beton ya da takviye demirler yerleştirilir. Parapet duvarlarıyla yerinde dökme yapılabınleştirilen gürültü engelleri, özellikle yüksekliğin az olduğu durumlarda tercih edilmektedir. Paralel taşıyıcı veya benzer strüktürün, mevcut strüktüre bitişik yapılabınleştirilerek, gürültü duvarının onun üstüne yerleştirilmesiyle oluşan gürültü engelleri ise, duvarın getireceği fazladan yük ve basıncın, mevcut köprüyü etkilememesi nedeniyle, eski ve dayanıksız köprüler için kullanılır.

#### 4.2.2.2 Mevcut Duvarların Üzerine Yapılan Gürültü Duvarları

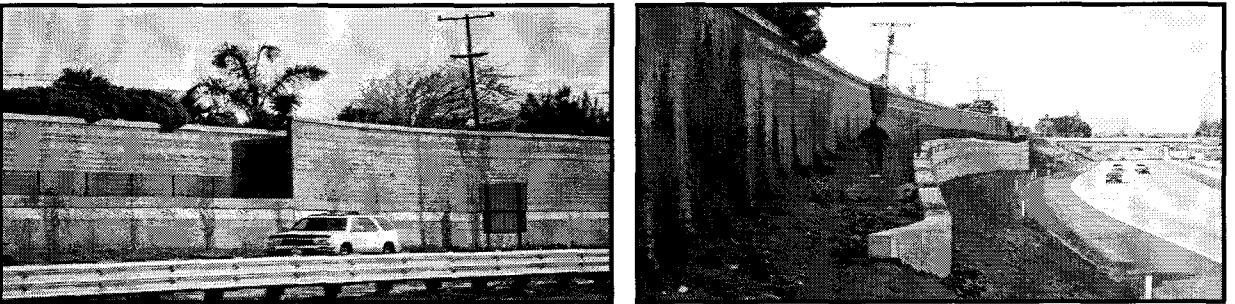
Mevcut duvarlar özellikle toprağın kaymasını engellediğinden, yolun daha yukarıda olduğu, kot farklarının bulunduğu alanlarda daha çok uygulanmaktadırlar. Bu sistemlerin oluşturulduğu biçimler aşağıda anlatılmaktadır.

**Gürültü Duvarının Mevcut Duvarın Üstüne Yerleştirilmesi:** Duvarın devamıymış gibi Bölüm 4.2.2.1’de anlatılan sistemlerle Şekil 4.57’de görüldüğü gibi yeni gürültü duvarının mevcut duvarın üstüne yerleştirilmesiyle oluşmaktadır. Mevcut duvarın yüklerinin unutulmaması, strüktürün dikkatle irdelenmesi gerekir.



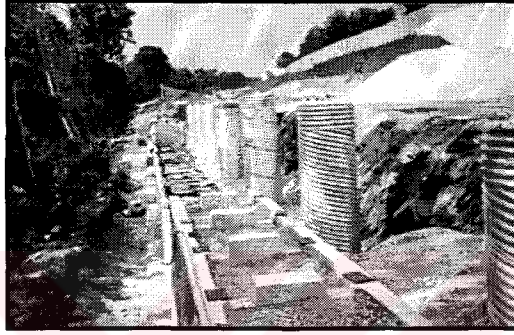
Şekil 4.57 Gürültü duvarının mevcut duvarın üstüne yerleştirilmesi (FHWA,2000; RTA, 2001)

**Gürültü Duvarının Mevcut Duvarın Önüne Yerleştirilmesi:** Şekil 4.58’de görüldüğü gibi mevcut duvarın önüne yerleştirilen sistemlerin yapımında, engelle duvar arasında oluşabilecek yük transferinin, bakım ve onarımın, drenaj sistemlerinin, güvenlik açısından çıkışların, gizlilik açısından bariyerlerin göz önüne alınması gerekmektedir.



Şekil 4.58 Gürültü duvarının yerinde dökme mevcut duvarın önüne yerleştirilmesi (FHWA, 2000)

**Gürültü Duvarının Doğal Setin Üstüne ve Önüne Yerleştirilmesi:** Bu tip bir yerleşim sisteminde doğal setlerin taşıyıcılık dayanımının artırılması gerekmektedir. Gürültü duvarı, doğal setten belli bir uzaklıkta önüne ya da, onun üstüne yerleştirilebilir. Toprağın üstüne temellerin, kirişler şeklinde yerleştirilmesi yoluyla taşıyıcılık sağlanabilmekte, gürültü duvarları bu kirişler üzerinde yükseltilmektedir. Ayrıca, bakımlarının yapılması, estetik, güvenlik, drenaj gibi özelliklerin de düşünülmesi gerekmektedir. Şekil 4.59’da görüldüğü gibi önceden beton, metal ve plastik gibi malzemelerle yapıp, uygulama alanına getirilen duvarların strüktürel yüzleri toprakla birleştirilir ve engeller de onların arkasına yerleştirilir.



Şekil 4.59 Gürültü duvarının doğal setin üstüne yerleştirilmesi durumu (FHWA, 2000)

Ayrıca, strüktüre monte edilen gürültü duvarları, ilk yapıldığında yük miktarı ayarlanarak inşa edilen strüktüre, ağırlığı ve doğrultulu yükleriyle, fazladan basınç getirmektedir. Bu ekstra basıncın mevcut strüktür tarafından taşınabilmesi için, takviye elemanlar, güçlendiriciler gibi özel önlemler alınması, yüksekliğin azaltılması, hafif malzeme kullanımı gibi önlemlerle revizyondan geçirilmesi gerekmektedir. Bu revizyonlar sırasında unutulmaması gereken noktalar; bakım, trafiğin korunması, yenileme gereken alanların tespiti, mevcut trafikten kaynaklanan köprü titreşimleri, yapım işlerinden kaynaklanan titreşimler, olası çevresel etkilerin ölçülmesi olarak sıralanabilmektedir.

Bütün bu detayların yanı sıra, gürültü duvarının yapıldığı yerin kullanımı, gürültü duvarının strüktür üzerindeki yeri ve konumu, gürültü duvarı strüktür bağlantı detayları, duvar bileşenlerinin ağırlık, kompozisyon ve fiziksel özellikleri ile gürültü engellerinin bileşenlerine herhangi bir amaçla takılan mekanizmaların da göz önünde bulundurulması gerekir. Ayrıca, araç görüş mesafesi ve engelin gölgede kalmasını engelleyebilecek yol kaplaması ile aydınlatma aygıtlarının seçilmesi dışında tamir, temizleme, koruma, yeniden boyama, vb. gibi düzenli olarak bakım ve onarım yapılmalıdır.

### 4.3 Gürültü Engellerinin Strüktürel Özellikleri

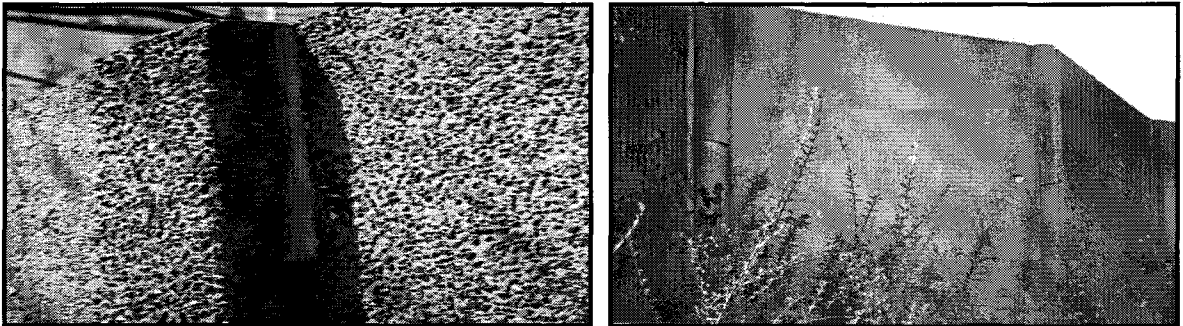
Gürültü engel sistemlerinin tasarlanmasında yapımsal özelliklerin net bir şekilde belirlenebilmesi için kullanılan malzemelerin genişleyip daralmasının, engellerin yüklerinin, yüksekliklerinin ve temel gereksinimlerinin göz önüne alınması gerekir.

#### 4.3.1 Gürültü Engelinde Kullanılan Gereçlerin Genişlemesi ve Daralması

Öncelikle engel sistemlerinde kullanılan tüm elemanların kullanılmadan önce strüktürel dayanımının, kırılma dayanıklılığının, toksik özelliklerinin, ısı dayanımlarının hesaplanması, proje alanında ya da öncesinde uygun koşullarda saklanması, beton için, su oranının miktarı, hava miktarı, sıkışma dayanımının, hava deliklerinin, prizini alma süresi, yoğunluk, suyu emme miktarının ve süresinin, boyutlarının ve strüktürel dayanımının, metallerin, ısı dayanımlarının, kaplama dayanımlarının ve kalınlıklarının test edilmesi gerekir.

Ayrıca gürültü engellerinin yapımında kullanılan tüm gereçler, sıcaklık ve nem değişikliklerinde genişler ve daralır. Bu yüzden malzeme seçimlerine dikkat edilmediği takdirde, strüktürel, estetik ve akustik problemler oluşabilmektedir. Bu olumsuzlukların yaşanmaması için üzerinde durulması gereken noktalar aşağıda yer almaktadır.

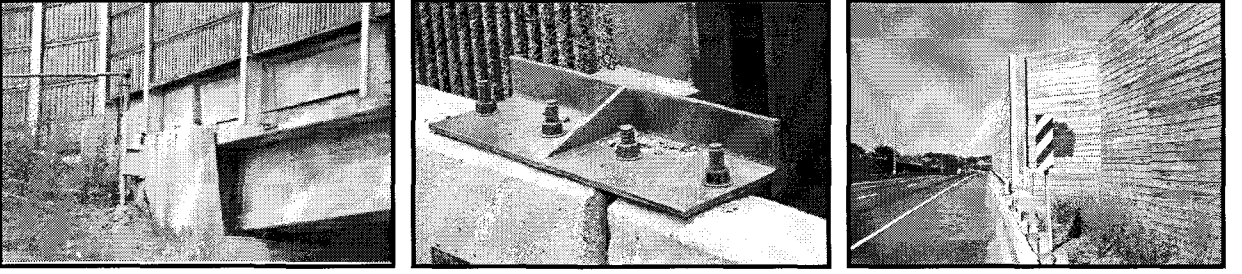
Dikme-Panel ve Panel-Panel Birleşimleri: Şekil 4.60'da görüldüğü gibi oluşabilecek genişleme ve daralmalar için dikme ve panel birleşimlerinde delik ya da boşluk bırakılması gerekmektedir. Bazı tasarımlar, yük transferini sağlamak ve ses geçişini engellemek için kısmen ya da tamamen yutucu malzemelerle kaplanır. Bu kaplama geci, panelin genişleyip daralmasına engel olacak nitelikte olmamalıdır. Yatay ve düşey olarak birbirine geçmeli şekilde yapılan panel bağlantıları, oluşabilecek hareketleri karşılayacak biçimde olmalıdır.



Şekil 4.60 Dikme-panel ve panel-panel birleşimlerinde oluşabilecek genişleme ve daralmalar (FHWA, 2000)

Yerinde Dökme ve Tuğla/Briket Gürültü Engel Sistemlerinin Birleşimleri: Duvarın kırılmasını önlemek için bırakılan genişleme noktalarına akustik ve estetik açıdan da dikkat edilmelidir.

Zemine Monteli ve Strüktüre Monteli Gürültü Engellerinin Birleşimi: Bazen zemine monte engellerin strüktüre monte olarak devam etmesi gerekebilir. Bu gibi durumlarda, Şekil 4.61’de görüldüğü gibi, estetik ve akustik açıdan akılcı çözümler yaratmanın yanı sıra bağlantı yerleşiminde genişleme-daralmalar için uygun boşluklar bırakmak daha sağlıklı olmaktadır.



Şekil 4.61 Engellerinin birleşimlerinde oluşabilecek genişleme ve daralmalar (FHWA, 2000)

#### 4.3.2 Gürültü Engellerinin Yükleri

Gürültü engeli tasarımında dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta da değişik yükler ve onların kombinasyonlarından oluşmaktadır. Gürültü engellerinin yükleri ölü yükler, rüzgar yükü, kar yükü ve etki yükleri olarak sıralanabilmektedir.

Ölü Yükler: Engelin kendi ağırlığı engelin yapısal hesaplarında unutulmamalıdır. Ağırlık, özellikle strüktüre monteli sistemlerde kritik olduğundan strüktür tasarımına da dikkat edilmesi gerekmektedir. Fazladan gelen yükleri karşılayamayacak strüktürlerde, daha hafif malzemeler seçilmesi daha doğru olmaktadır. Buz yükleri de suyun donması sonucu oluşup engel yüzeyini genişlettiklerinden dikkat edilmesi gereken özel bir ölü yük tipidir.

Rüzgar Yükü: Rüzgar yükü coğrafi yerleşimle ilgili olup topoğrafyaya bağlı olarak değişik etkiler yaratır. Engeli, temelleri ve monte edildiği strüktürü dönmeye ve harekete zorladığından dikkat edilmelidir. Ölü yüklerden farklı olarak malzemedan bağımsızlardır.

Kar Yükü: Buz yüklerinden farklı olarak kar yüklerini sadece ölü yükler olarak tanımlamak yanlıştır. Yağış esnasında yatay olan yükler, donarlarken engelin düşey kısmını da etkiler. Bu yüzden karın oradan temizlenmesine yönelik çözümlerin üretilmesi gerekmektedir.

Etki Yükleri: Bunlar araçlardan ya da dışarıdan gelen darbelerden kaynaklanan etkilerdir. Gürültü engelleri tek başına araçlardan gelebilecek etkileri karşılayamayacaklarından, engellerin önüne koruyucu bariyerlerin konulması daha uygun olmaktadır. Strüktüre monteli engellerin büyük ağaçlar tarafından hasar görme olasılığı, hafif malzemelerin yüklerin hafifletilmesi açısından olumlu, dayanıklılık açısından zayıf olması gibi yerleşim ve malzeme kararları tasarım aşamasında göz önüne alınmalıdır. Yani, engelin hasar görmemesi için; engelin strüktürel dayanımının tam olması, özellikle engel yüzeyinde uygun ve dayanıklı gereçlerin kullanılması ve yerleşime uygun önlemlerin alınması gerekmektedir.

#### 4.3.3 Gürültü Engellerinin Alt Yapı Özellikleri

Zemine monteli gürültü engellerinin temelleri, kirişler, münferit temeller ve mütemadi temellerle sınırlıdır. Tasarımda temel tipinin ve boyutların belirlenmesinde, toprağın ya da kayanın taşıma kapasitesi ve sıkışma karakteristiğine, olası zemin hareketlerine, temele yakın yerlerde olabilecek kazılara, zeminin su seviyesine, içeri giren buz miktarına, yapışkan toprağın mevsimsel hacim değişikliği miktarına, yakın strüktürlerin temel derinlikleri ve yakınlıklarına, özellikle şevlerin olduğu yerlerde zemin dayanımlarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Engellerinin temel sistemleri zemine göre, toprak içindeki beton temeller ve kaya içindeki beton temeller olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilmektedir.

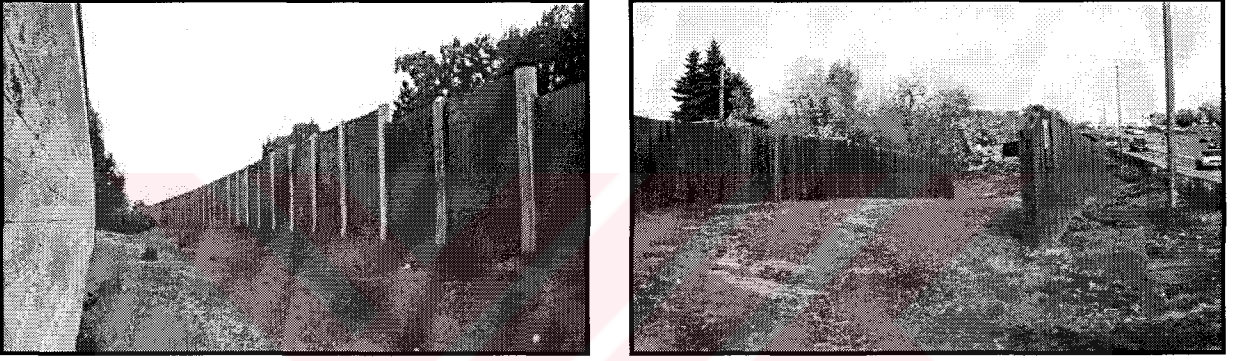
Toprak İçindeki Beton Temeller: Zemin etütlerinin yapılmış olduğu toprağın kazılması, kalıpların konması, temel döküldükten sonra, yeniden granüllü malzemelerle ve sıkıştırılmış toprakla doldurulması gerekmektedir. Yüzey alanlarının dikmeden uzağa meyil verilerek suyun dökülebilmesi ve panellerin yatay yerleşimlerinin sağlanabilmesi için temellerin üstlerine şekil verilebilmektedir. Seviye farklarına uyum sağlayabilmesi için Şekil 4.62’de görülen kademeli temeller yapmak uygun olmaktadır. Betonun temellere önceden akmasını engellemek için, betonun, paneller yerleştirilmeden önce iyice prizini alması gerekmektedir.



Şekil 4.62 Toprak içindeki beton temellerin kademeli olarak uygulanması (FHWA, 2000)

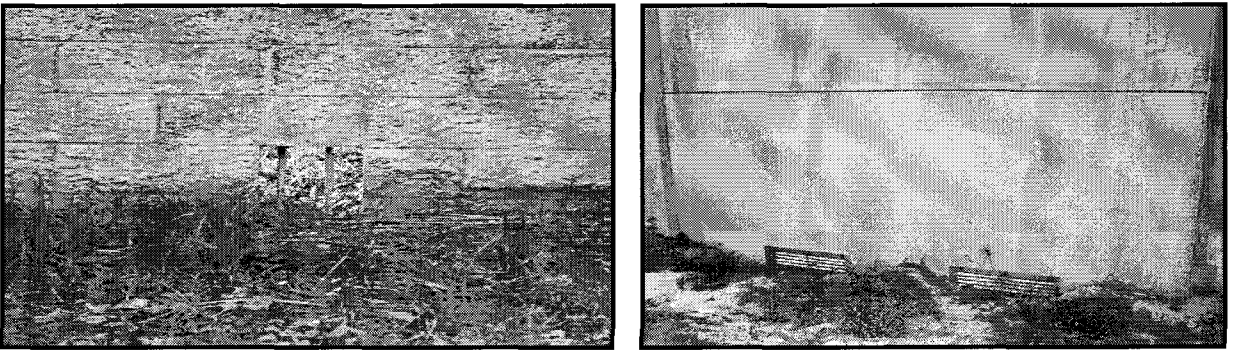
Kaya İçindeki Beton Temeller: Toprakta olduğu gibi temellerin yarısı kayaya gömülerek istenen dayanım sağlanabilmektedir. Tabii temelin yerleştirilmesi için kayada açılan deliğin daha sonradan beton yada uygun bir malzemeyle kapatılması, kayanın üstünün de granüllü malzemeyle örtülmesi gerekmektedir.

Ayrıca gürültü engellerinin yerleşimlerinden dolayı normal drenaj giderlerine bağlanması gerekmektedir. Akustik gereksinimlerin ve geometrinin izin verdiği durumlarda, genelde geçiş ve bakım için bırakılmış olan gürültü engelinin çakışma ara kesitleri Şekil 4.63’de görüldüğü gibi, suyun akışını sağlamak amacıyla drenaj için de kullanılabilir.



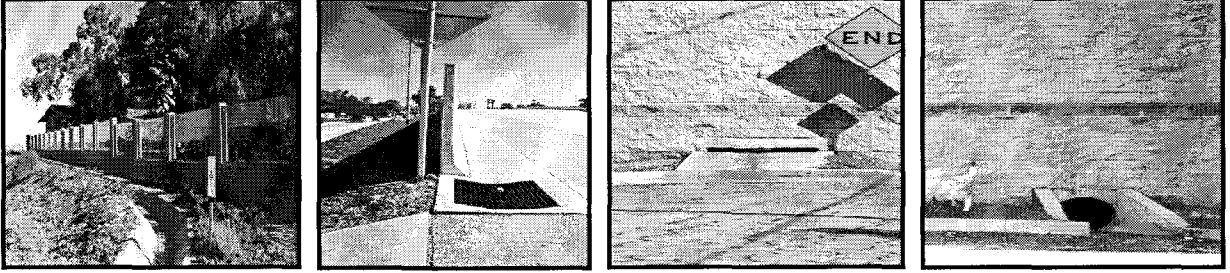
Şekil 4.63 Engellerinin üst üste binen kısımlarının drenaj için kullanılması (FHWA, 2000)

Bununla birlikte, Şekil 4.64’de gösterildiği gibi değişik boyut ve biçimlerde gürültü engeline bırakılan açıklıklar, suyun engelde birikmeyip, akışına olanak tanımaktadır. Ancak bu açıklıklar akustik açıdan engelin etkinliğini düşürmemelidir. Genellikle engelin altında bırakılan 20cm genişliğindeki boşluklar 1dB(A)’lık azalma yaratmaktadır. Bu boşluklardan küçük hayvanların (kuş, kedi, köpek vb.) girmemesi için üzerinin saklanması, kapatılması gibi koruyucu önlemlerin alınması gerekmektedir.



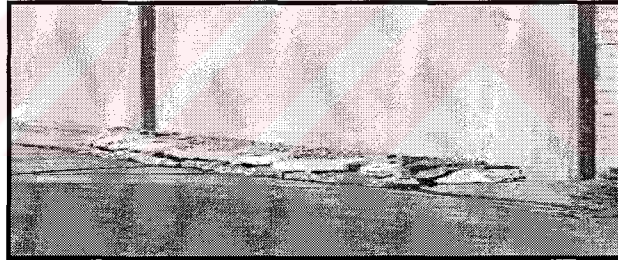
Şekil 4.64 Gürültü engellerinin içinden suyun akışının sağlanması (FHWA, 2000)

Gürültü engelinin altından suyun taşınmasına yönelik çok değişik teknikler bulunmaktadır. En bilinenleri Şekil 4.65’de gösterilen engele paralel sistemler oluşturmak ve engelin içinden suyun akışını sağlayan birbirine geçmeleri kanallarla oluşturulan sistemlerdir.



Şekil 4.65 Gürültü engelinin altından suyun akışının sağlanması (FHWA, 2000)

Başka bir yöntemle, suyun süzülme yöntemine benzer şekilde sızabilmesi için, Şekil 4.66’da de görüldüğü gibi zeminden 5-6 cm. yukarıda olan engelin altında açılan çukurun üstüne gözenekli taş monte edilerek, bu taşın hem çukuru gizlemesi, hem de suyun oradan çukura sızması sağlanır. Mütemadi temellerin olduğu engellerde kullanılmaması gereken bu sistemin tıkanmaması için, düzenli bakımının yapılması gerekir.



Şekil 4.66 Engelin altına gözenekli taş sayesinde suyun akışının sağlanması (FHWA, 2000)

Gürültü engellerinde genelde suyun akarak karayoluna geldiği durumlarda, suyun akışını sağlamak için oluşturulan bir başka teknikle, Şekil 4.67’de gösterildiği gibi, engelin altındaki beton panel sistemi suyun basıncıyla dışa doğru açılarak suyun akışı sağlanmakta, daha sonra tekrar eski düşey pozisyonuna geri dönmektedir.

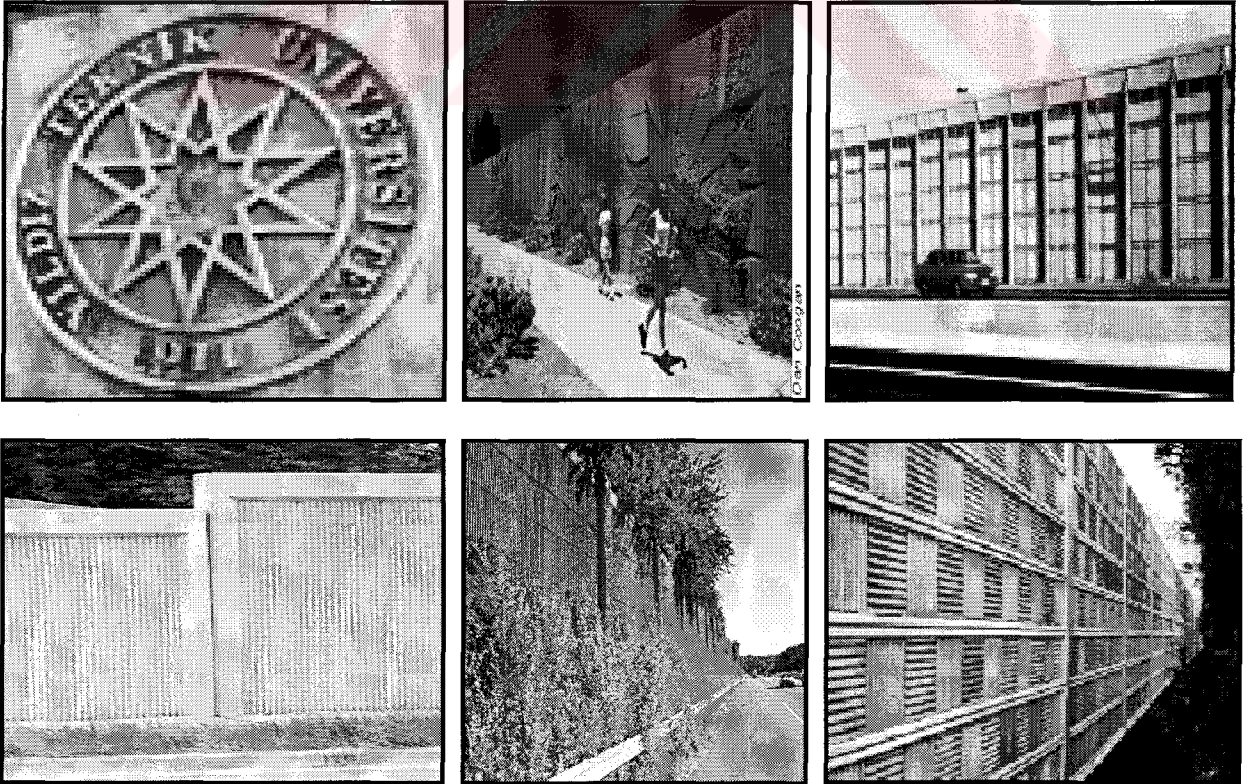


Şekil 4.67 Engelin altındaki panelin açılarak, suyun akışının sağlanması (FHWA, 2000)

#### 4.4 Gürültü Engellerinde Kullanılan Malzemeler, Yüzey Özellikleri ve Görsel Etkileri

1975'ten 1990'lara kadar gürültü engellerinin yapımında kullanılan malzeme seçimlerinde estetik kavramlar hiç düşünülmemiştir. Daha sonra yapılan bilinçli çalışmalarla engel tasarımlarında ve malzemelerinde estetik de göz önüne alınmaya ve değişik, gereç, form ve renklerde engeller üretilmeye ve uygulanmaya başlandı. Günümüzde engel gereci olarak en çok kullanılanlar, beton, metal, ahşap, transparan malzemeler ve plastiklerdir.

**Beton:** Çimento, agrega, kum ve suyun hava koşulları, dayanım, akışkanlık, gözeneklilik gibi koşullara bağlı olarak, değişik oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulan, en bilinen ve en yaygın kullanılan gereçtir. Beton, iyi hazırlandığı takdirde, uzun süre değişik sıcaklıklara, güneş ışığına, neme ve buza dayanıklılığı olan bir gereçtir. İçindeki su miktarına göre, nemli toprak kıvamında beton, plastik beton ve akıcı beton gibi gruplara ayrılmaktadır. Ayrıca, kalıplar yardımıyla istenen şekilde ve boyutta yapılabildiği gibi, değişik renkler ve dokular verilebildiği için de avantajlı bir malzemedir. Ayrıca bakım ve yapım kolaylığı da sağladığından diğer malzemelere göre daha fazla tercih edilmektedir. Şekil 4.68'de değişik beton gürültü duvarı örnekleri gösterilmektedir (Bayer Cooperation, 2000; Precast Concrete Association, 2001; [21]; [22]).



Şekil 4.68 Değişik beton gürültü duvarı örnekleri (FHWA, 2000; Sullivan, 2003; [68]; [81])

Ayrıca betondan yapılan engellerle Şekil 4.69'da gösterildiği gibi yumuşak yüzey, agrega dokusu, yatay ve düşey çizgiler gibi değişik yüzey ve doku etkileri yaratılabilir ([38]; [40]).

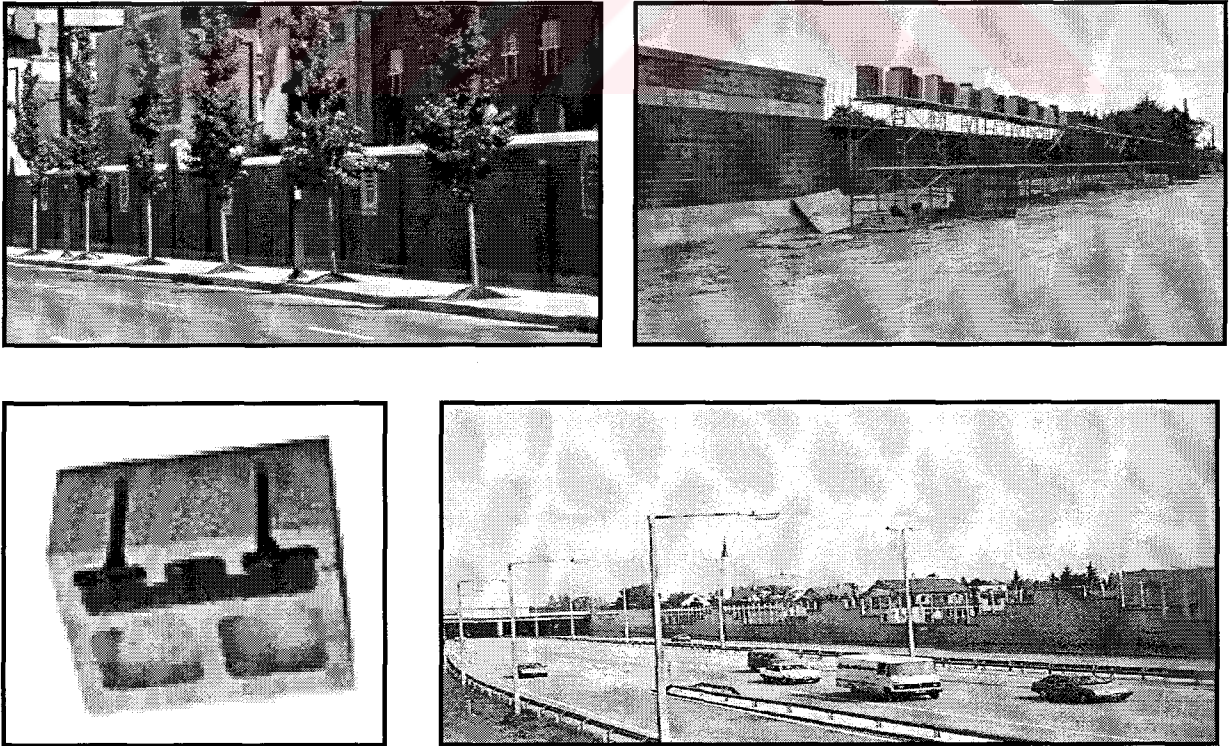


Şekil 4.69 Betondan yapılan gürültü engellerinin değişik yüzey ve doku özellikleri(Sullivan, 2003; FHWA, 2000; [7]; [58]; [60])

**Tuğla ve Duvar Blokları:** Duvar örmekte kullanılmak üzere kil ve kum karışımının kalıplara dökülüp kurutulduktan sonra, dayanımının artması için harman ocağı veya fırınlarda pişirilmesi yoluyla değişik ebatlarda üretilen tuğla, pahalı olduğu için diğer malzemelere göre daha az tercih edilmektedir.

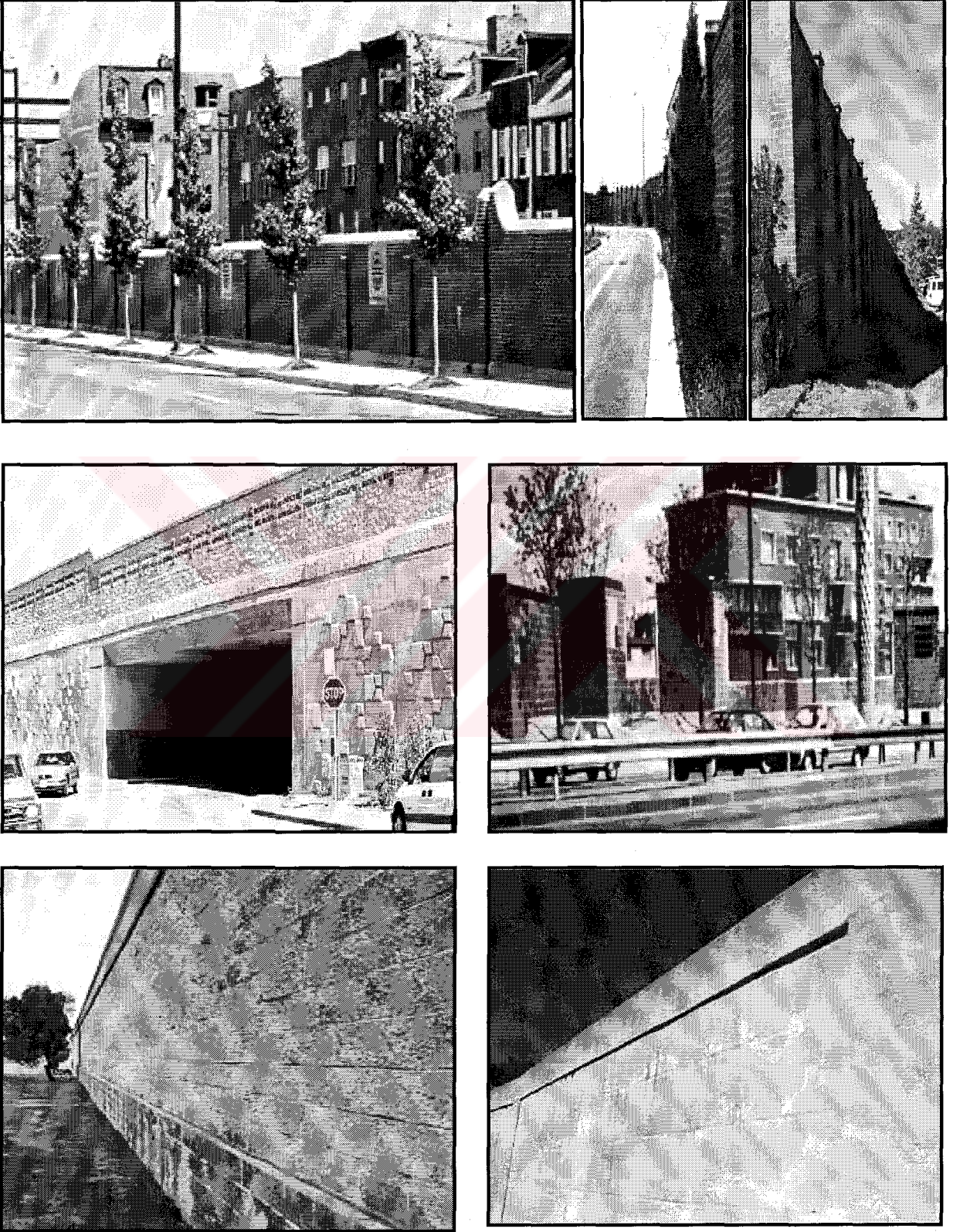
Duvar blokları ise, değişik gereçlerden farklı boyutlarda oluşturulan elemanların yan yana dizilmesiyle ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda engelin etkinliğini arttırmak için yutucu malzemelerde kaplı duvar blokları da üretilmeye başlanmıştır.

Tuğla ve duvar blokları, elle yada makineyle dizilebilirler. Elle dizilenlerde zeminin formuna uygun yerleşim daha kolay olsa da makineyle dizilenler insan gücünden bağımsız olduğu için daha hızlı örülmektedir. Bütün bu blokların yerleşimi için temele ihtiyaç duyulması ve inşası için yatay ve düşey payandalar ile yapı iskelesine gereksinim olması yapımını zorlaştırmaktadır. Ayrıca, tuğlaların ve blokların bağlayıcı harçla yan yana dizilmesiyle oluşturulan duvarların birleşim yerlerindeki derzlerin oluşturacağı etkiler, tasarım aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil 4.70'de değişik tuğla gürültü duvarı örnekleri görülmektedir.



Şekil 4.70 Tuğla ve duvar blokları gürültü duvarı örnekleri (Grötzer vd., 1989; BIA 1991; FHWA, 2000; [68])

Ayrıca Şekil 4.71’de gösterildiği gibi tuğla ve duvar bloklarından yapılan gürültü engelleriyle değişik yüzey ve doku etkileri yaratılabilmektedir.

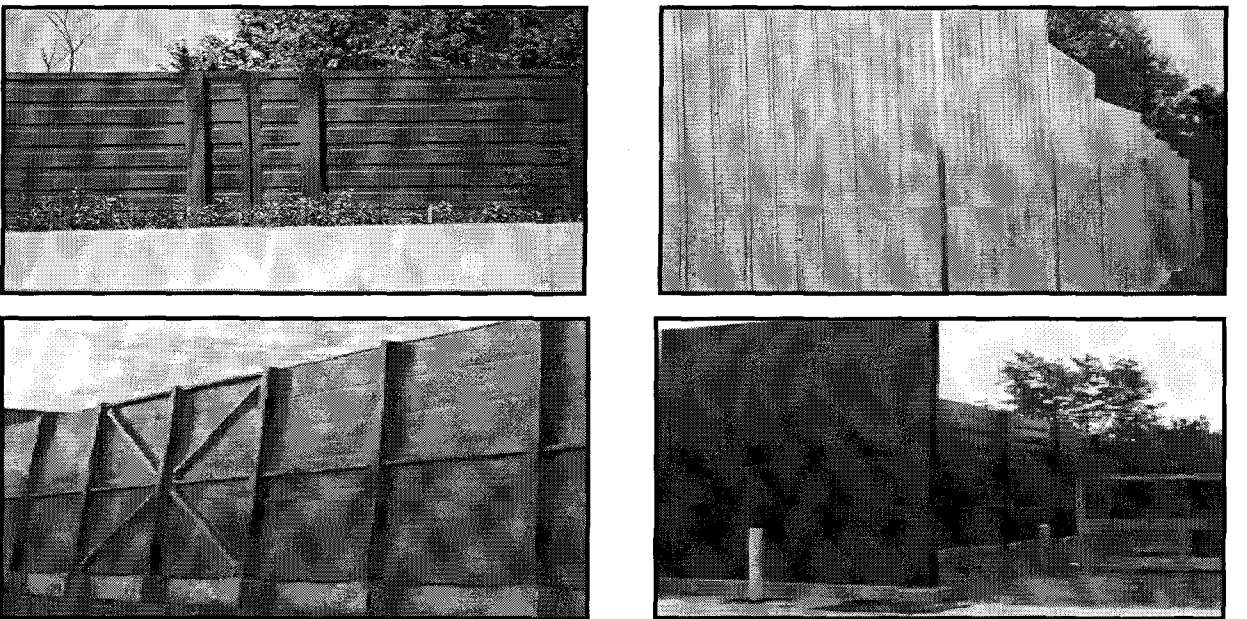


Şekil 4.71 Tuğla ve bloklardan yapılan gürültü engellerinin değişik yüzey ve doku özellikleri (BIA, 1991; FHWA, 2000; EPD, 2003)

**Metaller:** En çok kullanılan metaller, çelik ve alüminyumdur. Değişik oranlarda demir, karbon ve belli miktarlarda diğer metallerin karışımıyla elde edilen çelik, en ucuz ve kullanımı en yaygın olandır. Demirden çok daha sert ve hafif olduğundan istenen şekilde ve formda yapılabilir. Ayrıca taşıyıcılığının karışık ve engelleyici olmaması, yapımının hızlı olması nedeniyle daha çabuk uygulanırlar. Yüksek dayanımlı olmaları ve korozyona, aşınmaya ve paslanmaya karşı dirençli olmaları da diğer tercih sebepleridir.

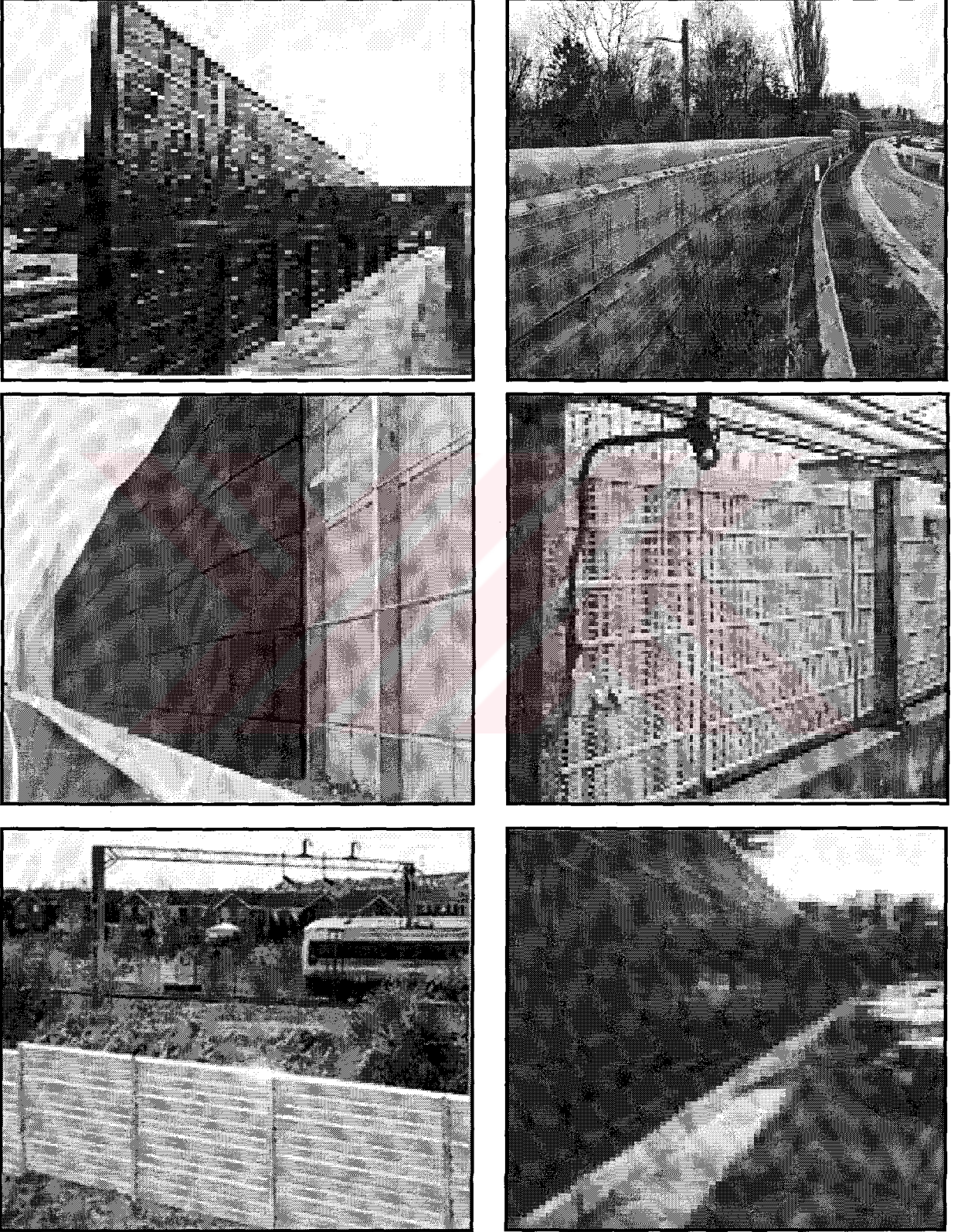
Alüminyum ise, gümüş parlaklığında, kolay işlenebilir, hafif ve beyaz renkli bir alaşımdır. Alüminyum bileşiklerinin başlıcaları alümin ve boksittir. Genelde parlaticı boyayla kaplanır, galvaniz kullanılmaz.

Metal paneller, hafif olmaları nedeniyle, büyük alanlarda kullanılabilir. Ayrıca değişik ebatlarda yapılabilen ve istenen yüzey dokusu ve rengi verilebilmektedir. Görüntü olarak endüstriyel, soğuk bir etkisi olduğundan konut tarafında değil yol tarafında uygulanması daha doğru bir uygulama olmaktadır. Ancak ışıkta kamaşma etkisi yaratabileceği göz ardı edilmemelidir. Uygulanırken yapı iskelesi gerekebilmekte ve istenen gürültü azalmasına bağlı olarak ek ses yutucu malzemelere ihtiyaç duyulabilmektedir. Bununla birlikte çarpma, kırılma gibi etkilere karşı kalınlıkları itina ile belirlenmeli, tırmanma olasılığına karşı yatay ve düşey elemanların yerleri düşünülmelidir. Değişik metal gürültü duvarı örnekleri Şekil 4.72’de yer almaktadır.



Şekil 4.72 Metal gürültü duvarı örnekleri (FHWA, 2000; [6])

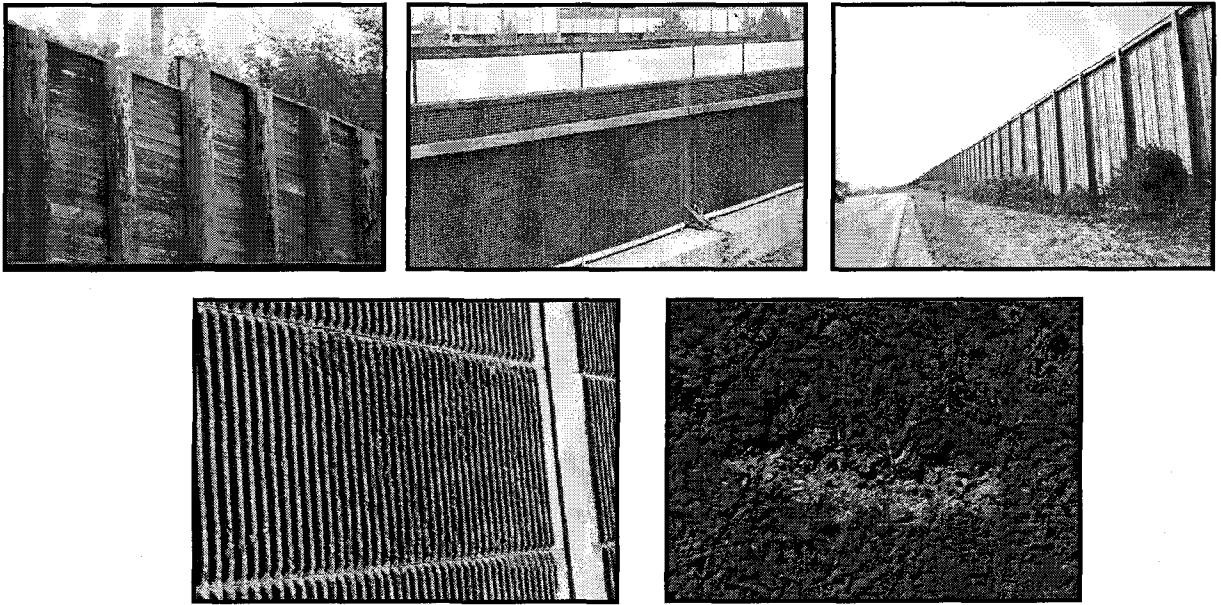
Metalden yapılan gürültü engellerinin değişik yüzey ve doku özelliklerinin yarattığı farklı etkiler Şekil 4.73’de gösterilmektedir ([75]).



Şekil 4.73 Metalden yapılan gürültü engellerinin değişik yüzey ve doku özellikleri(FHWA, 2000; Jensen vd., 2002; [15]; [39]; [67])

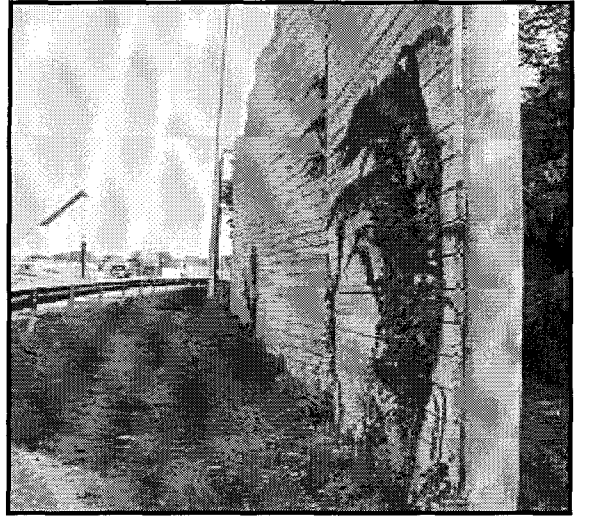
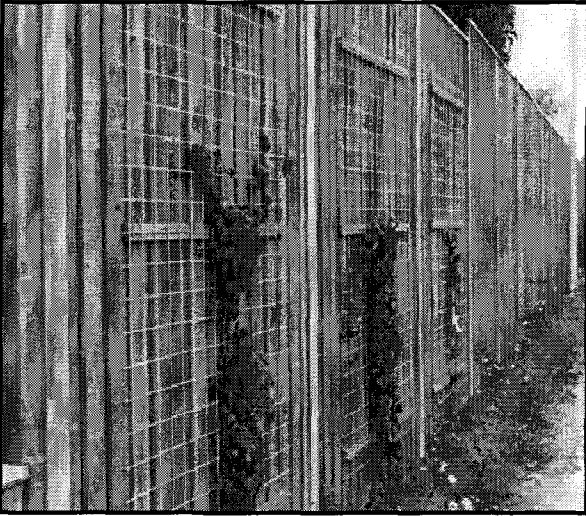
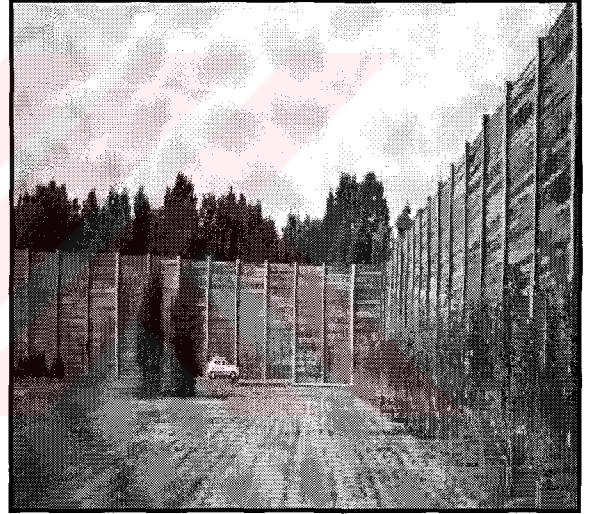
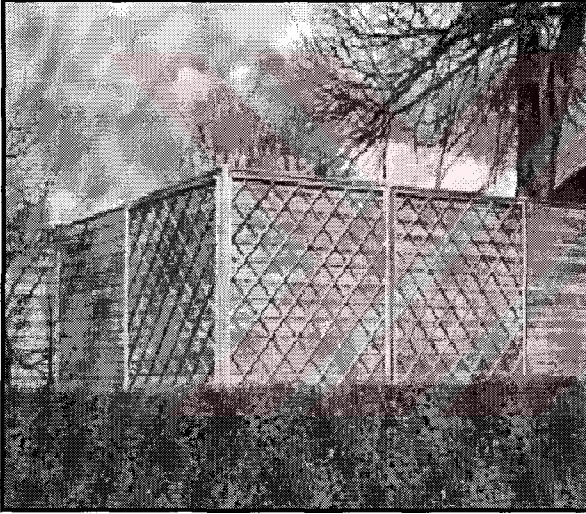
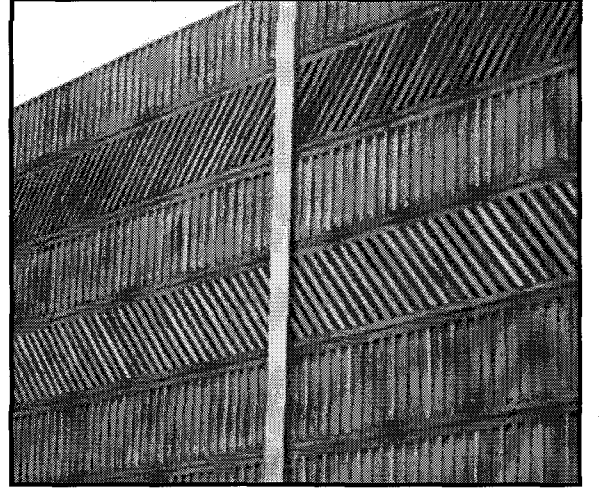
**Ahşap:** İnce tüpleri andıran, ağacın gövdesine paralel selüloz liflerinden ve bunları birbirine bağlayan linyinlerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Selülozun suya çok düşkün olması ve hücrelerin içindeki boşlukların varlığı, ahşabın hava etkisinden ve içinde bulunduğu ortamın koşullarından etkilenerek zarar görmesine yol açar. Yağmur, kar, güneş, buz gibi dış etkiler nedeniyle, biçim dengesizliği, çatlama, yarıma, çarpılma gibi şekil bozukluğu görülebildiğinden gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Dayanımı yoğunluğuyla doğru orantılıdır. Kesilir kesilmez ölmediğinden suyunu hemen kaybetmez ve zaman içinde suyu gidince hacmi azalır, ancak suyla temas ettiğinde tekrar suyu içer ve şişmeler oluşur. Bu şekilde kullanılan ahşabın çalışmaması için iyi kurutulmalı ve bekletilmelidir (Boothby vd., 2001; Grgurevich vd., 2002).

Masif ahşap kullanılacaksa, doğal ya da yapay yoldan kurutulmuş ağaç kullanmak, levha halinde kullanılacaksa, kontra plak, ahşap yonga levhası ve odun lifi levha gibi yan orman ürünlerinden yararlanılmaktadır. Doğası gereği, daha sert ve kentsel görünen beton ve metalden daha çok kent dışında ve kırsal alanda kullanılmaktadır. Yapımları sırasında yapı iskelesi gerekir. Ayrıca yüksek ısıya dayanıklı olmadığı için yangın olasılığına karşı gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Ancak istenen dokunun ve rengin verilebilmesi, sıcak bir görsel etki yaratması da tercih edilme sebeplerindedir. Bununla birlikte engellerin yapımında organik ahşap parçalarının çimentoyla birleştirilerek, sert ve dayanıklı yeni gereçler de kullanılabilir. Değişik ahşap gürültü duvarı örnekleri Şekil 4.74’de yer almaktadır.



Şekil 4.74 Değişik ahşap gürültü duvarı örnekleri (Grötzer vd., 1989; Bischoff, 1997; FHWA, 2000)

Ahşaptan yapılan gürültü engellerinin değişik yüzey ve doku özelliklerinin yarattığı farklı etkiler Şekil 4.75’de gösterilmektedir.



Şekil 4.75 Ahşaptan yapılan gürültü engellerinin değişik yüzey ve doku özellikleri (FHWA, 2000; Jensen vd., 2002)

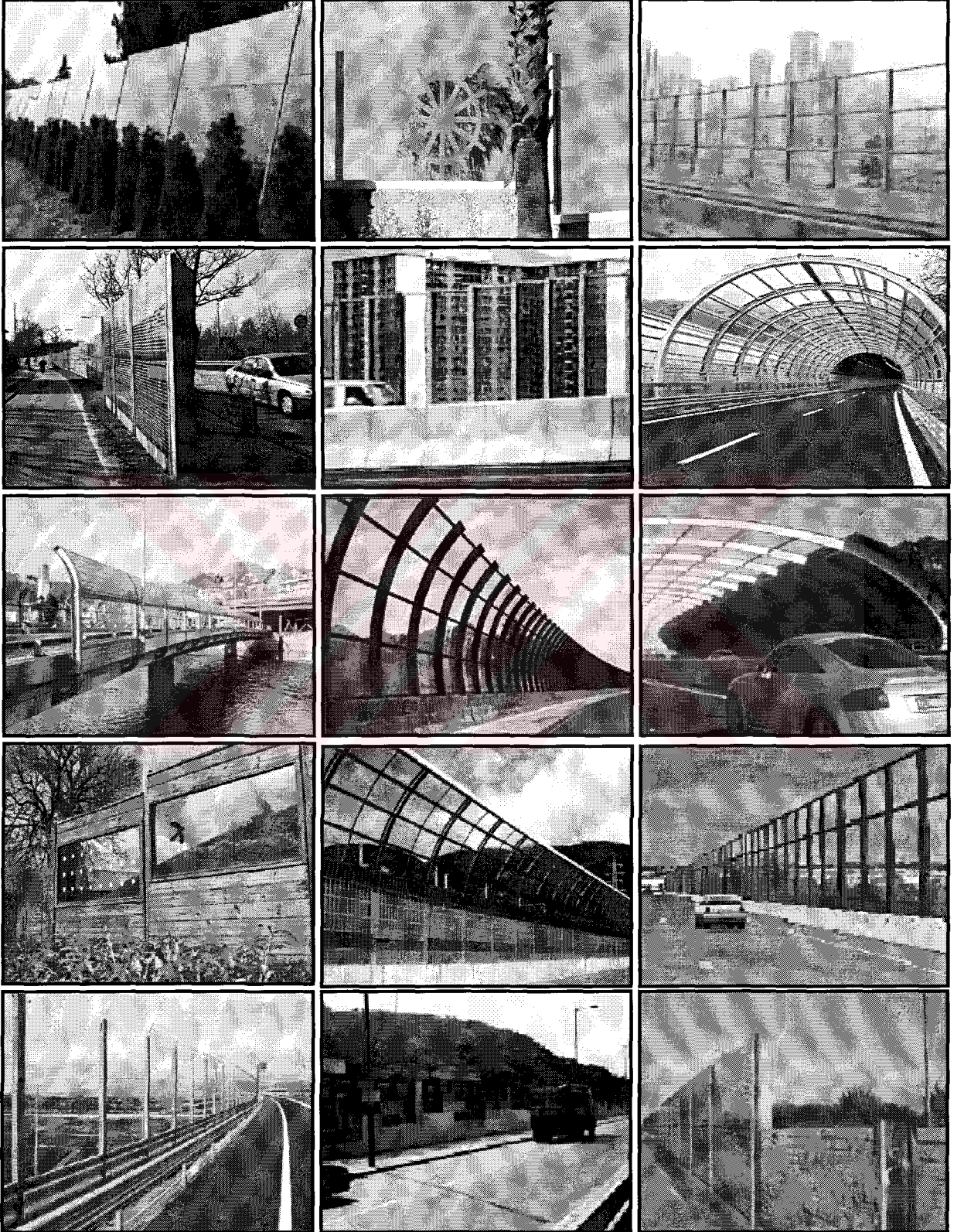
**Transparan Paneller:** Cam ya da pleksiglas, butasit, surlin, leksan ve akrilik gibi cam benzeri şeffaf malzemeler, görselliğin ve manzaranın ön planda olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Temperlenmiş ve tabakalı camlar daha çok tercih edilir. Temperlenmiş camlar, camın yumuşama sıcaklığına kadar ısıtılarak, birdenbire soğutulularak elde edilen güvenlik camlarıdır. Kırıldığı zaman kesici olmayan, 1,5 cm boyutunda minik parçacıklar halinde dağıldıklarından, diğer bıçakla kesilmiş gibi kırılan normal camlardan daha güvenlidirler. Tabakalı camlar ise, aralarına selüoit veya bir plastik yerleştirilerek birbirine yapıştırılan iki ya da daha çok cam levhadan oluşmaktadır. Aradaki film katmanları çarpma durumunda cismin geçişine engel olarak, camın kırılma durumunda parçaların dağılması önlediğinden daha güvenli camlardır.

Transparan panel kullanımı beraberinde fazladan, mühendislik, güvenlik ve çevresel çalışmaları da getirir. Diğer malzemelerden daha pahalı olması, araçların hasar verme olasılığının fazla olması, ışık ve kamaşma gibi aydınlık ve gölge farkları arasında ayrımların bulunması ve vandalizme açık olması nedeniyle, olası sorunlara karşı önlemlerin alınması gerekir. Ancak görsel kaygıların yaşandığı yerlerde ve manzaranın önemli olduğu bölgelerde, monotonluğun kırılması, yol ile çevrenin ilişkisinin kurulması amacıyla tercih edilirler.

Bu özelliklerin dışında, engelin kişilerin ve hayvanların (kuş, köpek, kedi vb.) çarpmalarını önlemek amacıyla başka gereçlerle bölünmesi ya da diğer malzemelerle birlikte kullanılması gibi çözümlerin üretilmesi gerekir. Diğer taraftan, engellerin akustik etkinliğini sağlamak için de belli bir kota kadar yutucu özellikte olmaları gerektiğinden, transparan gereçlerle oluşturulan engellerin yalnız başlarına değil, yutucu kesiti olan dolu engellerin üzerine uygulanmaları akustik açıdan daha doğrudur.

Ayrıca engelde kullanılan camın kütle ağırlığının ve titreşim özelliğine bağlı olan öz dalgalanma frekansı ile gelen ses arasında bir uyum sonucu oluşan frekans rastlaşması dolayısıyla ses geçirmezliğin azalması olasılığına ve cidarın boyutu, ağırlığı, kalınlığı, sertliği, tespit biçimi gibi özelliklerine bağlı olan öz frekanslarına rastlayan seslerle rezonansa girmesi nedeniyle cidar titreşimiyle karşı koyma gücü azalarak bu frekanslardaki seslerin daha kolay geçmesi olasılığına karşı farklı kalınlıkta, boyutta ve özellikte camların kullanılması gibi önlemlerin alınması gerekmektedir. Transparan elemanların güneş ışığının kamaşma etkisi oluşabileceği ve temizlenme gereksinimi olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır (Fortner, 2003; [64]; [76]).

Transparan Malzemelerden yapılan gürültü engellerinin değişik yüzey ve doku özelliklerinin yarattığı farklı etkiler Şekil 4.76'da gösterilmektedir.



Şekil 4.76 Transparan gereçlerle yapılan gürültü engellerinin değişik yüzey ve doku özelliklerinin yarattığı farklı etkiler (FHWA, 2000; Jensen vd., 2002; EPD, 2003; Fortner, 2003; [37];[59])

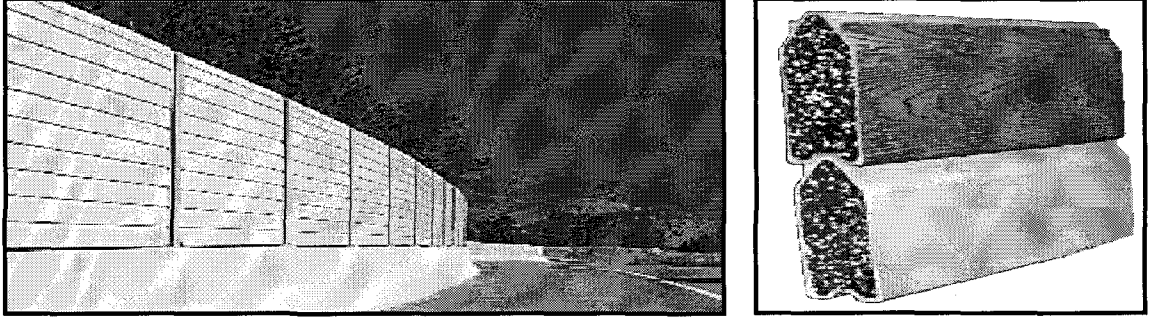
**Plastikler:** Birtakım kimyasal işlemler sonunda elde edilen sentetik maddelerden en bilinenleri politen, polivinil klorit, polipropilen, polimetil metakrilat ve cam elyafı donatılı olarak kullanılan reçinelerdir.

Genelde dış etkenlerden etkilendikleri, yandıklarında toksik madde açığa çıkardıkları için gereken önlemlerin alınması gerekmektedir. Kimi durumlarda malzemenin konumuna ve ışığın geliş açısına bağlı olarak kamaşma olasılığı ortaya çıkar. Ayrıca vandalizmden daha kolay etkilenirler. Kolay şekil değiştirdikleri için, sadece boyalardan değil, bıçak, kibrit, çakmak gibi kesici ve yanıcı maddelerin etkilerine açıktırlar. Değişik plastik gürültü duvarı örnekleri Şekil 4.77'de gösterilmektedir.



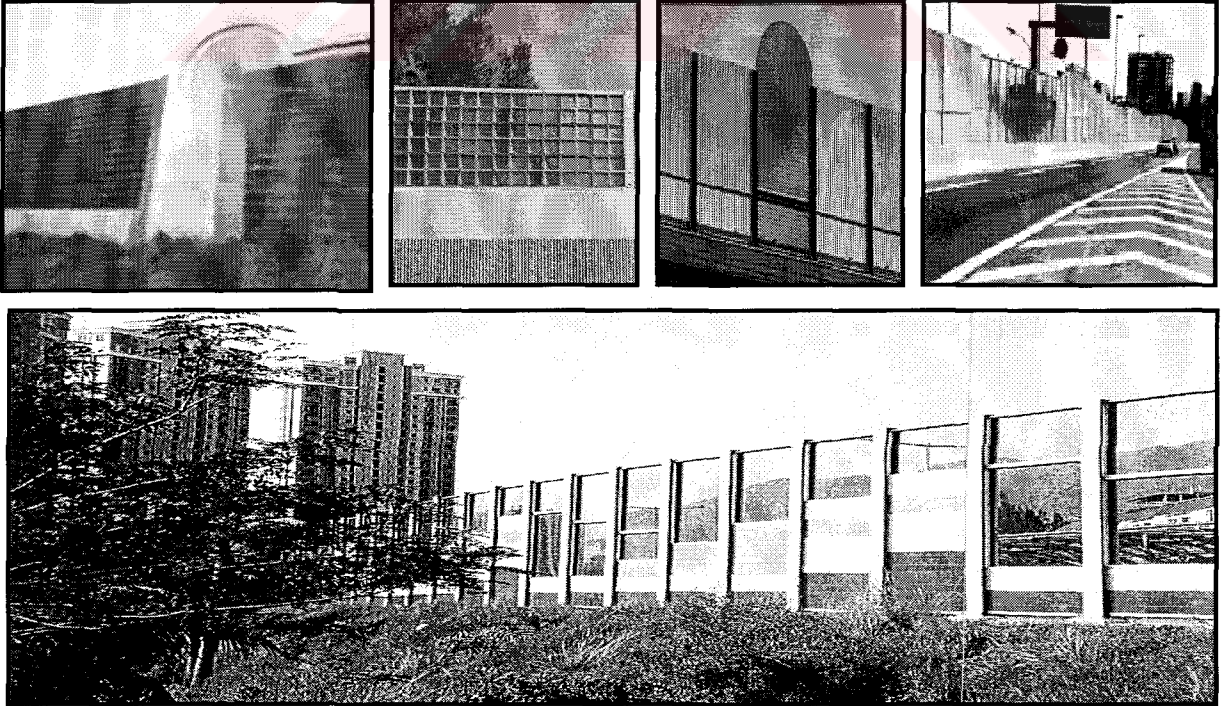
Şekil 4.77 Değişik plastik gürültü duvarı örnekleri (Grötzer, 1989; FHWA, 2000; [67])

Bu gereçlerin yanı sıra, son zamanlarda, Şekil 4.78’ de yer alan, geçme sistemi olan, polimer bileşimi ve camyünü katkılı malzemeler de kullanılmaktadır. Modüler olmaları, farklı sıcaklıklara karşı plastiklere oranla daha dayanıklı olmaları, aşınmaya ve UV ışınlarına karşı koruyucu tabakaları olmaları nedeniyle de giderek yaygınlaşmaktadırlar ([13]).



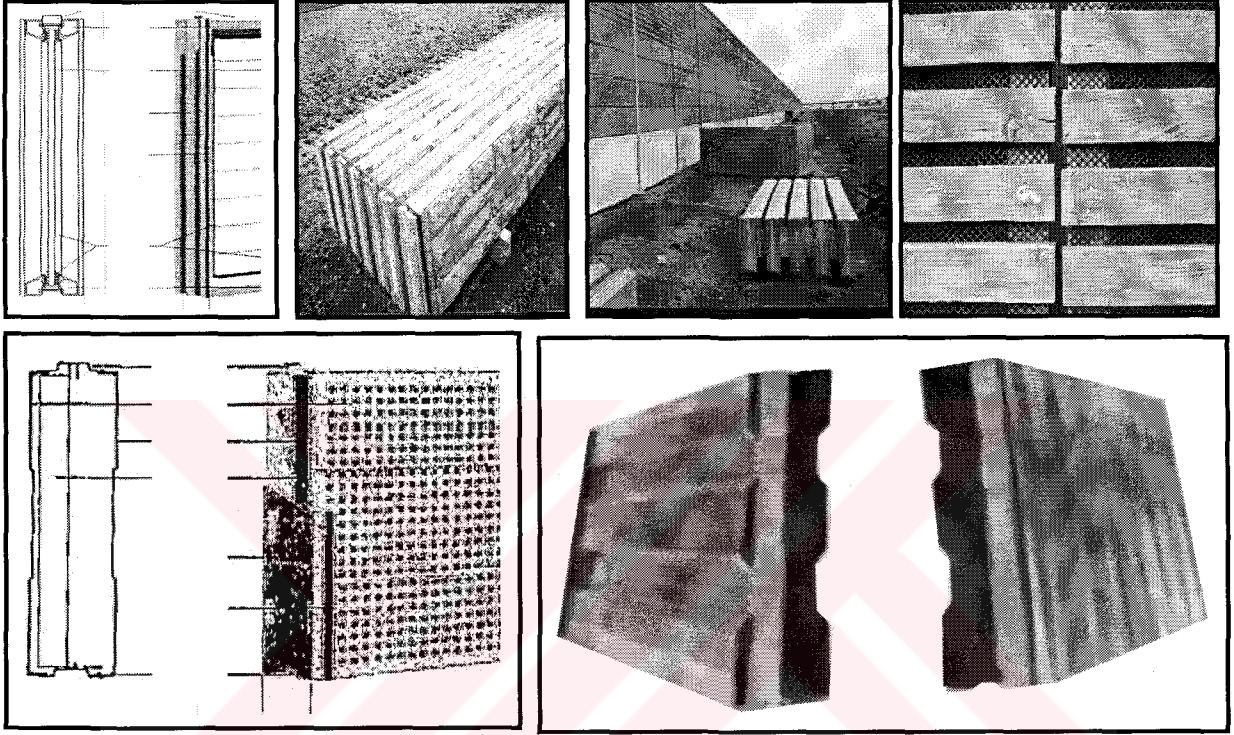
Şekil 4.78 Polimer bileşimli camyünü katkılı malzeme örnekleri ([13])

**Birleşik Malzemeler:** Şekil 4.79’da görüldüğü gibi, farklı özellikteki malzemelerden oluşan engellerin bir arada kullanılarak oluşturulan gürültü engelleri vardır. Bu yöntemle, hem farklı özellikteki gereçlerin niteliklerinden yararlanır, (camdan yapılmış engelin, tuğladan yapılmış bir engelin üzerine yerleştirilmesiyle oluşturulan engeller) hem de görsel açıdan farklı malzemelerin bir arada kullanılmasıyla, daha etkili görüntüler yaratılır.



Şekil 4.79 Malzemelerin bir arada kullanıldığı gürültü engeli örnekleri (Jensen vd., 2002; EPD, 2003; [7],[37])

Ayrıca Şekil 4.80’de görüldüğü gibi, farklı özellikteki gereçlerin iki veya daha fazlasının belli işlemlerden geçirildikten sonra, bir araya getirilmesiyle oluşturulan kesitlerin kullanıldığı kompozit gürültü engelleri bulunmaktadır. Bu sistemle, hem yutucu özellikteki malzemeler kullanarak engellerin akustik etkinliği artırılabilir, hem de engelin görünen yüzeyleri estetik açıdan farklı malzemelerle kaplanarak, görsel açıdan daha farklı etkiler yaratması sağlanabilir.



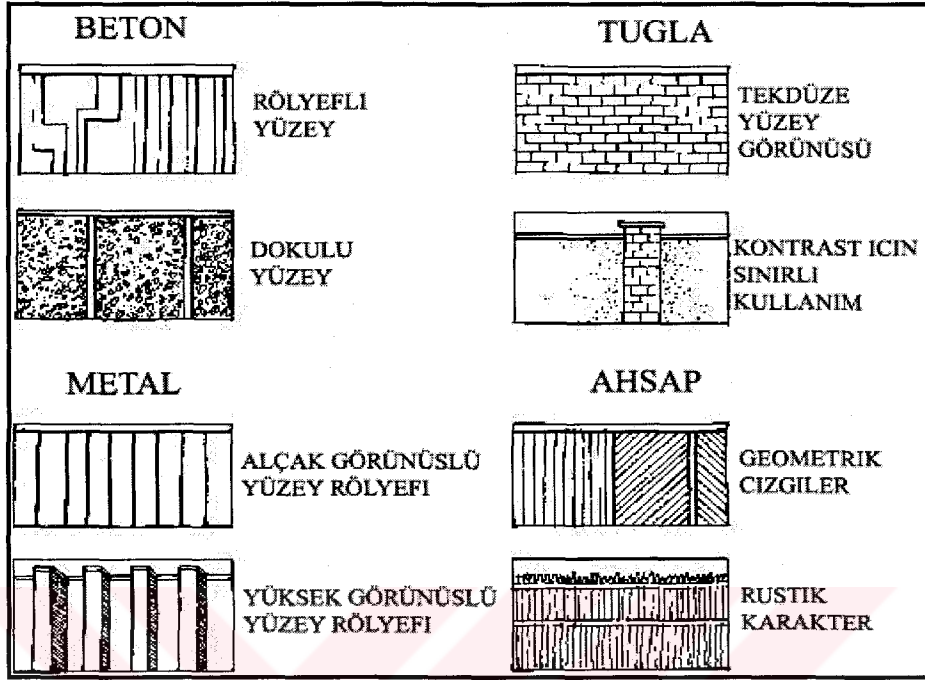
Şekil 4.80 Kompozit gürültü engeli örnekleri (FHWA, 2000; Jensen vd., 2002; [7];[37];[72])

Bütün bu özelliklerle beraber gürültü engellerinde kullanılan gereçlerin dokuları ve yüzey özellikleri de engellerin karakterini belirleyen özelliklerdir. Bu doku ve yüzey örneklerinden bazıları Şekil 4.81’de gösterilmektedir.



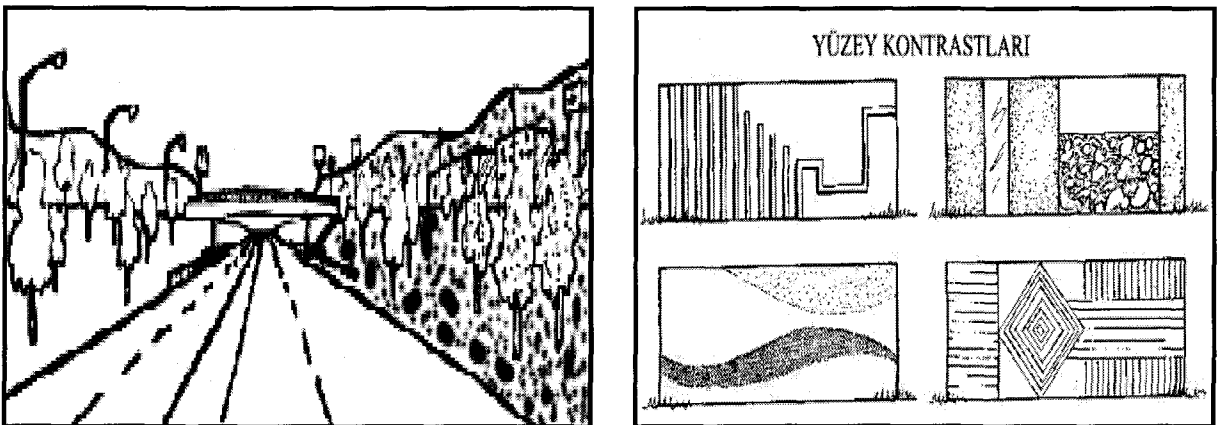
Şekil 4.81 Doku ve yüzey özelliklerinden örnekler (FHWA, 2000; [20])

Bu malzemelerin değişik doku ve yüzey özellikleriyle, Şekil 4.82’de gösterildiği gibi çok farklı etkiler oluşturulabilir.



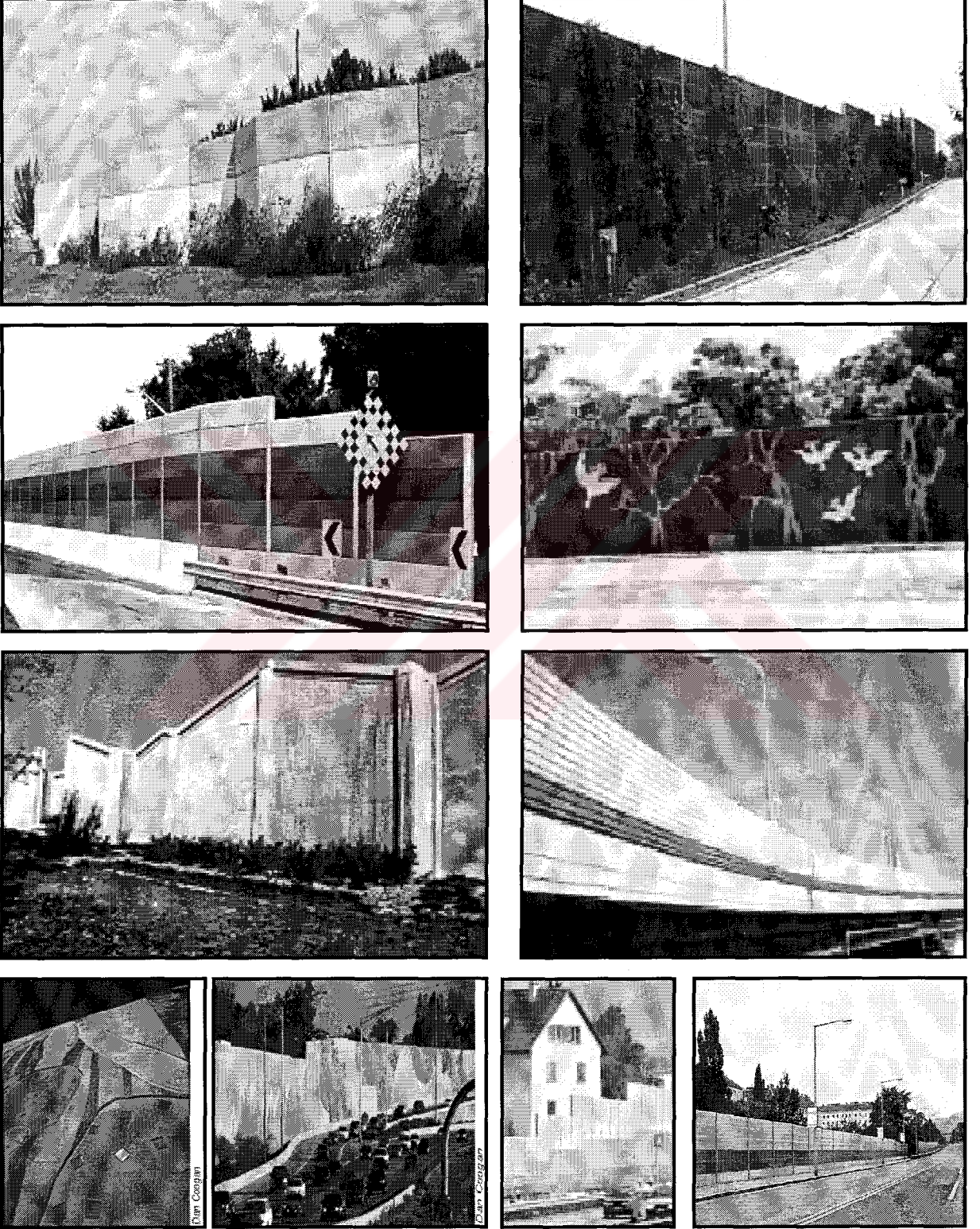
Şekil 4.82 Malzemelerin değişik doku ve yüzey özellikleriyle oluşturulan farklı etkiler (Farnham ve Beiborn, 1990)

Ayrıca estetik açıdan da, karmaşık ve çok yoğun objelerle oluşturulan kompozisyonlar gözü yormakta ve manzaranın görsel etkisini azaltmaktadır. Şekil 4.83’de de fark ettiğimiz gibi, organize ve basit olan bir engel düzeniyle, karmaşık ve gelişigüzel bir engel görüntüsünden daha hoş ve dikkat çekici etkiler yaratılabildiği gibi, yüzeyde oluşturulacak kontrastlarla da etkili görüntüler yaratılabilmektedir.



Şekil 4.83 Basit ve karmaşık engellerin yarattığı etki (Farnham ve Beiborn, 1990)

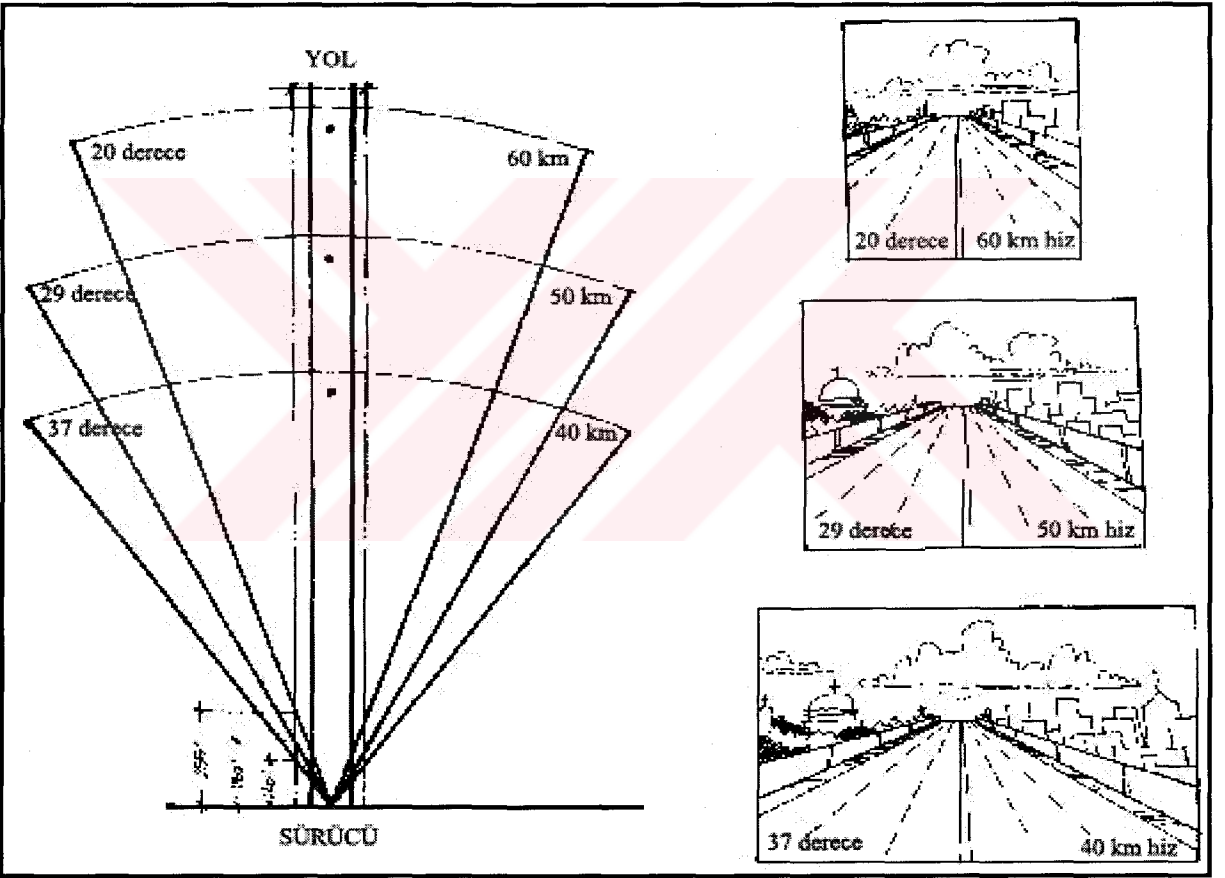
Engellerde kullanılan gereçlerin yüzey özellikleri ve dokularının yanı sıra projenin amacına bağlı olarak yapılan renklendirme de değişik görsel etkiler yaratabilir. Şekil 4.84’de renkli gürültü engellerinin örnekleri görülmektedir ([36]; [42]; [49]; [53]; [69]; [79]).



Şekil 4.84 Renkli gürültü engellerinin örnekleri (Grötzer, 1989; Bayer Corporation, 2000; FHWA, 2000; RTA, 2001; EPD, 2003; Sullivan, 2003)

Malzeme, doku, yüzey özellikleri ve renkleri dışında, projenin amacına yönelik, insanların beğenilerinin sağlanabilmesi için, estetik açıdan gürültü engellerinin tasarımlarında göz önünde bulundurulması gereken noktalar aşağıda özetlenmiştir.

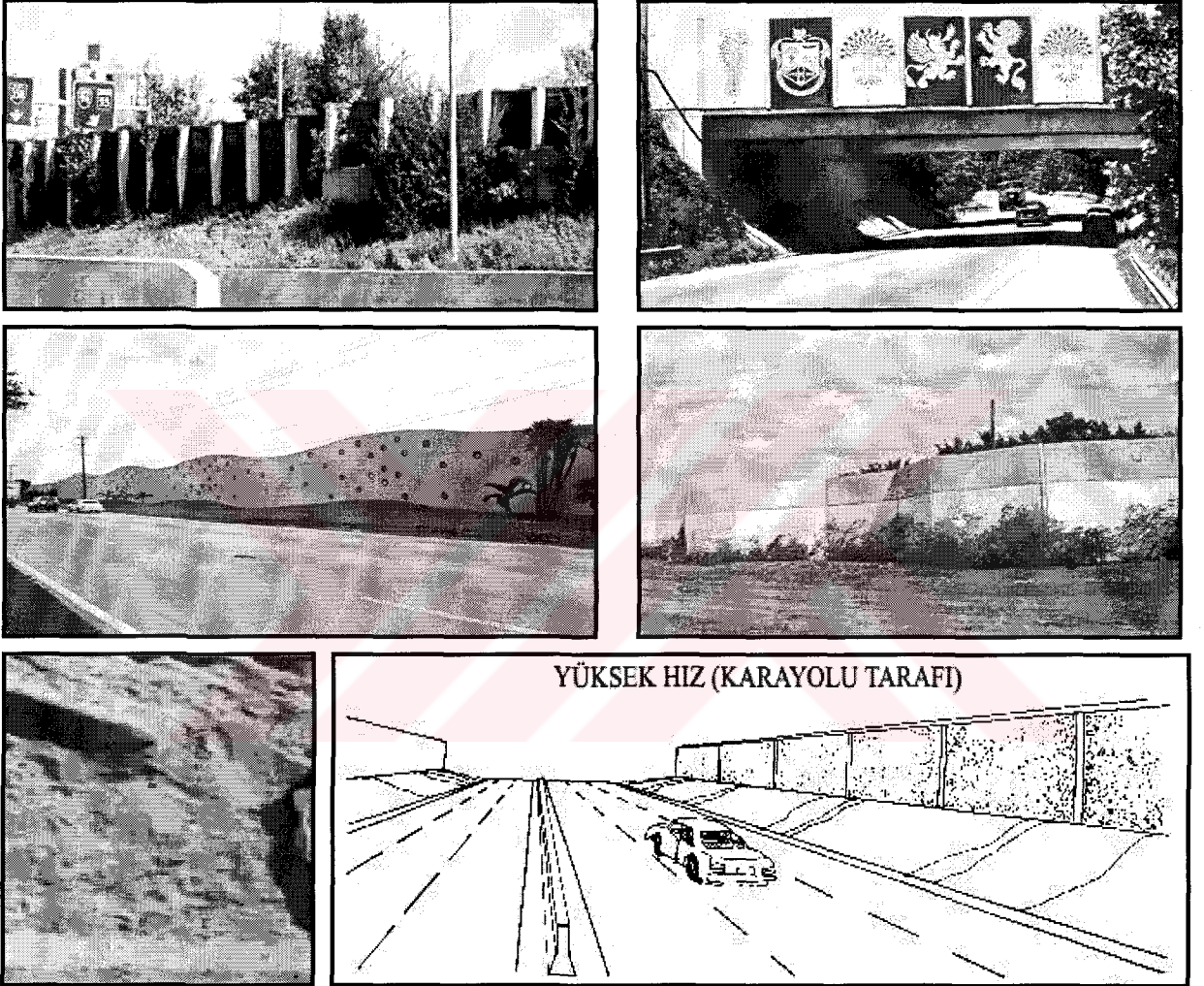
**Uzaklık ve devinim etkisi:** Karayolunda seyreden araçların hızı, sürücülerin ilgi odağının uzaklığını ve çevresel görüntü konisini değiştirmektedir. Şekil 4.85’de görüldüğü gibi, hız arttıkça görüntü konisi daralıp ilgi uzaklığı artarken; hız azaldıkça, görüntü konisi genişleyip ilgi uzaklığı yakınlaştığından bu koni içindeki objeler netleşirken, bu koninin dışındaki nesnelere bulanıklıklaşır (Farnham ve Beimborn, 1990).



Şekil 4.85 Karayolunda uzaklık ve devinim etkisini gösteren görüntü konisi (Farnham ve Beimborn, 1990)

Yani yol kenarına yapılan gürültü engelleri, yüksek hızlarda giden araçların sürücülerini tarafından çok net görünmezken, düşük hızlarda giden araçların sürücülerini tarafından belirgin bir şekilde algılanır. Dolayısıyla, karayolu kenarında yapılan engellerin malzeme seçiminin, doku ve yüzey özelliklerinin o yoldaki araçların ortama hızlarına bağlı olarak belirlenmesi gerekir.

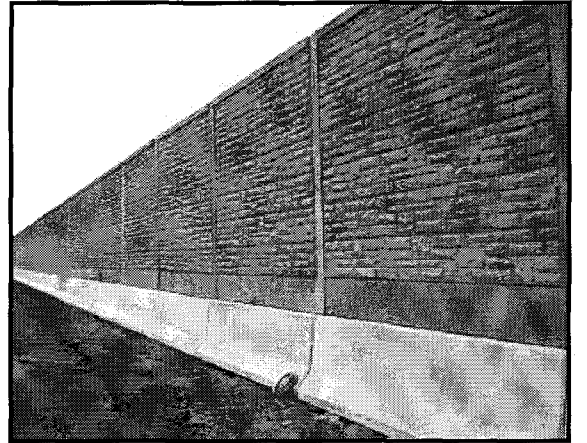
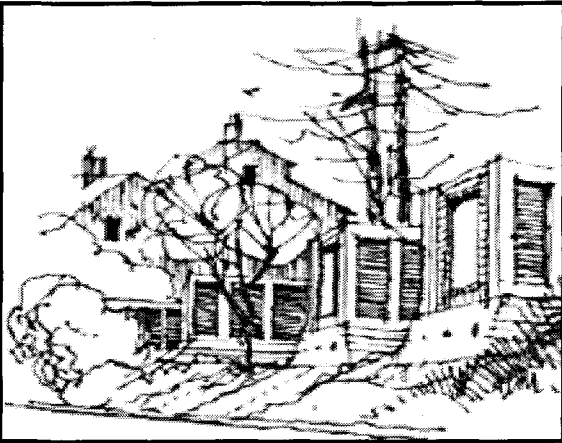
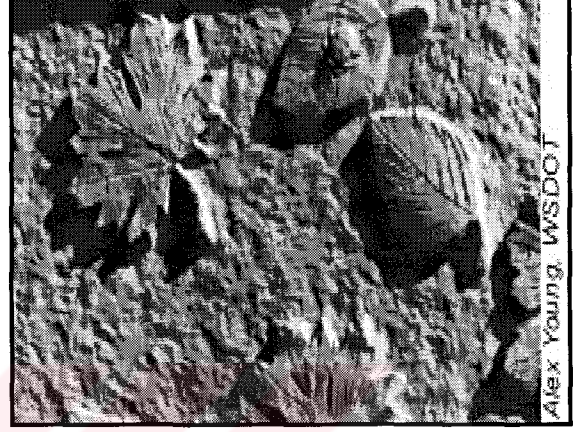
Gürültü engellerinin yol tarafından görünüşü ile konut tarafından görünüşü farklı olmaktadır. Yol tarafından Şekil 4.86'da farklı hızlara göre engellerde uygulanan doku ve yüzey özelliklerinden de görüldüğü gibi, araçlardan geniş açıyla kısa süreli perspektif şeklinde görüldüğünden, küçük doku ve desenler belirgin olmadığından, kaba dokuların, büyük desenlerin ve derinlikli yüzey rölyeflerin yapılması daha doğrudur.



Şekil 4.86 Gürültü engellerinin yol tarafından görünüşü (FHWA, 2000; EPD, 2003; Sullivan, 2003)

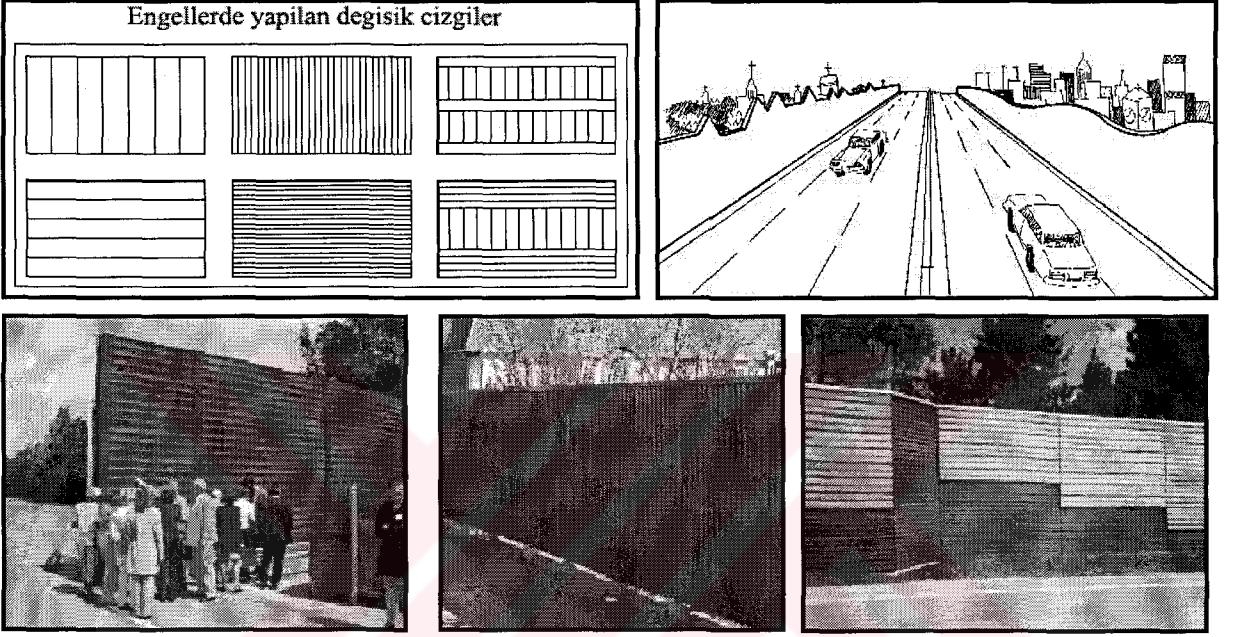
Yani, araçların yüksek hızla seyrettiği yol kenarlarında yapılacak engellerin estetik açıdan tasarımlarında; pastel ve açık renkler gökyüzünün etkisiyle daha az görünür ve anlaşılır olduğu için daha az tercih edilmesine, küçük detaylar ve karmaşık dokular belirginliğini yitirdiği için onların yerine büyük, kaba, derin doku ve desenlerin yapılmasına, dokuların görünmesi ve gölge yaratması için rölyefli olmasına, bağlantı noktalarının tamamlanmamış gibi görünmemesi için düzgün ve net olmasına dikkat edilmesi gerekir.

Araçların düşük hızla seyrettiği yollarda ise, görüş alanı genişlediğinden yol kenarına yerleştirilen engeller, net bir şekilde algılanmaktadır. yolda ince ince işlenmiş, yoğun ve küçük detaylar, zıt renkler ve dokular kullanılabilir. İstenen ayrıntılar, işlemler, detaylar konutların yada düşük hızla gidilen yol kenarlarındaki gürültü engellerinde uygulanabilmektedir. Şekil 4.87’de düşük hızlarda uygulanan gürültü engel örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 4.87 Düşük hızlarda uygulanan gürültü engel örnekleri (BIA, 1991; Highways Agency, 1994; Sullivan, 2003; EPD, 2003)

**Cizgiler ve hizalar:** Üç boyutlu formlara temel teşkil eden iki noktanın birleşiminden oluşan çizgiler, formun karakterini belirlemektedir. Yumuşak, akıcı ve yatay çizgiler huzur ve sakinlik hissi uyandırırken, kalın, açılı ve düşey çizgiler gerginlik ve sertlik hissi uyandırır. En belirgin çizgiler engelin üst başlığında ortaya çıkmaktadır. Şekil 4.88’de gösterildiği gibi yol boyunca devam eden ağaç dizileri gibi çevrede ve engelde kullanılan malzeme ve dokularda da çizgi ve hizayı ifade etmektedir (FHWA, 2000; Boothby, 2001; Grgurevich, 2002).



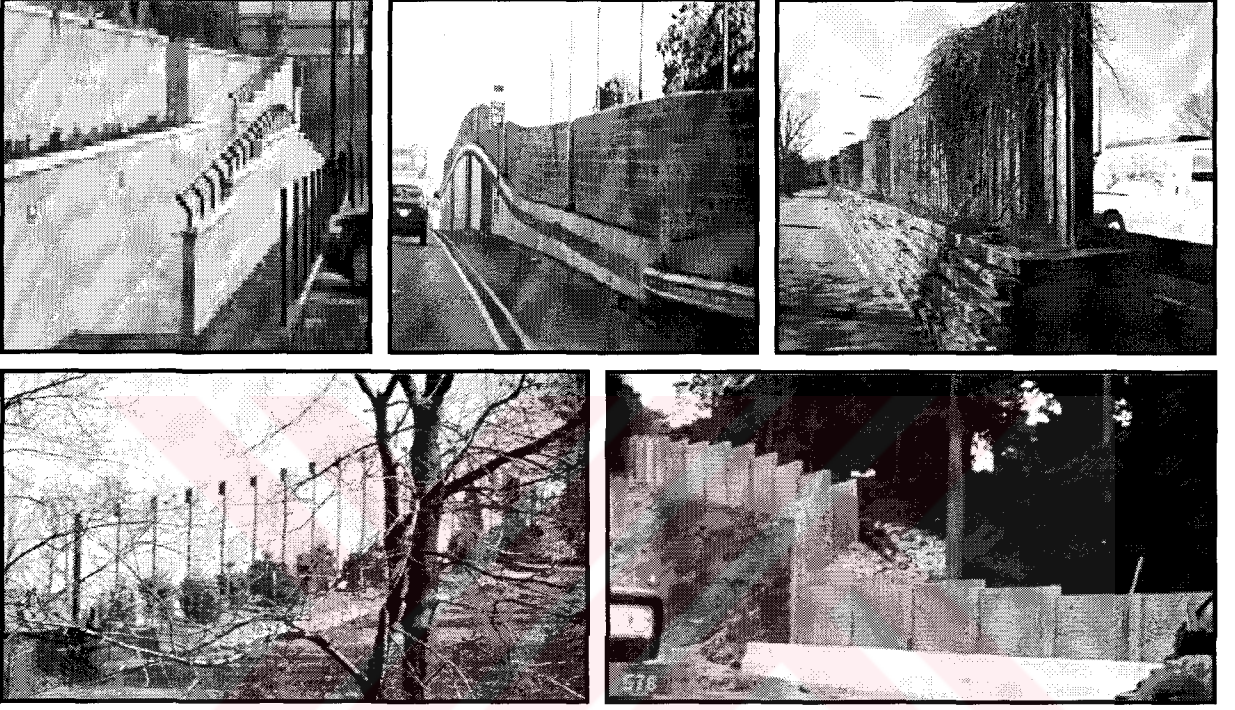
Şekil 4.88 Çevredeki ve engeldeki çizgi ve hizanın ifadesi (Boothby, 2001; Jensen vd., 2002; Grgurevich, 2002; EPD, 2003 )

Gürültü engellerinin görsel tasarımında, çevreyle uyumlu ya da çevreden tamamen bağımsız, olmak üzere iki ana felsefe bulunmaktadır. Bu iki düşünce de doğru uygulandığında başarılı görüntüler ortaya çıkmaktadır. Engelin her iki tarafında kullanılan malzemelerin, hizaların, kotların, renklerin, doku ve yüzey özelliklerinin Şekil 4.89’da gösterildiği gibi önceden tasarlanması gerekir.



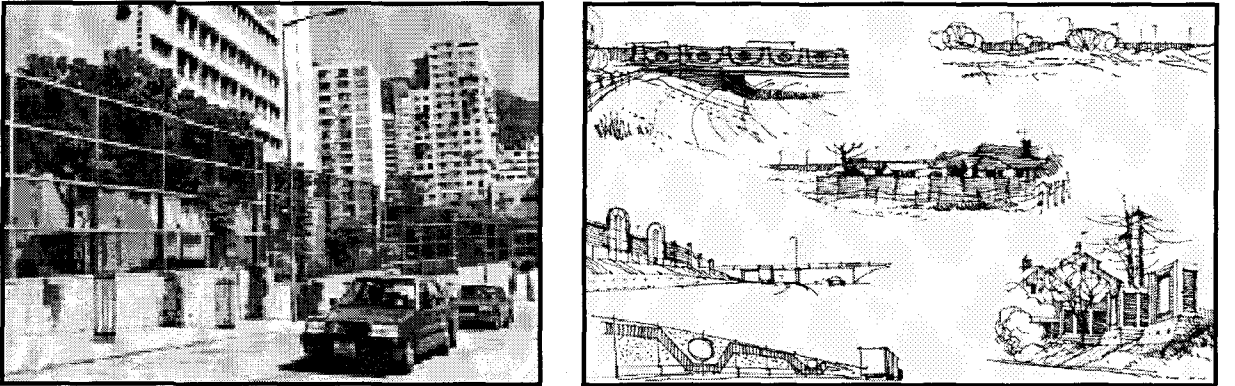
Şekil 4.89 Engelin iki tarafında olan işlevler nedeniyle yaratılacak farklılıklar ([72])

Gürültü engellerinin tek düzeliğini kırılabilmesi için ya da eğimli arazilere oturtulması gereken durumlarda, Şekil 4.90'da görüldüğü gibi düşeyde ya da yataydaki hizalarda değişiklikler yapılmaktadır. Ancak, bu hiza değişikliklerinin yaratacağı etkilerin düşünülmesi, engelin yol tarafında ve konut tarafında, oluşturulan açılardan sesin geri yansıtılacağı unutulmaması, duruma uygun çözümler üretilmesi gerekmektedir.



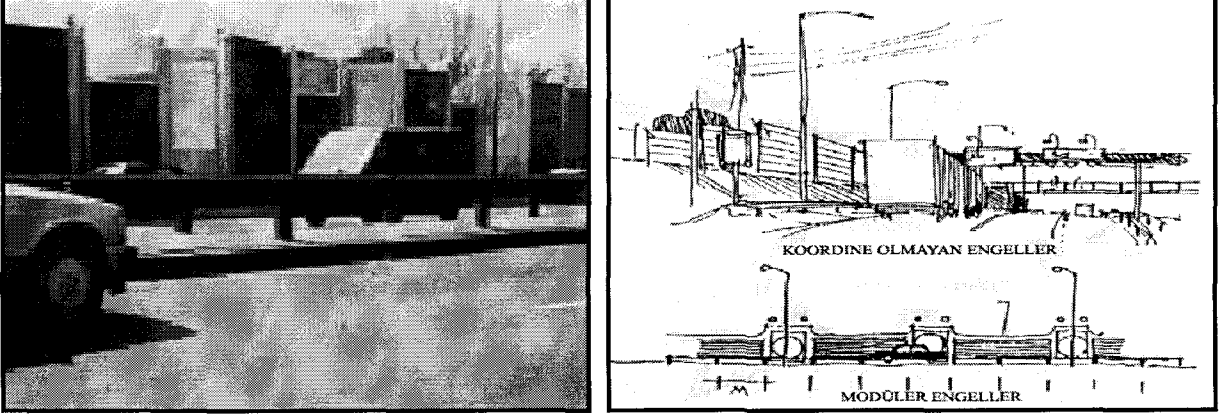
Şekil 4.90 Engellerin hizalarında yapılan değişiklikler(FHWA, 2000; Jensen vd., 2002; [58])

Ayrıca, düşey basamaklar şeklinde oluşturulan paneller arasında eşit yükseklikler bırakılarak, Şekil 4.91'de görüldüğü gibi birbirini takip eden hareketler yakalamak mümkün olmaktadır.



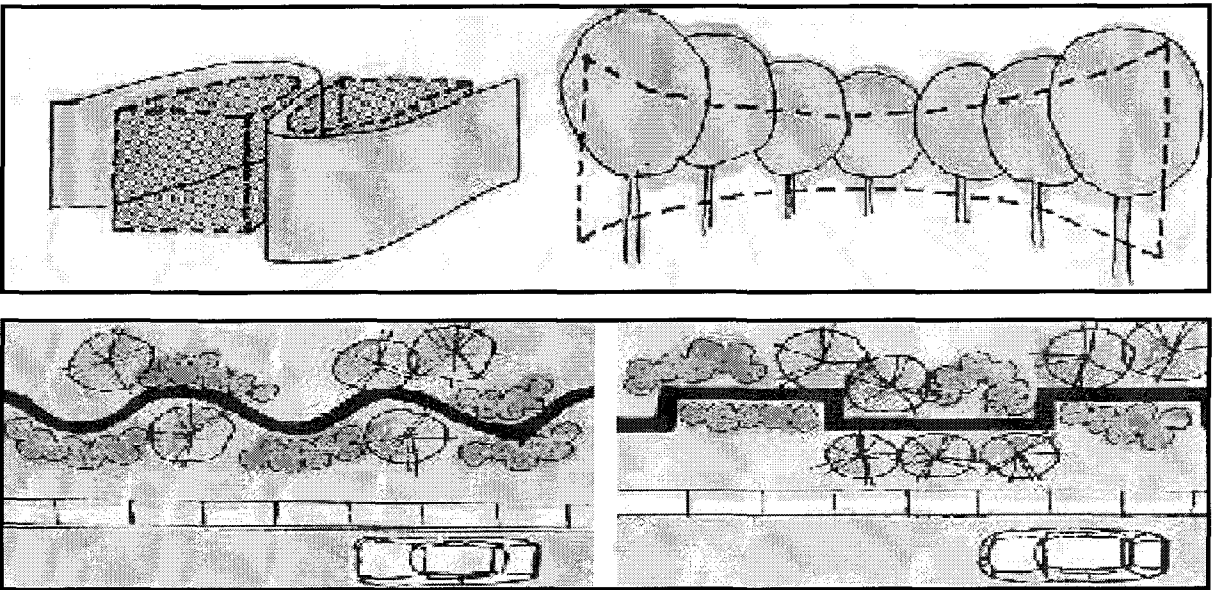
Şekil 4.91 Paneller arasında eşit yükseklikler olması durumu (Highways Agency, 1994; Jensen, 2002)

Ayrıca paneller arasında değişik açılarda farklı yükseklikler bırakılarak, Şekil 4.92'de görüldüğü gibi panellerin bir kısmını zemine gömerek, farklı etkiler yaratmak mümkün olmaktadır.



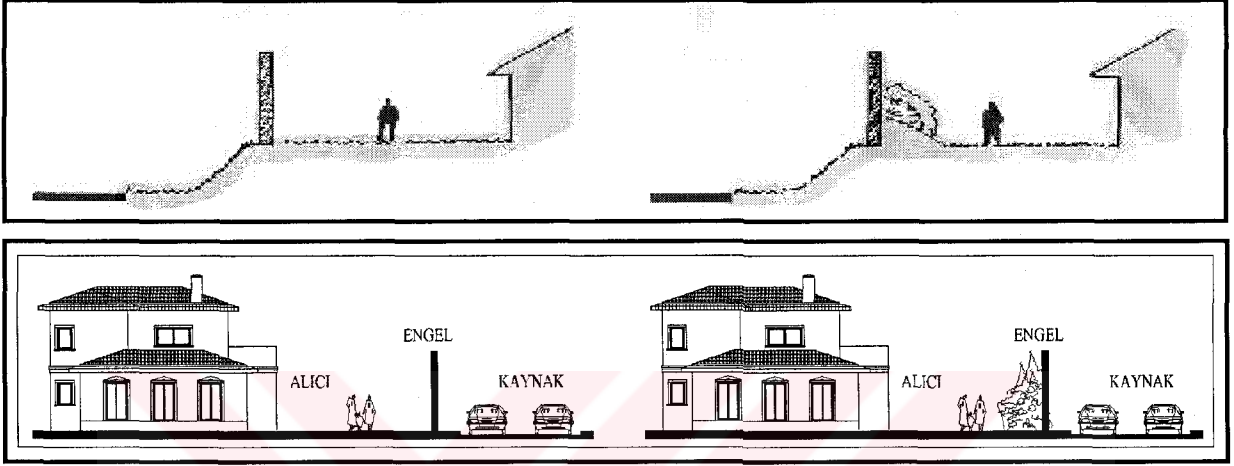
Şekil 4.92 Paneller arasında değişik açılarda farklı yükseklikler olması durumu (Highways Agency, 1994; EPD, 2003)

**Biçim:** Engel uzunluk, genişlik ve derinlik olmak üzere üç boyutlu olarak ifade edilebilen bir biçimdir. Engelin sağlaması gereken akustik etkinliğe bağlı olarak, çevredeki elemanların biçimleri baz alınarak istenen biçimde yapılabilmektedir. Şekil 4.93'de görüldüğü gibi, engelin biçimi hem çevreyle uyumlu olmakta, hem de projenin amacına bağlı olarak boşlukların değerlendirilmesi gibi amaçlara da hizmet etmektedir. Örneğin oluşturulacak dalgalanmalarla tekdüzelik kırılabilmektedir.



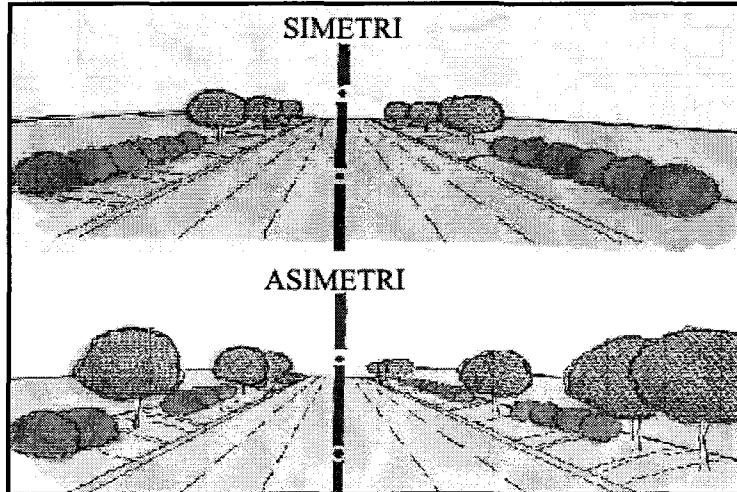
Şekil 4.93 Engellerin biçiminin seçimi (Farnham ve Beimborn, 1990; EPD, 2003)

**Ölçek:** Görülen uzunlukla gerçek uzunluklar arasındaki oran olan ölçek göreceli bir kavramdır. Oranlama yapılırken genelde çevredeki objeler ve onların boyutları referans olarak alınmaktadır. Engelin, gürültü engelinin çevredeki yapı yüksekliklerine göre oranlı olması, çok heybetli ya da çok minik kalmaması için, engel Şekil 4.94’de gösterildiği gibi, bitkilendirme yapılarak, kotlarda farklılıklar yaratarak ya da kademelerle adım adım yükseltilerek, gözün alışık olduğu boyutlara getirilebilir.



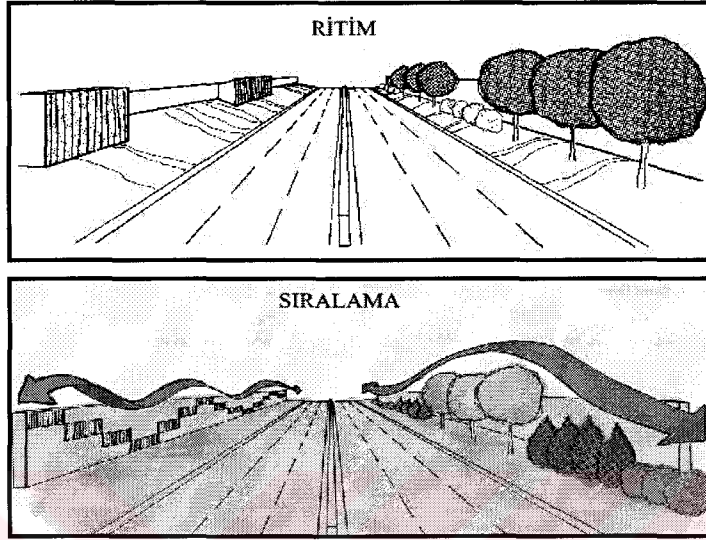
Şekil 4.94 Engellerin ölçeğinin saptanması (Farnham ve Beimborn, 1990)

**Balans:** Oran ve uyumun dengede olması anlamını taşıyan balansın simetri ve asimetri olmak üzere başlıca iki tipi bulunmaktadır. Şekil 4.95’de görüldüğü gibi simetride, elemanlar bir merkez aksının etrafına eşit aralıklarla yerleştirilmekte, ayna görüntüsü ortaya çıkmakta, asimetride ise, merkez aksının olmamakta, elemanlar birbirine denk olacak şekilde yan yana yerleştirilmekte ve ayna etkisi gözlenmemektedir.



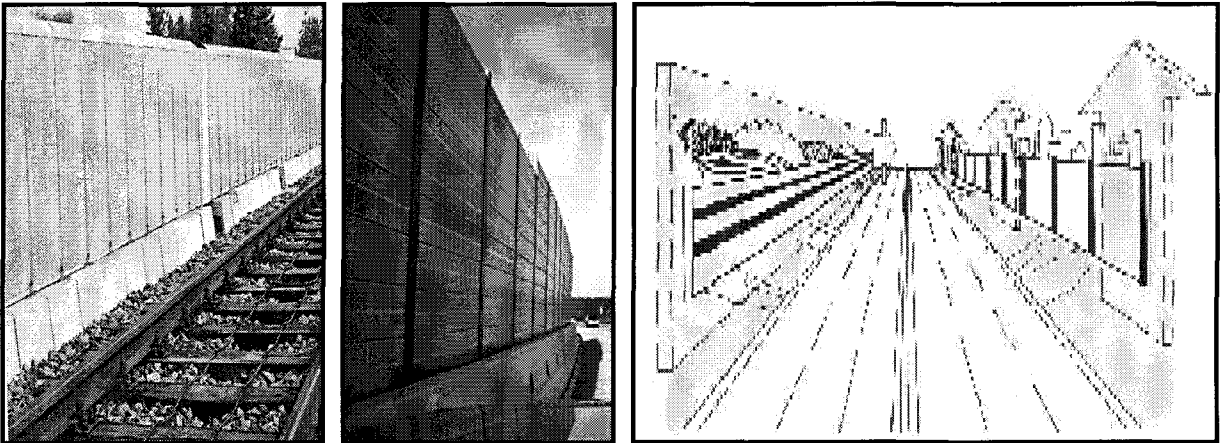
Şekil 4.95 Engellerin balansının tanımlanması (Farnham ve Beimborn, 1990)

**Ritim ve sıralama:** Elemanlar arasında uyumlu bir ilerlemenin varlığı ritim kavramını hissettirmektedir. Birbirini tekrar eden modeller, samimiyet ve konfor hissi doğurmaktadırlar. Belirli bir uyumun yakalanmadığı durumlarda, dizi olarak ilerleme anlayışı verilebilmektedir. Şekil 4.96’da görüldüğü gibi bir anlayış kurulursa, bir düzen sağlanmış olabilmektedir.



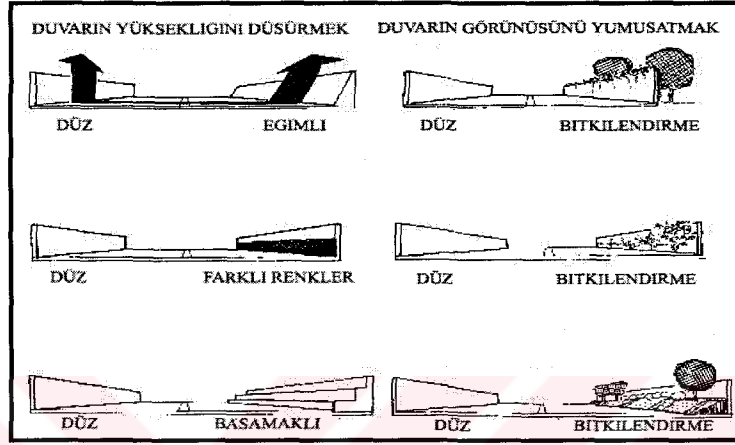
Şekil 4.96 Engellerin ritim ve sıralama kavramını verebilmesi (Farnham ve Beimbom, 1990)

**Oryantasyon (Yönlenme):** Tasarımda görsel olarak baskın bir doğrultu yaratılarak farklı etkiler oluşturulabilmektedir. Şekil 4.97’de görüldüğü gibi, düz ve geniş alanlarda daha çok kullanılan yatay yönlenme, engelin yatayla olan ilişkisini vurgulamakla birlikte, gözü direkt olarak ileriye yönlendirerek engelin yüksekliğinin daha az görünmesini sağlarken, düşey yönlenme ise, gökdelenlerde olduğu gibi gözü direkt olarak yukarı doğru yönlendirerek engelin yüksekliğinin daha fazla görünmesini sağlamaktadır.



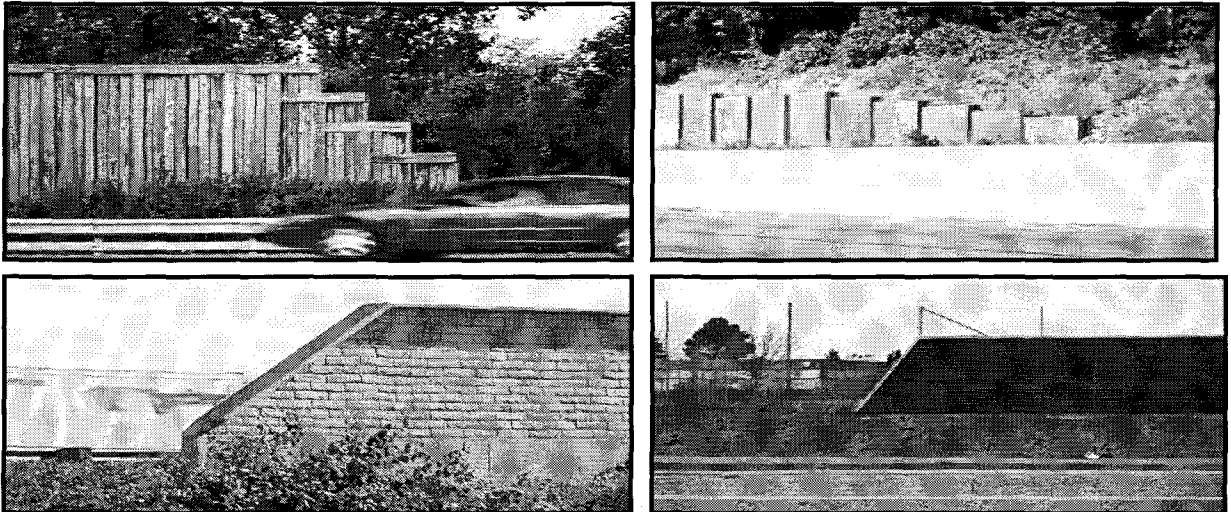
Şekil 4.97 Engellerin yönlenme şekilleri (Grötzer, 1989; Farnham ve Beimbom, 1990; [7])

Ayrıca, gürültü engellerinin ayrı bir parçası olan üst başlıklar, görsel olarak istenilen etkiye göre panellerin yada duvarların üstüne akustik yada estetik nedenlerle yerleştirilmektedirler. Yatay üst profillerin boyutuna, engelin ölçeğine bakılarak karar verilmesi, hantal yada ağır durmaması için tasarımın ona uygun olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Örneğin, Şekil 4.98'de görüldüğü gibi, yumuşak eğimli engel profilleri ya da kademeler kullanarak yumuşak bir görüntü yaratılabilir.



Şekil 4.98 Değişik yöntemlerle engelin görüntüsünün değiştirilmesi (Farnham ve Beimbom, 1990)

Gürültü engelinin bitişlerinde görsel açıdan hoş görüntülerin yaratılabilmesi için, engeller Şekil 4.99'da görüldüğü gibi topoğrafyanın izin verdiği yerlerde toprağa gömülebildiği gibi, akustik ve estetik açıdan olumlu etkiler verebilmesi için, döndürülerek, ya da yüksekliği giderek azaltılarak kademelerle bitirilebilir. Bu bitişlerin şevlerle yada bitkilerle örtülmesi de akustik ve görsel anlamda olumlu etkiler yaratmaktadır.



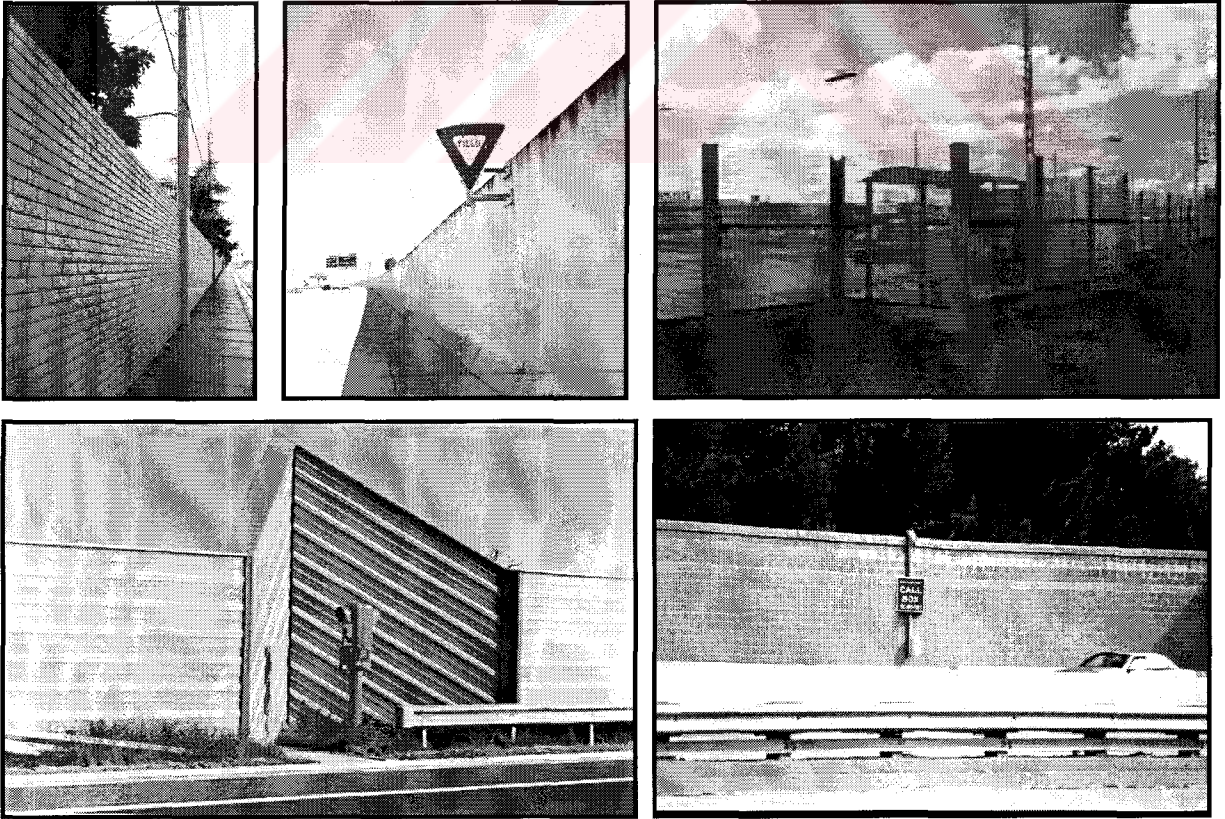
Şekil 4.99 Engellerin bitiş detayları (FHWA, 2000; Jensen vd., 2002; EPD, 2003)

Bununla birlikte Şekil 4.100'de görüldüğü gibi, gürültü engelin yapıldığı çevrenin tarihsel yada kültürel yapısının dikkate alınması, çevrenin karakteri yansıtılmasına yönelik özel tasarımların yapılması gerekmektedir.



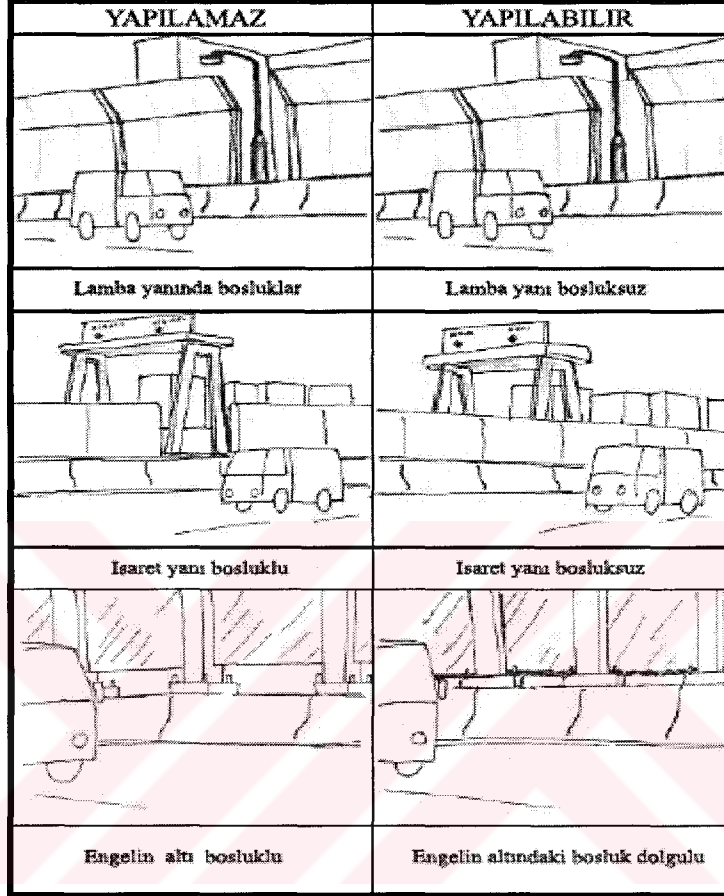
Şekil 4.100 Tarihi ve Kültürel çevreye yönelik özel tasarımlar (FHWA, 2000)

Ayrıca, aydınlatma elemanları ve diğer işaret, levha ve elemanlar da estetik kriteri göz önüne alınarak, Şekil 4.101'de de görüldüğü gibi büyük tabelalar desteklerle engele monte edilirken, küçük tabelalar, kendileri doğrudan engele monte edilebilmektedir.



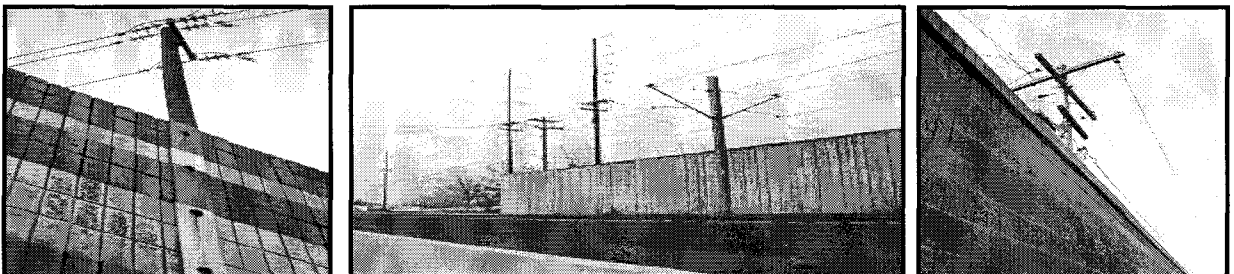
Şekil 4.101 Levha, işaret ve tabelaların engelle bütünleştirilmesi (FHWA, 2000; Jensen vd., 2002; EPD, 2003 )

Ancak bu işaret, levha gibi elemanlar engelle birleştirilirken, ya da monte edilirken, Şekil 4.102’de görüldüğü gibi, engelin akustik etkinliğini azaltabilecek açıklık, boşluk ve delikler yapılmamalı, engelden olabilecek ses geçişleri önlenmelidir.



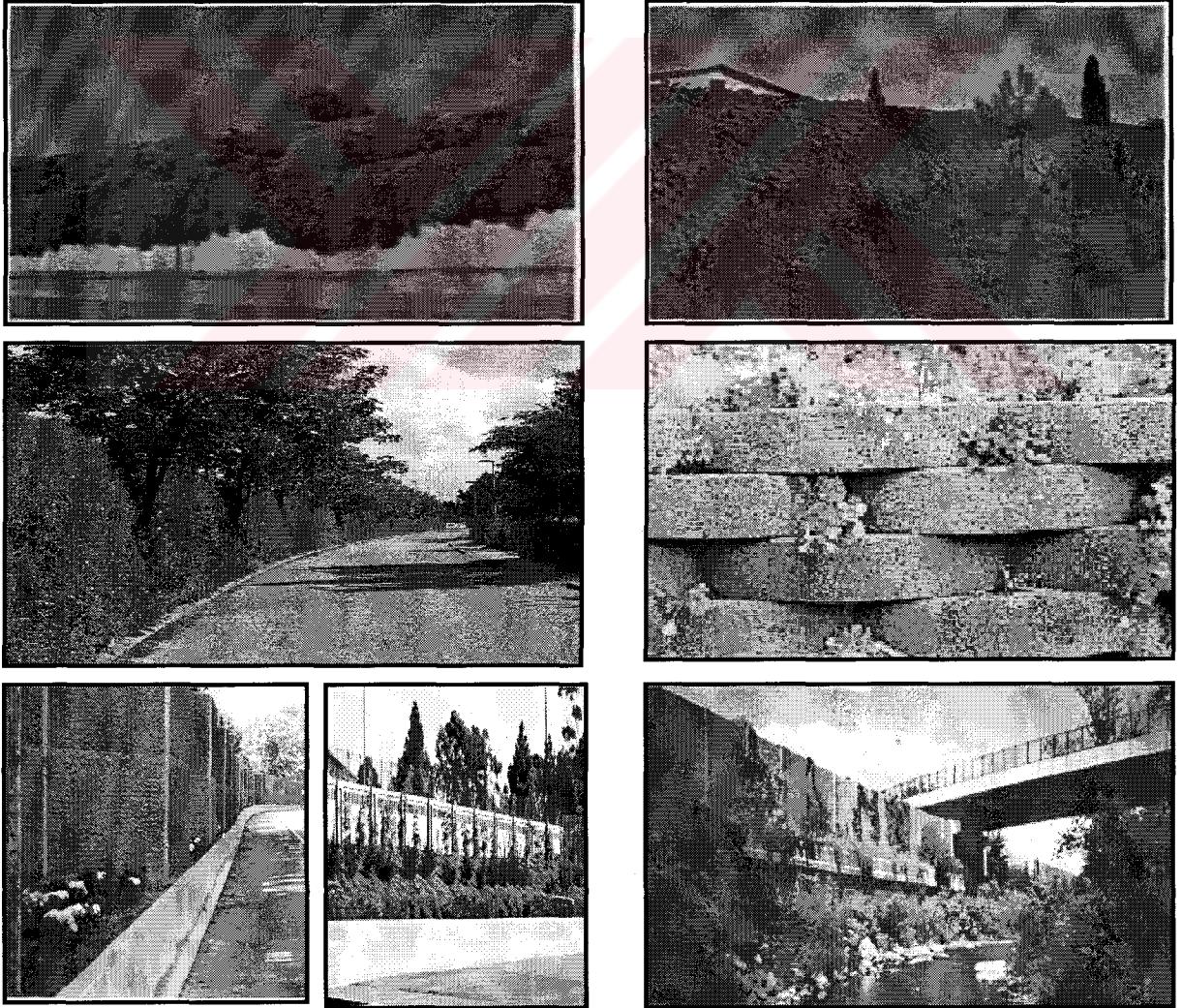
Şekil 4.102 Engellerin birleşim detayları (EPD, 2003)

Düşey açıklıkların sınırlı olduğu durumlarda, küçük elemanlar (üst üste dizilen paneller gibi) ve küçük kaldırma aletleri kullanılabilirdiği gibi bazı durumlarda, Şekil 4.103’de görüldüğü gibi engele uyumlu olmak kaydıyla özel imal edilen dikmeler, yukarıdaki objeleri taşımak amacıyla kullanılabilirler. Yukarıda objelerin olduğu durumlarda, vinç ve ağır yapım aletlerinin kullanılmadan yapılabilen engel sistemi seçilmesi daha doğru olmaktadır.



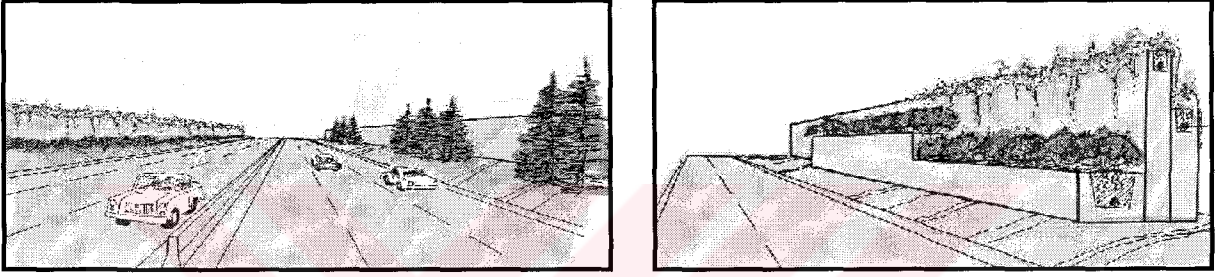
Şekil 4.103 Yukarıda olan objelerin engele etkileri (FHWA, 2000)

Bütün bu özelliklerin dışında, Şekil 4.104'de gösterildiği gibi doğal çevre özelliklerini ve doğal bitkileri kullanmak da daha estetik ve ucuzdur. Günümüzde giderek artan kentleşme, doğal bitki örtüsünü yok etmektedir. Değişik mevsimlerin etkilerinin engellerle bütünleşen bitkilerde gözlenmesi güzel duygular uyandırabilmektedir. Bu bitkilerin bakımının, ekim, biçim, sulama gereksinimlerinin zamanında karşılanması gerektiği, yapraklarını dökme mevsimleri, büyüme ve yetiştirme özellikleri unutulmamalıdır. Estetiğe ek olarak bitkileri kullanmak, yol kenarının bakım giderlerini ucuzlatmaktadır. Şevlerde yetiştirilen ses yutuculuğu fazla olan bodur bitkiler, fazla büyümediği ve bakım gerektirmediği için daha çok tercih edilmektedirler. Dik setlerin ve perdelerin sarmaşık türü bitkilerle sarılması görsel olarak daha çok tercih edilmektedir. Stratejik olarak, doğru yerleştirilen bu bitkiler, sesin yutulmasını sağladıkları gibi, diğer engellerden daha çekici ve yumuşak bir etki yaratırlar (Öztürk, 1998).



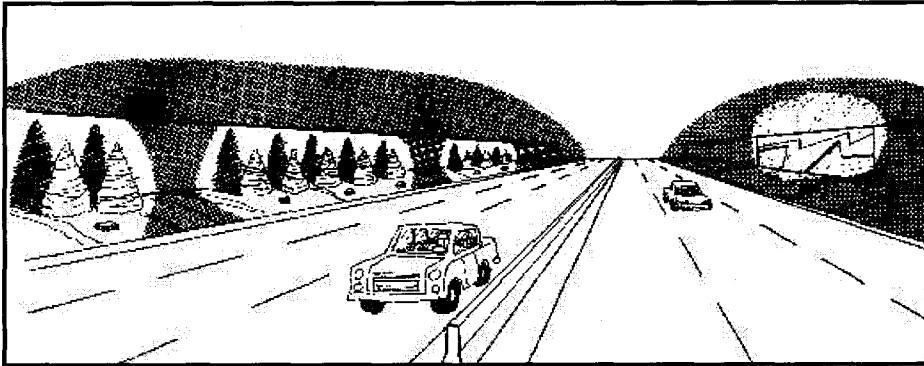
Şekil 4.104 Gürültü engeliyle doğal çevrenin bütünleştirilmesi(FHWA, 1979; FHWA, 2000; Jensen vd., 2002;EPD, 2003; [58])

Gürültü engellerinin bitkilendirilmesi görsel ve yapısal açıdan belli prensipler doğrultusunda yapılır. Özellikle geniş ve açık arazilerdeki engellerde bitkilerin düzenli yerleşimi, simetrik ya da asimetrik bir dizi oluşturacak biçimde balansın sağlanması, değişik boyutta, biçimde, doku ve renkte bitki kullanımıyla kimi arazilerde zıtlık oluşturulması, belli bir ritmin yakalanması, ışık ve gölge dağılımlarının bitkiler üzerinde yaratacağı etkilerin olumlu olması, bakım ve maliyet açısından basit ve karşılanabilir olması, engelin etkili olması istenen bölgesinde bitkilerin uygun biçimde yönlendirilmesi, estetik açıdan göze hoş görünmesi gerekir. Şekil 4.105’de görüldüğü gibi, stratejik olarak doğru yerleştirilen bu bitkiler, sert engellerden daha çekici ve yumuşak bir etki yaratırlar (Pinckney, 2003; Schutt vd., 2004).



Şekil 4.105 Gürültü engeliyle doğal çevrenin bütünleştirilmesi (Farnham ve Beimbom,1990)

Göz önünde bulundurulması gereken diğer bir nokta da ışıklandırma. Aydınlatma aygıtlarının seçimi, engelin tipine bağlı olarak seçilmelidir. Çevre renginin az olduğu kış aylarında uygun ışıklandırma yaparak, Şekil 4.106’da görüldüğü gibi değişik görüntüler yaratılabilir. Engelin bazı bölümlerinde dikkat çekmek vb. nedenlerle dekoratif aydınlatma aygıtları kullanılabilir. Ayrıca aydınlık düzeylerinin de engelin fark edilmesine olanak tanıyacak değerde olması, karanlık nedeniyle engel çevresinde olası olumsuzlukların giderilmesi gerekir.



Şekil 4.106 Işıklılandırma ile engelde yaratılacak değişik etkiler (Farnham ve Beimbom, 1990)

#### 4.5 Gürültü Engellerinde Sağlanması Gereken Güvenlik Özellikleri

Güvenlik, bütün gürültü engellerinin tasarımında düşünülmesi gereken etkenlerden bir başkasıdır. Gürültü engelinin, araçların etkisinden korunacak şekilde yerleştirilmesine, belli bir etki sonucunda, hasar görmemesinin ya da yıkılmasının önlenmesi için, teknik açıdan sağlam ve dayanıklı olmasına dikkat edilmesi gerekir.

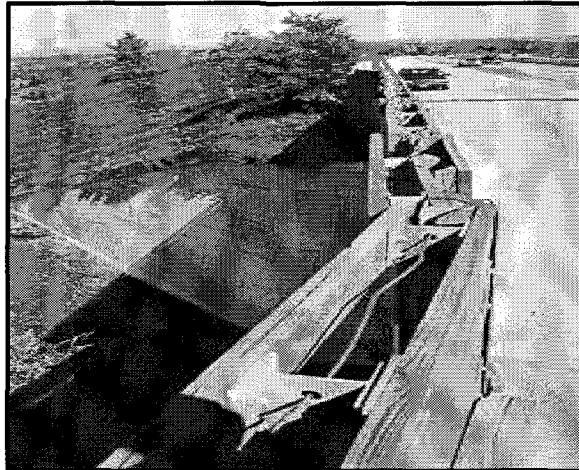
Gürültü engellerinin tasarımında güvenlik açısından göz önünde bulundurulması gereken noktalar bu bölümde anlatılacaktır.

##### 4.5.1 Gürültü Engelinin Yerleşimi

Zemine monteli gürültü engelleri için, çevresel koşullara (topoğrafya, akustik gereklilikler, drenaj vb.) bağlı olarak engeller, araçların etkilerinden en az hasar görecektir biçimde konumlandırılabilir. Strüktüre monteli gürültü engelleri içinse, strüktürel koşullara bağlı olarak, araçların etkilerinden korunabilmek için engeller, köprü parapetinin dışına taşınabilmektedir.

##### 4.5.2 Gürültü Engellerinin Birleşim ve Güçlendirme Detayları

Şekil 4.107’de görüldüğü gibi, kullanılan gürültü engel sistemi kablolarla bağlanmak suretiyle, güçlendirilebilmektedir. Ayrıca, beton, tuğla ve brikete, ahşaba ve çeliğe, çelik ağlar ve demirler konarak, panellerin dayanımı artırılmakta ve parçalara ayrılması önlenmektedir. Ama bu ek malzemeler, ağırlığın artmasına neden olabileceğinden, özellikle strüktürlerin taşıyıcılığının ve engelde estetik açıdan oluşabilecek olumsuz görsel etkilerin de unutulmaması gerekmektedir.



Şekil 4.107 Gürültü engelleri birleşim ve güçlendirme detayları (FHWA, 2000)

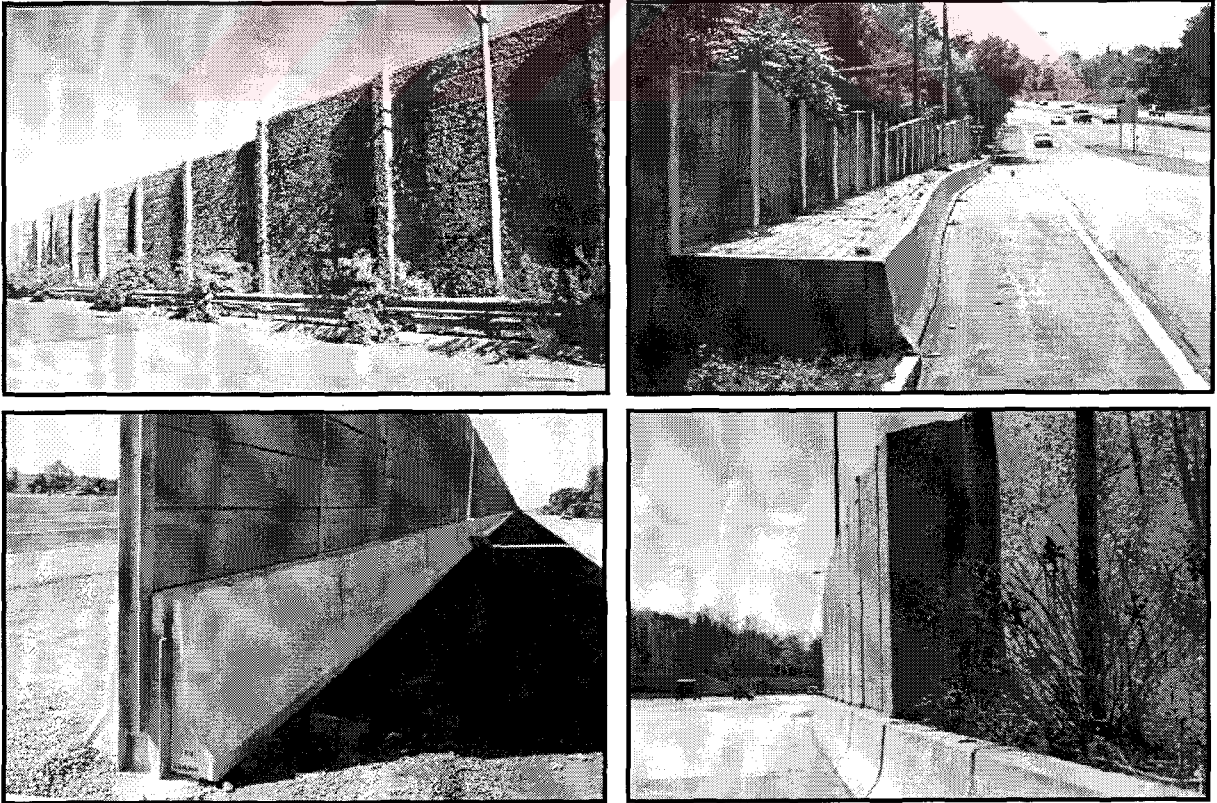
### 4.5.3 Gürültü Engellerinin Tipi

Uygulanacak projeye göre kullanılacak gürültü engellerinin tipinin ve malzemesinin, güvenlik kavramı düşünülerek seçilmesi gerekmektedir. Dikmeler olmadan yapılan engel sistemleri, araçlar açısından potansiyel risk oluşturan fırlatma ve yırtma gibi etkileri azaltmaktadırlar.

Hafif malzemeler, ağırlara göre daha kolay deforme olmaktadır. Bütün malzemelerin ve yapım teknikleri, güvenliği de içine alan bir çok konuyla bir arada düşünülmelidir. Ayrıca engelin kırılması, araçların çarpması vb. gibi olaylarla kolayca oluşabilecek bir durum olduğundan, kırılmaya dayanımlı malzeme kullanmak gerekir.

### 4.5.4 Gürültü Engellerini Koruyan Elemanlar

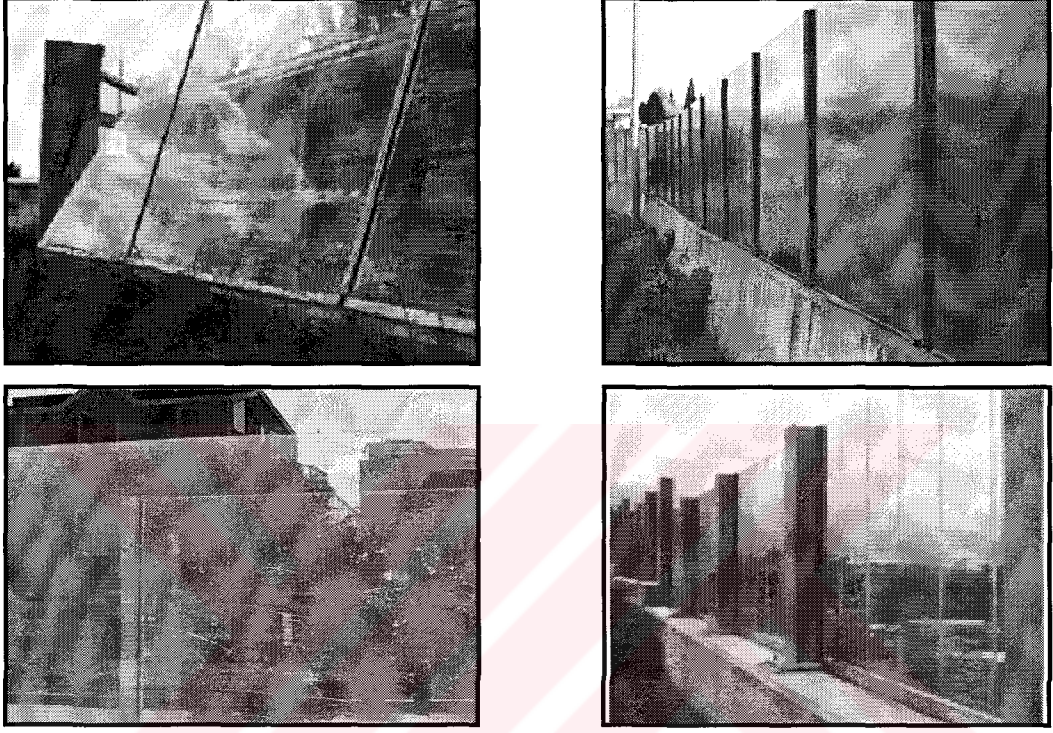
Gürültü engelleri ile trafik yolu arasına, koruyucu güvenlik bariyerlerinin yerleştirilmesi, güvenlik açısından trafiğin yaratacağı olumsuzlukları engellediğinden, daha uygun olmaktadır. Bu ek bariyerlerin de yerleşimi ve tasarımı üzerinde detaylı çalışmalar yapılması, özelliklerinin gürültü engeliyle birlikte düşünülmesi ve belirlenmesi gerekmektedir. Şekil 4.108'de görüldüğü gibi, araçların korunması için koruyucu bariyerler, ya gürültü engelleriyle karayolu arasına ya da, gürültü engelleriyle bütünleştirilip, yerleştirilmektedirler.



Şekil 4.108 Araçların korunabilmesi için engellerin yerleşimi (FHWA, 2000)

#### 4.5.5 Kamaşma Etkisi

Kamaşma etkisi Şekil 4.109’da görüldüğü gibi özellikle metal ve saydam engellerde sıkça rastlanan bir sorundur. Gündüz, güneşin etkisiyle açık renkli yüzeylerde, gece ise ıslak olan zeminde farların etkisiyle oluşabilecek olumsuzluklar, pürüzlü yüzey malzemesi ve rölyef kullanarak azaltabilmektedir.



Şekil 4.109 Kamaşma etkisinin yarattığı olumsuzluklar (FHWA, 2000; Jensen vd., 2002)

Saydam, plastik ve metal gibi malzemeler ışığı yansıtıp uygunsuz şekilde yaydıklarından sürücüler açısından kamaşma etkisi yaratabilmektedirler. Bu durum dönüşlerin olduğu yada engelin yola çok yakın olduğu durumlarda daha fazla artmaktadır. Ayrıca, gündüz güneş ışınlarının trafiğe geri yansması sonucu sürücüde oluşabilen anlık körlüğün hafife alınmaması gerekmektedir. Gece ise, araçların farları buna benzer etki yaratabilmektedir. Bu yansıyan ışıkların olumsuz etkileri, aşağıda sıralanan önlemlerle azaltılabilir (FHWA, 2000).

Eğilmiş Duvarlar: Duvarları 6-20 derece eğerek(alanlarda yapılan incelemelerle), gelen ışınlar trafikten uzaklaştırılarak, potansiyel kamaşma etkisi azaltılabilir.

Eğilmiş Üst Üste Paneller: Bunlar da eğilmiş duvarlarla aynı sonuçları vererek, kamaşmayı azaltmakta, ayrıca istenen bölümlerin eğilmesi mümkün olduğundan daha uygun olmaktadır.

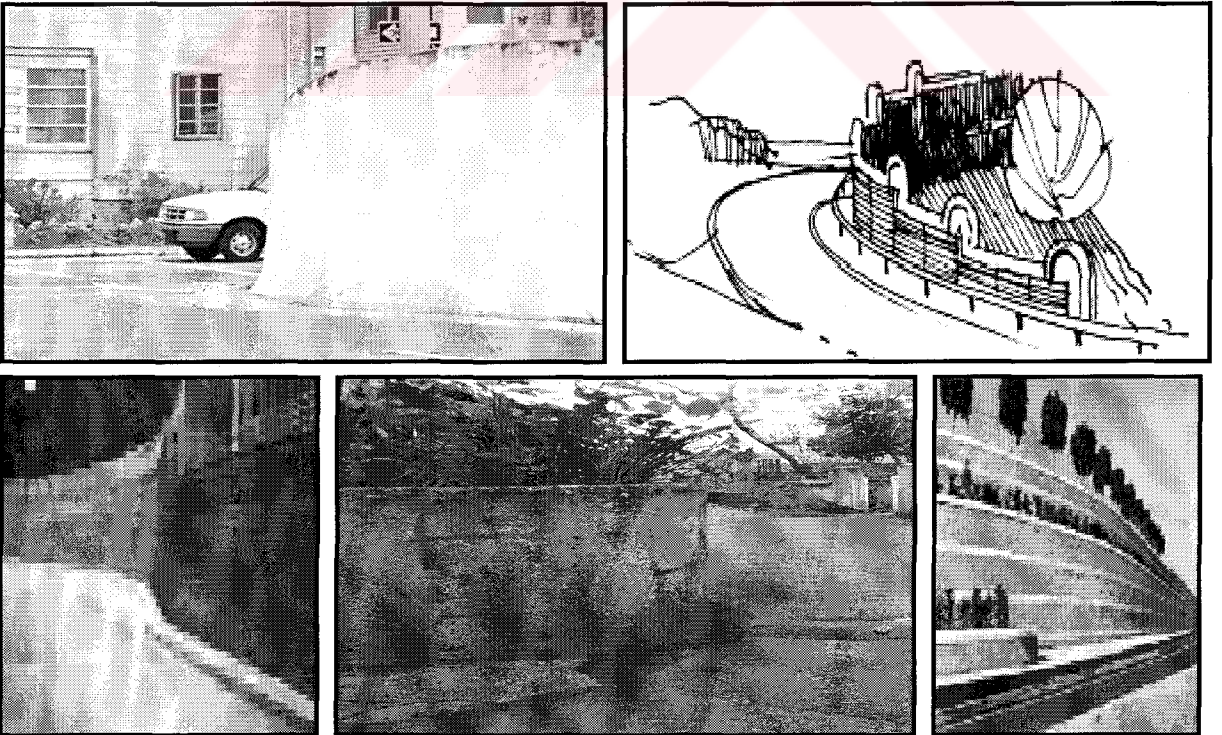
**Çıkıntılar:** Paneller dikmelere uygun oranda çıkıntılar yapılarak taşındığında, paneller gizlendiğinden kamaşma etkisi azalacaktır.

**Kamaşma Önleyici Tabakalar:** Kamaşma etkisini azaltmaya yarayan bu tabakalar, kullanılan malzemenin tipine bağlı olarak, yolun akustik karakterini değiştirebilir. Ayrıca akustik etkinliği düşürmeyen metal ya da plastik gibi geniş malzemeler kullanılabilir. Transparan panellerin yanına konulabilen bu metallere, yansıyan ışığın gelmesini engellerken, belli açılarda görünür olabildiklerinden, transparan engelin tasarlanan etkinliği azaltabilmektedir.

#### 4.5.6 Görüş Mesafesi

Özellikle, yatay dönüşlerin ve kavşakların bulunduğu, kot farklarının belirgin olduğu yerlerde görüş mesafesi önem kazanmaktadır. Gürültü engellerinin, karşıdan gelebilecek araç ya da herhangi bir şeyin görünmesini engellemeyecek şekilde yerleştirilmesi, şekillenmesi ve bitirilmesi gerekir.

Şekil 4.110'da olduğu gibi görüş alanının kapanmayacağı şekilde uygun çözümlerle (engeli erken bitirerek, döndürerek,vb.) bu sorun azaltılabilmektedir.

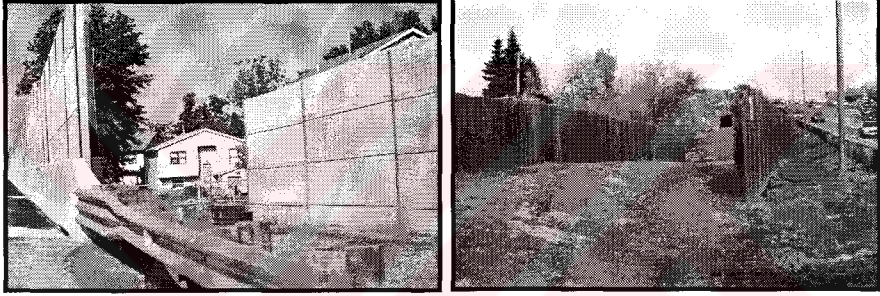


Şekil 4.110 Gürültü engellerinin yerleştirilmesinde görüş mesafesi (Highways Agency, 1994; FHWA, 2000; [58])

#### 4.5.7 Acil Çıkışlar

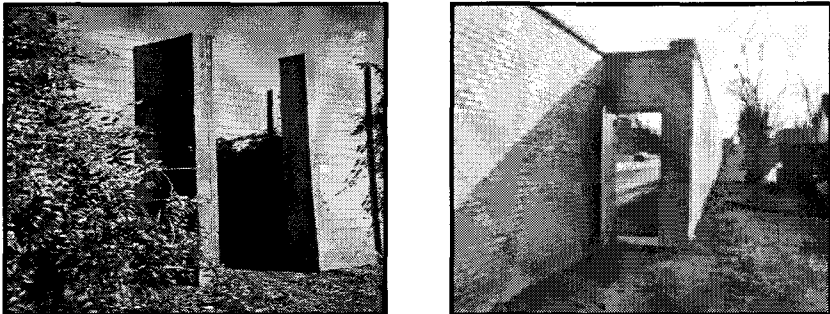
Acil durumlarda kullanılması gereken yollar olan emniyet şeritleri, gürültü engellerinin yerleştirilebileceği en uygun yerler olduklarından, gürültü engellerinde acil durumlar için sadece personel tarafından kullanılacak çıkış boşluklarının bırakılıp, işaretlerle gösterilmesi gerekmektedir.

Çıkışlar, Şekil 4.111’de olduğu gibi çakışan gürültü engellerinin arasından yapılabilmektedir. Bu boşlukların akustik açıdan engelin performansını düşürmemesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu boşluklar sürekli kullanılmadığından, can güvenliği açısından da olası tehlikelerin engellenebilmesi için ışıklandırma, bitkilendirme vb. gibi gerekli önlemlerin alınması, insanların oraya girmemesinin yada izlenebilmesinin sağlanması gerekmektedir.



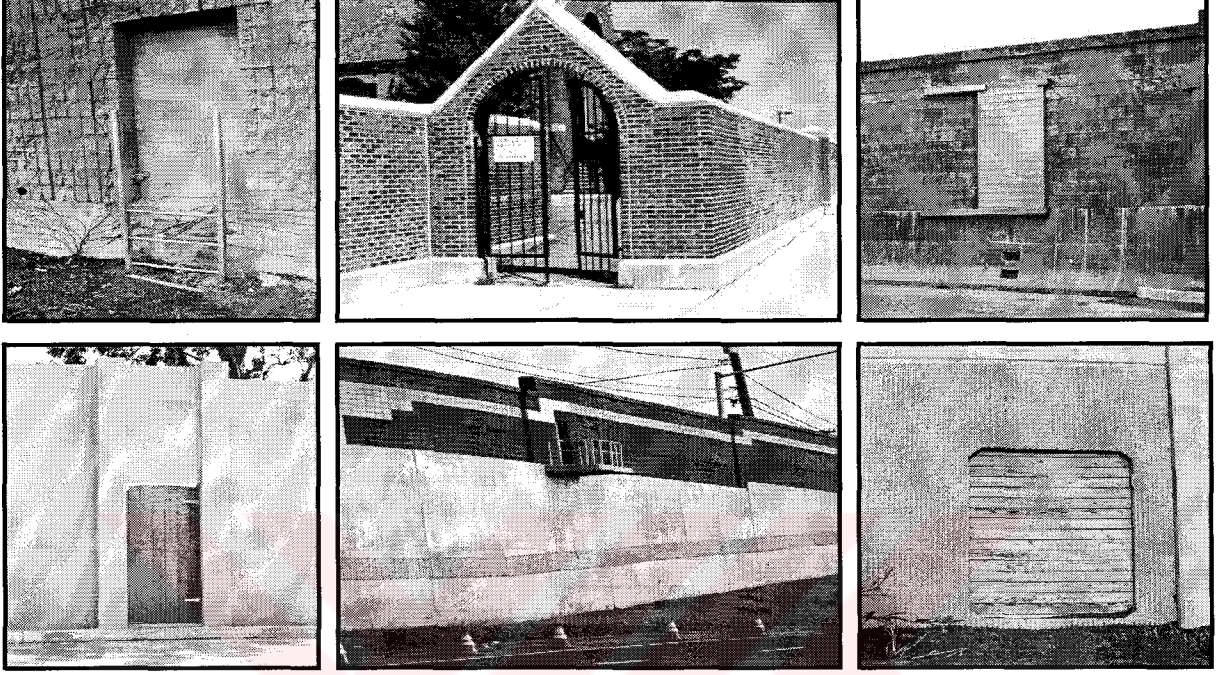
Şekil 4.111 Gürültü engellerinin kesişimlerinden oluşan acil çıkışlar (FHWA, 2000)

Ayrıca çıkışlar, gürültü engellerinin belli kısımlarına kapılar koyarak da sağlanabilir. Bu kapıların engelin performansını etkilemeyecek nitelikte olmasına, kullanılmadığı durumlarda, kilitli tutulmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Bazı durumlarda gürültü engelinin bir bölümünün, araç geçişi, büyük aletlerin sığabilmesi vb. gibi nedenlerle çıkarılması gerekebilmektedir. Şekil 4.112’de görüldüğü gibi bu çıkan parçaların yerine acil durumlar için de kullanılabilir panellere uyumlu kapılar yerleştirilebilmektedir.



Şekil 4.112 Acil çıkış kapıları örnekleri (FHWA, 2000; Jensen vd., 2002)

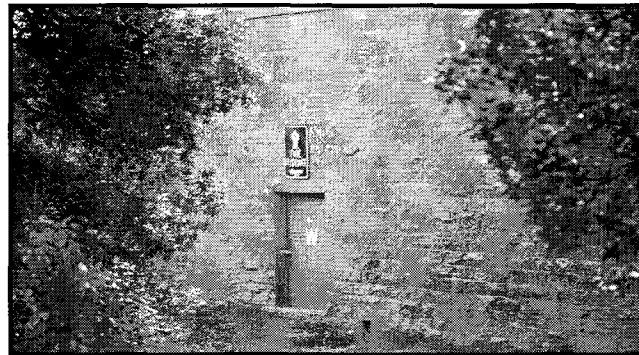
Çok çeşitli kapılar ve kilit sistemleri bulunmaktadır. Kapılar için genelde ahşap ve metal kullanılmaktadır. Şekil 4.113’de görülen örneklerde olduğu gibi kapılarda kullanılan malzemelerin, engelle ve görsel anlamda çevreyle ilişkilendirilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.113 Çıkış kapıları örnekleri (FHWA, 2000)

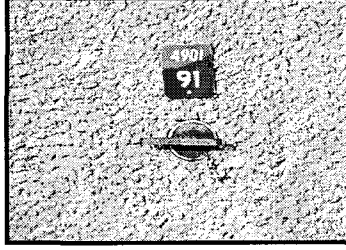
#### 4.5.8 Yangın Güvenliği

Gürültü engelleri yerleştirilirken, su kaynaklarıyla (göl, dere, akarsu ve yangın deposu) karayolu arasındaki ilişkinin kopmamasına dikkat edilmesi, ve yangın hortumlarının engelden geçebilmesi için uygun çözümlerin yaratılması gerekmektedir. Şekil 4.114’deki gibi engellerin kesişim boşluğunun ve acil çıkış kapısının bulunmadığı durumlarda, gürültü duvar panellerinin içine valfler, acil yangın giriş açılımları ve yangın söndürücüler yerleştirilebilmektedir.



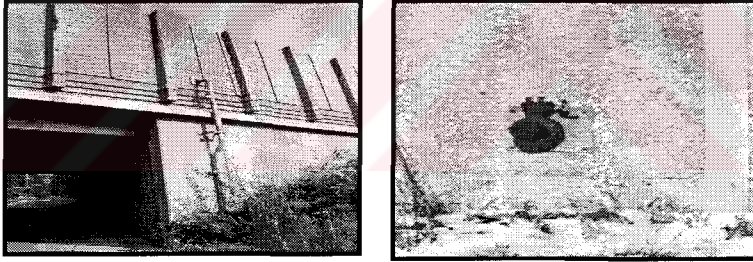
Şekil 4.114 Yangın için çıkış örnekleri (FHWA, 2000)

Kimi durumlarda Şekil 4.115’de görüldüğü gibi, bir yada iki vana engelin içine yerleştirilebilmektedir. Bu yöntemle engelin iki tarafında da vanalara bağlanan hortumlar sayesinde, olası dolanma tehlikesi de azalmaktadır. Ama tüm itfaiyelerin aynı boyut ve biçimde bağlantıları olması gerektiği, hortumların içinde hareket eden suyun gücünün oluşturacağı olası basınçların, panelleri ve bağlantılarını etkileme olasılığı unutulmamalıdır.



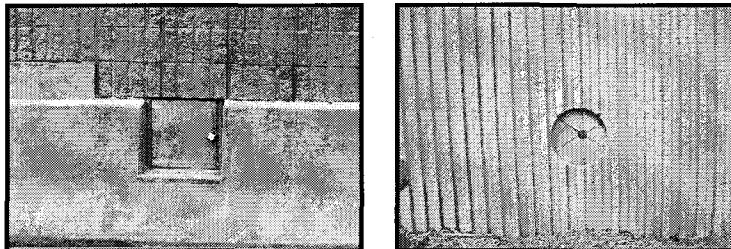
Şekil 4.115 Gürültü engel panellerinin içine gömülü hortum vanası (FHWA, 2000)

Diğer bir teknikte de paneller üretilirken, uygun boyuttaki valfleri, panellerin içine yerleştirilmesidir. Ama bunların olası hasar tehlikesine, hırsızlık ve vandalizm gibi olaylara karşı Şekil 4.116’da görüldüğü gibi kapatılması gerekmektedir.



Şekil 4.116 Panele monte edilen valflerin kapatılması (FHWA, 2000)

Yangın hortumlarının geçişine izin veren küçük boşlukların bırakıldığı sistemler de her türlü hortumun geçişine olanak tanıdığı için daha kullanışlıdır. Ama içine küçük hayvanların (kuş, kedi, vb.) girmemesi için, üstünün Şekil 4.117’de görüldüğü gibi bir kapakla kapatılması, yangın çıkışlarının belirlenmesi gerekmektedir.



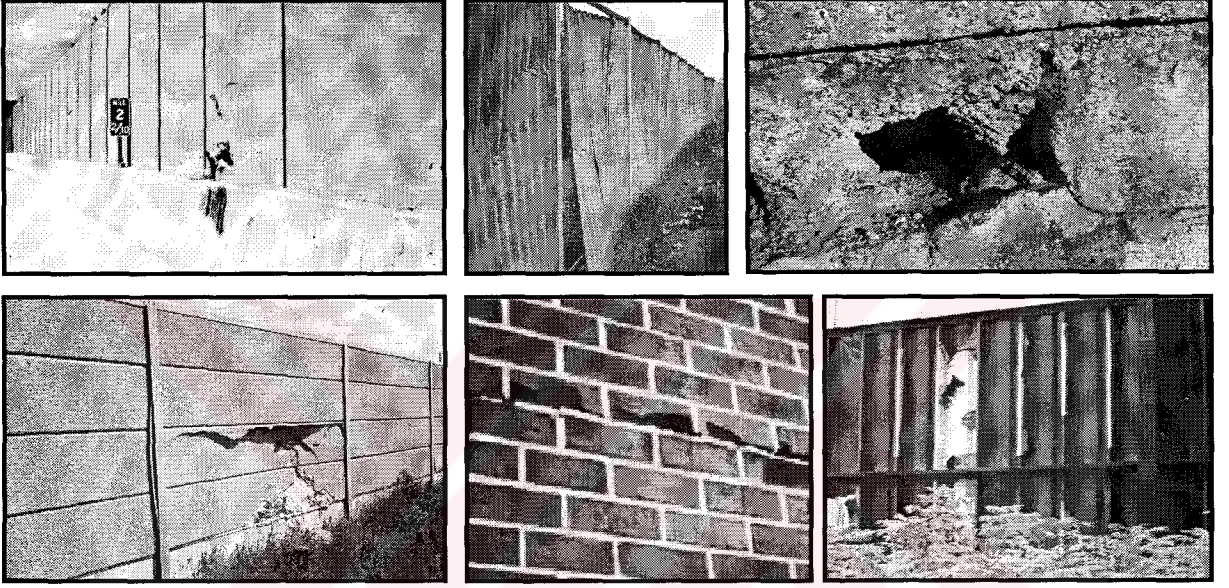
Şekil 4.117 Kapakla kapatılan küçük yangın hortum çıkışları (FHWA, 2000)

## 4.6 Gürültü Engellerinin Bakım Özellikleri

Engel uygulandıktan sonra yapılması gereken bakım işleri bu bölümde anlatılacaktır.

### 4.6.1 Tamiratlar

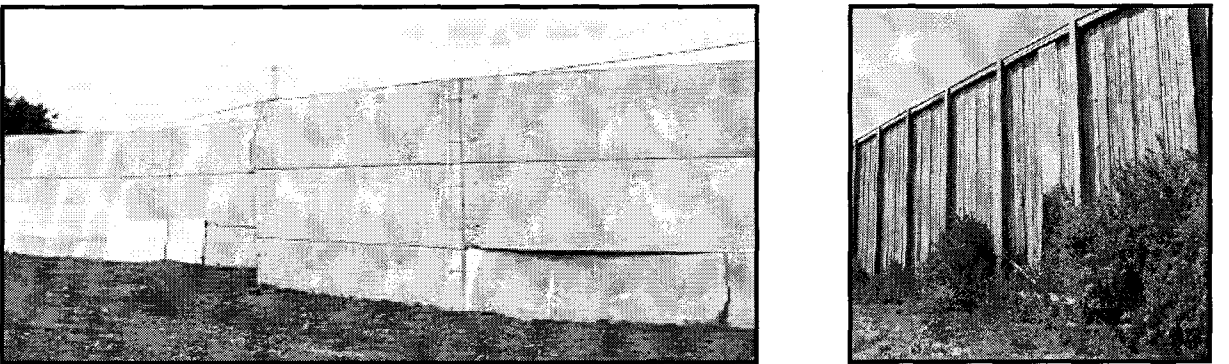
Şekil 4.118’de görüldüğü gibi engeller dış etkenler nedeniyle, hasara uğrayıp, onarıma ihtiyaç duyabilmektedir. Bakım ihtiyacının azaltılabilmesi için güvenlik, dayanıklılık, performans ve estetik dikkat edilmesi gereken faktörlerdir.



Şekil 4.118 Gürültü engellerinin tamirata ihtiyaç duyması durumu (BIA, 1991; FHWA, 2000)

### 4.6.2 Bozulan Parçaların Değiştirilebilmesi

Engelin bazı bileşenlerin çeşitli etkilerde dolayı değiştirilmesi gerekebileceğinden, Şekil 4.119’da görüldüğü gibi değiştirilme olasılığı düşünülerek projede kullanılan malzemenin yedek olarak saklanması gerekmektedir.



Şekil 4.119 Gürültü engellerinin bozulan parçalarının değiştirilebilmesi (FHWA, 2000)

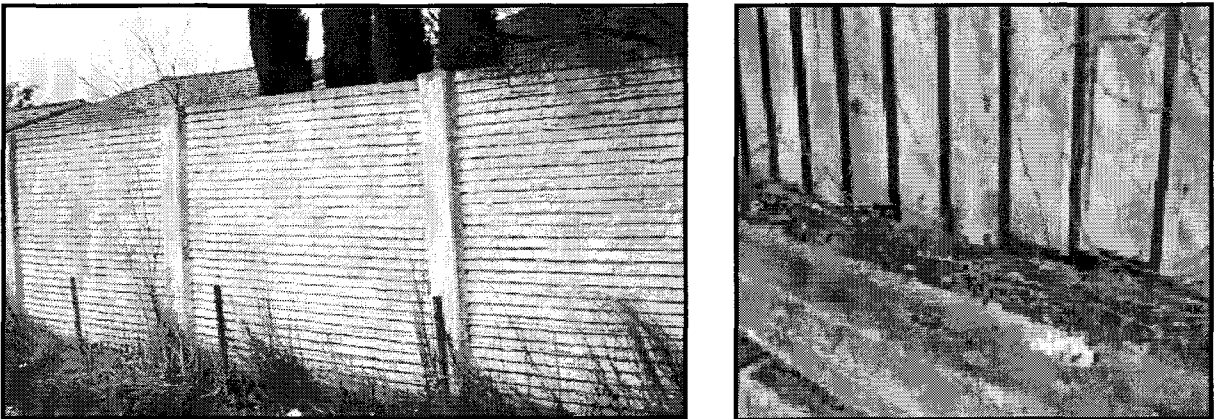
### 4.6.3 Malzemenin ve Yüzeylerin Bozulmasını Engellemek

Engellerin bileşenlerinin nemlenip, su alarak Şekil 4.120’de görüldüğü gibi bozulmaması için koruyucu kaplamalar, cilalar vb. gereçler gibi gereken önlemlerin alınması gerekmektedir. Metal gibi malzemelerin su almasıyla oluşan pas temizlenerek, anti paslarla takviye edilerek, suya karşı dayanımı sağlanabilmektedir. Tekrar paslanmaması yada bozulmaması için düzenli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.120 Gürültü engellerinin malzemelerinin bozulması (FHWA, 2000; Jensen vd., 2002)

Ayrıca güneşin ultraviole etkisi de Şekil 4.121’de görüldüğü gibi renklerde ya da strüktürde bozulmalar yaratabilmektedir. Bunun için, desenlerin ve dokuların kontrol edilmesi, sürekli boyalarının yapılıp kaplamaların gözden geçirilmesi gerekmektedir. Dışarıdan gelebilecek etkilerle de yüzey boyalarında yada dokularında oluşabilecek bozukluklara da dikkat edilmeli düzenli olarak iyileştirmelere gidilmelidir. Özellikle ahşapların dış etkenlere fazlasıyla açık olması nedeniyle düzenli cilalarının ve boyalarının yapılması gerekmektedir.



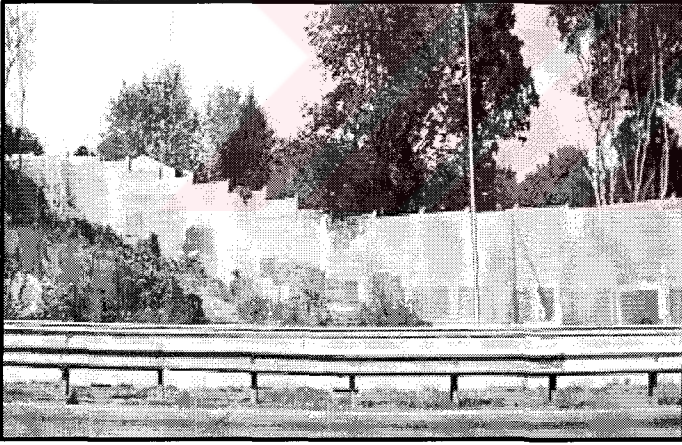
Şekil 4.121 Güneşin etkisiyle engellerin bozulması (FHWA, 2000; Jensen vd., 2002)

#### 4.6.4 Çevre Düzenlemesi

Engelin yapıldığı alanın ona uyumlu bir şekilde düzenlenmesi, toprak ve bitkilerin kesilmesi, biçilmesi, havalandırılması, ekilmesi vb. gibi düzenli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Gerekli yapımsal özelliklerin tamamlanmasının dışında, görsel özelliklerin de olumlu etkiler yaratması sağlanmalıdır.

#### 4.6.5 Vandalizm

Gürültü engellerinin bakımı yapılırken, karşılaşılan sorunlardan biri de vandalizmdir. Vandalizm, yüzeye uygulanan tahribatlar olduğundan, yapımına engel olunması, özellikle malzemelerin seçimine dikkat edilmesi gerekmektedir. Gürültü engelleri “grafiti artistleri” için bomboş, dümdüz bir çalışma alanıdır. Bitkilendirmeye, sarmaşık uygulamasıyla, dikenli çalıkların kullanımıyla engelin potansiyel grafiti alanı olarak kullanılması bir ölçüde azaltılabildiği gibi, engel yüzeyini kaba dokulardan oluşturulması ve koruyucu sprej kullanılmasıyla, grafiti yapımı zorlaştığından caydırıcı olmaktadır. Şekil 4.122’de görülen grafitilerin yapılmaması için gereken önlemlerin alınması gerekmektedir.



Şekil 4.122 Gürültü engellerine grafiti yapılması (FHWA, 2000; Jensen vd., 2002)

#### 4.6.6 Çöp ve Kirlilik

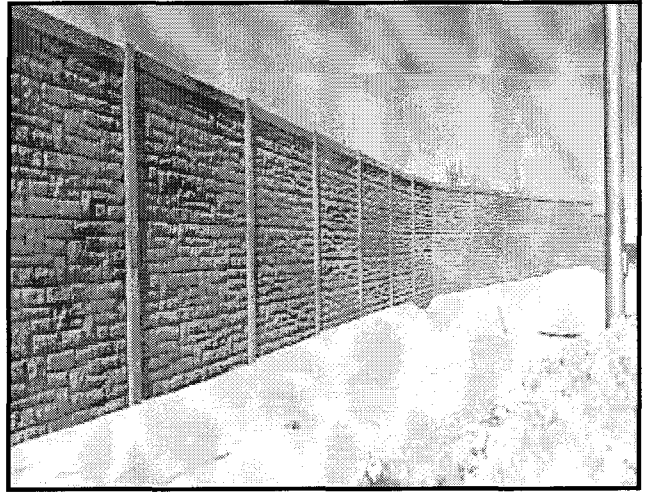
Şekil 4.123’de görüldüğü gibi engel çevresinin çöp alanı olarak kullanılmaması için, bitkilendirme, ışıklandırma vb. gibi önlemler alınması, engel çevresinin ölü alanlar olmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.123 Gürültü engellerinin çöp alanı olarak kullanılması (FHWA, 2000)

#### 4.6.7 Karın Biriktirilmesi ve Temizlenmesi

Gürültü engelleri karayoluna çok yakın inşa edildiğinde Şekil 4.124’de görüldüğü gibi karların yol kenarında biriktirilmesi ve sonrasında temizlenmesi zorlaşmaktadır. Karın engele yük oluşturarak strüktürel açıdan zarar vermemesi, erimesi sonucu oluşabilecek drenaj sıkıntılarının oluşmaması ve temizlenebilmesi için yükseklik, konstrüksiyon, genişlik ve yerleşim gibi konuların gözden geçirilmesi gerekmektedir. Zig-zag şekilli, ceplerin oluşturulduğu özel biçimli engellerde de temizlik, su ve kar birikmemesi için detay çözümlerine dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.124 Yol kenarında karın biriktirilmesi ve temizlenmesi (FHWA, 2000)

#### 4.7 Gürültü Engellerinin Maliyeti

Gürültü engellerinin uygulamasında göz önüne alınması gereken bir başka konu ise engelin maliyetidir. Tasarım aşamasından itibaren, engel maliyetinin oluşturulabilmesi için bir çok etkenin düşünülmesi gerekir. Amerika'daki eyaletlerde yapılan değerlendirmeler doğrultusunda, engelin yapımında kullanılan malzemelere göre yıllara bağlı olarak belirlenen m<sup>2</sup> birim maliyetleri Çizelge 4.4'de yer almaktadır (FHWA, 2000a; FHWA, 2000b).

Çizelge 4.4 Engelin yapımında kullanılan malzemelere bağlı olarak yıllara bağlı olarak belirlenen 1998 yılına göre \$/m<sup>2</sup> birim maliyetleri(FHWA, 2000a; FHWA, 2000b)

Yıllar	Beton	Blok	Tuğla	Ahşap	Metal	Setler	Birleşik	Yutucu
1989	235	171	268	178	117	35	142	300
1990	232	170	0	168	0	25	106	230
1991	215	205	172	201	220	125	129	219
1992	208	175	210	169	192	78	166	223
1993	197	211	218	196	659	41	236	232
1994	188	165	274	139	138	66	207	173
1995	178	175	155	92	136	82	227	143
1996	145	185	0	139	0	0	207	246
1997	221	90	0	345	0	0	233	0
1998	167	130	0	168	104	49	176	261
<b>Ortalama</b>	<b>198</b>	<b>174</b>	<b>214</b>	<b>155</b>	<b>146</b>	<b>51</b>	<b>164</b>	<b>245</b>

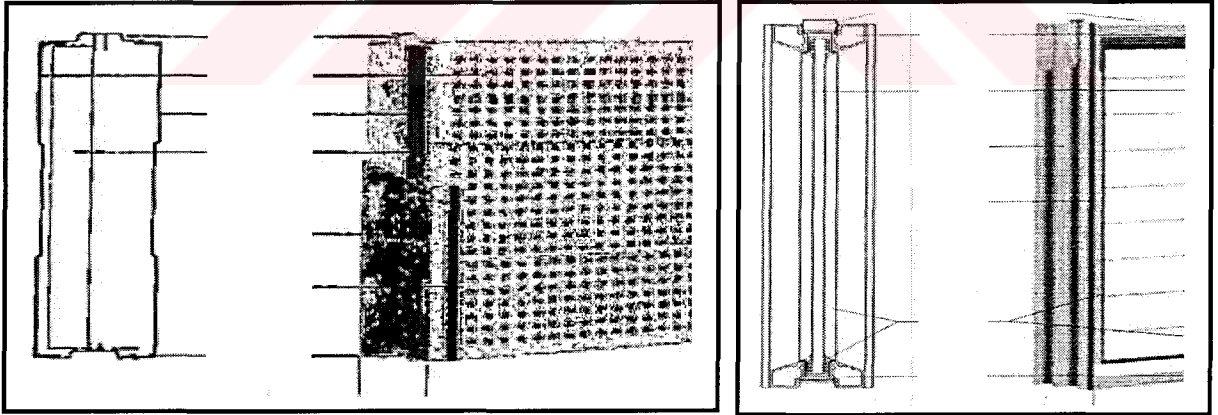
Ayrıca engelin yüksekliğine göre yıllara bağlı olarak belirlenen m<sup>2</sup> birim maliyetleri Çizelge 4.5'de yer almaktadır (FHWA, 2000a; FHWA, 2000b).

Çizelge 4.5 Engelin yüksekliğine göre yıllara bağlı olarak belirlenen 1998 yılına göre \$/m<sup>2</sup> birim maliyetleri (FHWA, 2000a; FHWA, 2000b)

Uzunluk	Beton	Blok	Tuğla	Ahşap	Metal	Setler	Birleşik	Yutucu
> 9.9 m	185	52	0	48	0	0	98	0
9 – 9.9 m	256	0	0	8	0	17	61	0
8 – 8.9 m	152	0	0	0	0	0	133	0
7 – 7.9 m	193	103	0	218	183	25	146	132
6 – 6.9 m	222	176	182	129	101	92	134	217
5 – 5.9 m	209	233	214	173	142	47	216	237
4 – 4.9 m	194	154	197	163	131	54	185	254
3 – 3.9 m	174	197	221	138	160	37	157	296
2 – 2.9 m	189	184	273	169	152	84	193	480
< 2 m	171	124	0	175	259	89	319	950
<b>Ortalama</b>	<b>198</b>	<b>174</b>	<b>214</b>	<b>155</b>	<b>137</b>	<b>51</b>	<b>163</b>	<b>244</b>

2001 yılında yapılan değerlendirmeler de Çizelge 4.4'de yer alan değerlere yakın olmuştur. Engellerin yapımında en çok kullanılan malzeme olan betonun m<sup>2</sup> birim fiyatı 175 – 200 \$ arasında, duvar blokların m<sup>2</sup> birim fiyatı, 170 – 175 \$ arasında, tuğlanın m<sup>2</sup> birim fiyatı, 205 - 215 \$ arasında, ahşabın m<sup>2</sup> birim fiyatı, 150 – 155 \$ arasında, metalin m<sup>2</sup> birim fiyatı, 135 – 145 \$ arasında, setlerin m<sup>2</sup> birim fiyatı, 50 - 55 \$ arasında, kompozit ya da birleşik engellerin m<sup>2</sup> birim fiyatı, 155 - 165 \$ arasında, yutucu malzemelerle oluşturulan engellerin m<sup>2</sup> birim fiyatı ise, 235 - 245 \$ arasında değişmektedir (FHWA, 2000a; FHWA, 2000b; Polcak,2003).

Doğal olarak bu malzeme fiyatları engellerin uygulanacağı ülkenin koşulları, kullanılan malzemenin kalitesi, engelin biçimi ve boyutu, seçilen firmanın niteliği gibi özelliklere bağlı olarak ayırım göstermektedir. Örneğin Türkiye'de gürültü engelleri uygulaması yapan Protém firması metal ürünleri için, 2004 yılında m<sup>2</sup>'si 68 \$'dan başlayan fiyatlar belirlerken, Almanya'daki Forster firması tarafından engeller için üretilen, Şekil 4.125'de yer alan 4.96 x 0.5 m boyutunda, bir tarafı yutucu özellikte bir malzeme ile diğer tarafı ise perforeli metal plakanın bir tanesinin 2003 yılına ait fiyatı 170 € olarak belirlenmişken, 4,96 x 1.50 m boyutunda, cam bir plakanın bir tanesinin 2003 yılına ait fiyatı 1.010 € olarak belirlenmiştir ([37], [61]).



Şekil 4.125 Forster firmasına ait gürültü engelinde kullanılan metal ve cam tabakalar ([37])

Ayrıca engelin akustik etkinliğine bağlı olarak belirlenen özellikleri, tipi, strüktürel yapısı, malzeme ve yüzey özellikleri, alt yapı bileşenleri gibi doğrudan engelle ilgili etkenlerin dışında; hava koşulları, nakliye masrafları, uygulama detayları, yapım sırasında trafikte alınacak önlemler, yapım saatlerinin kısıtlı olması, işçilik gibi yapımla ilgili etkenler de maliyeti belirleyen etkenlerdir.

## 5. GÜRÜLTÜNÜN DENETLENMESİNDE ENGEL ETKİNLİĞİNİN ÖRNEKLEME YOLU İLE ORTAYA KONMASI

### 5.1 Örnek Çalışma Alanlarının Seçimi

Gürültü engellerinin etkinliğinin değerlendirildiği bu çalışmada, engellerin kent akustiği açısından önemini vurgulamak ve etkinliğini ortaya koymak amacıyla, gürültü düzeylerinin kabul edilebilir sınırları aştığı ve rahatsızlığın ciddi boyutlara ulaştığı, üç örnek çalışma alanı belirlenmiştir. Bu çalışma alanlarından birincisi, İstanbul'un önemli caddelerinden biri olan Bağdat Caddesi'nin Şaşkınbakkal Bölgesi; ikincisi, yine İstanbul'da trafiğin oldukça yoğun olduğu İstanbul-Ankara Asfaltı D-100 Karayolu (E-5) üzerindeki Küçükalyalı Sementi; üçüncüsü de Asya ile Avrupa'yı birbirine bağlayan köprülerden biri olan Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nün Rumeli ayağında yer alan; Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'dir.

#### **Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi**

Çalışma alanlarından biri olarak, Şekil 5.1'de görülmekte olan, Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin, caddenin sağda ve solda ilk üç yapı grubunu içeren 200 m'lik bölümü ile, Marks & Spencer Mağazası'ndan Kadıköy yönüne doğru olan 500 m'lik bölümü seçilmiştir.



Şekil 5.1 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi

Bizans döneminde de var olan Bağdat Caddesi, Anadolu yakasında, Kadıköy ilçesi sınırları içinde bulunmaktadır. Osmanlı döneminde doğu ve batı arasındaki ulaşımın sağlandığı, çevresi kırılık olan bu şose yol, 1935’den sonra iki yanından tramvay geçirilerek genişletilmiştir. 1940’larda caddenin iki yanındaki araziler küçük parsellere bölünerek iki katlı küçük villalar inşa edilmiş, sonraları geçirilen değişim sonucu, alt katları mağaza, alışveriş ve iş merkezi, üst katları da konut olarak kullanılan blok apartmanlar yapılmaya başlanmış ve yıllarca belirli aralıklarla değişikliğe uğrayarak, bugün İstanbul’un ulaşım yükünü önemli ölçüde taşıyan, dört şeritli bir ana cadde halini almıştır.

Şaşkın bakkal Mevkii ise, Suadiye Mahallesi sınırları içinde kalan, caddenin en yoğun ve en ilgi çekici bölümüdür. Burada henüz yerleşimin yoğun olmadığı dönemlerde, denizden yararlanmak için gelenlere hizmet vermek amacı ile küçük bir bakkal dükkanı açıldığını görenlerin, burada iş yapılmayacağını düşünerek, bakkal için “Şaşkınbakkal” yakıştırması yapmaları ve zaman içinde burasının adının böyle anılmaya başlandığı söylenmektedir (Türkiye Ekonomik ve Toplumsal Tarih Vakfı, 1994).

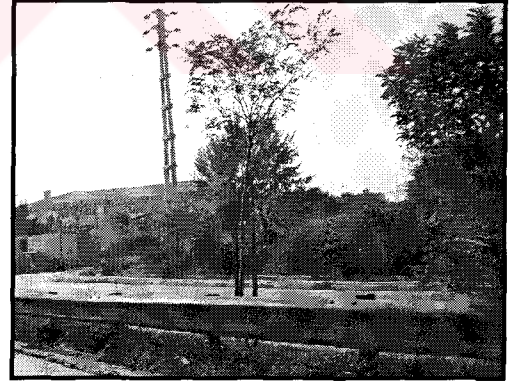
Şekil 5.2’de 2003 ve 2004 yılında çekilmiş olan fotoğraflarda görülen caddenin neden olduğu yüksek düzeyli trafik gürültüsü, yapı içindeki ve açık oturma alanlarındaki kişileri etkilediği gibi, caddenin iki yanındaki geniş kaldırımlarda yoğun yaya kullanımının olması nedeniyle, yayaları da büyük ölçüde olumsuz etkilemektedir. Özellikle Şaşkınbakkal Bölgesi’nde lokanta, pastane, kafe, bar gibi dışarıya açılan oturma bölümlerinin de bulunduğu yapıların yoğun olarak yer alması, çalışmada, caddenin bu bölümünün seçilmesinde etkili olmuştur.



Şekil 5.2 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi’nin 2003 – 2004 yılına ait fotoğrafları

### İstanbul-Ankara Asfaltlı D – 100 Karayolu (E – 5) Küçükyalı Smti

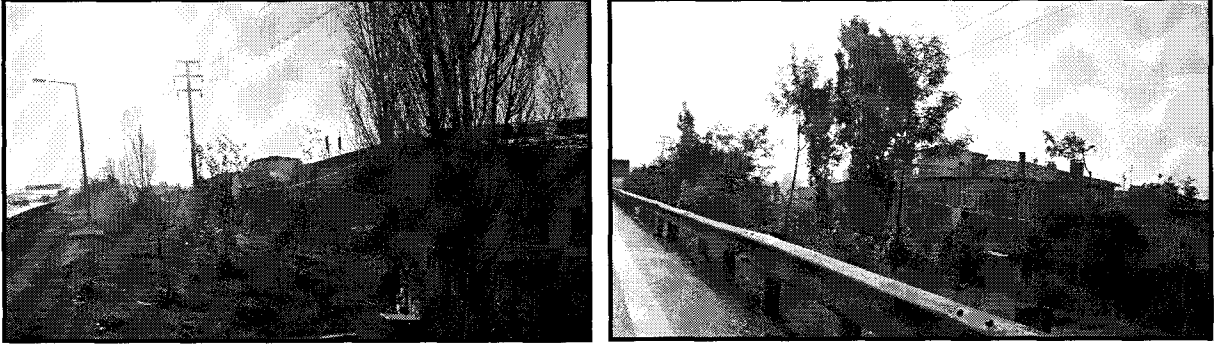
İkinci çalışma alanı olarak belirlenen D-100 (E-5) Karayolu Küçükyalı Smti'nin, Şekil 5.3'de görüldüğü gibi, caddenin sola doğru yapı gruplarını içeren 200 m'lik bölümü ile, Kadir Has Lisesi'nden Harem - Gebze yönüne doğru olan 500 m'lik bölümü seçilmiştir.



Şekil 5.3 D – 100 (E – 5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi

Küçükyalı, İstanbul'un Anadolu yakasında, Bostancı ile Maltepe arasında, Maltepe ilçesi sınırları içinde kalan, bir semttir. Bağdat yolu üzerinde olması ve durak olarak kullanılması nedeniyle yüzyıllardır önemli bir yerleşim yeridir. Osmanlı döneminde de askeri karargah olarak kullanılan ilçe, cumhuriyetten sonra geçirdiği büyük bir yangın nedeniyle tahribata uğramıştır. 1960'dan sonra ise yerleşim yukarı alanlara kayması nedeniyle, D-100 karayolu üzerinde nüfus ve üretim artmakta beraberinde ciddi oranda çevre kirliliği de yaşanmaktadır.

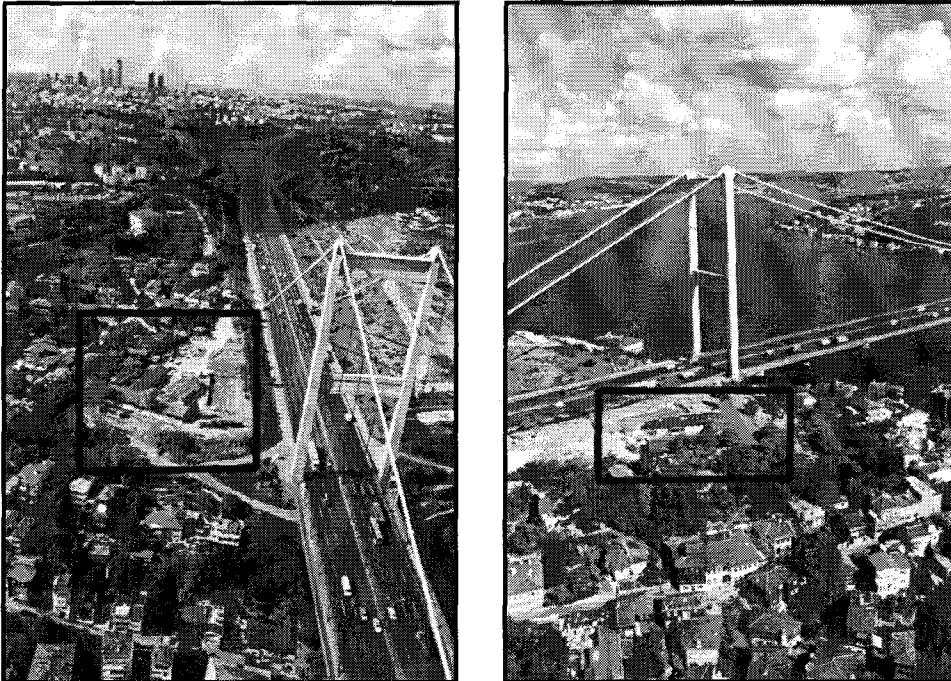
Şekil 5.4'deki bölgenin 2003 – 2004 yılında çekilmiş fotoğraflarından da görüldüğü gibi, E-5 Karayolu'nun neden olduğu yüksek düzeyli trafik gürültüsü, yapı içindeki ve açık alanlardaki kişileri oldukça olumsuz etkilemektedir. Ayrıca caddenin sol tarafında konut ve iş merkezi gibi yapıların yanı sıra Kadir Has Lisesi, Rezzan Has Lisesi ve Kadir-Rezzan Has İlköğretim Okulu gibi eğitim yapılarının da yer alması nedeniyle, bu bölge, tez kapsamındaki çalışma alanlarından biri olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.4 D – 100 (E – 5) Karayolu Küçükalyalı Sempti'nin 2003 – 2004 yılına ait fotoğrafları

### **Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi**

Üçüncü çalışma alanı olarak ise, Şekil 5.5'de görülmekte olan, Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi ve çevresi seçilmiştir.

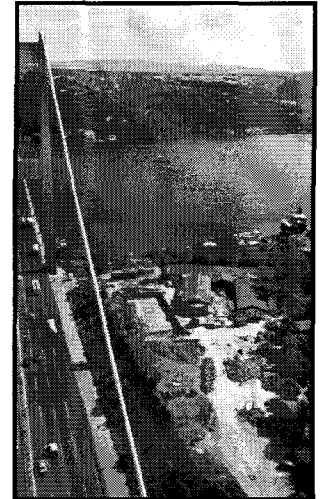


Şekil 5.5 Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi

Bilindiği gibi, Rumelihisarı Boğaziçi'nin batı yakasında, Sarıyer ilçesine bağlı, Bebek ile Balta Limanı arasında, Anadoluhisarı'nın tam karşısına düşen semttir. Türk'lerin Rumeli yakasında ilk yerleştikleri ve mezarlık yeri olarak belirledikleri bölgedir. Bu bölge giderek gelişmiş, zaman içinde pek çok değişimler yaşamış ve şu an Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nün Rumeli ayaklarının kurulduğu alandır. Bu bölgede yapılan Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi, çevreye renk katmış, gidenler için de keyifli vakit geçirilecek bir yer haline gelmiştir (Türkiye Ekonomik ve Toplumsal Tarih Vakfı, 1994).

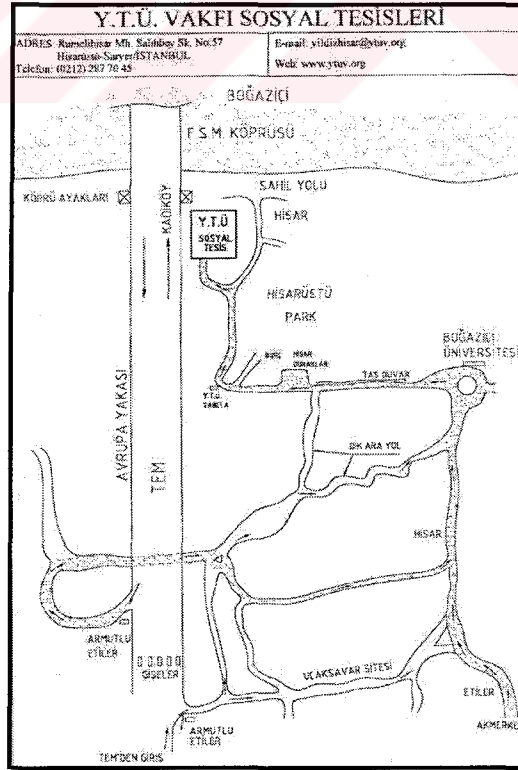
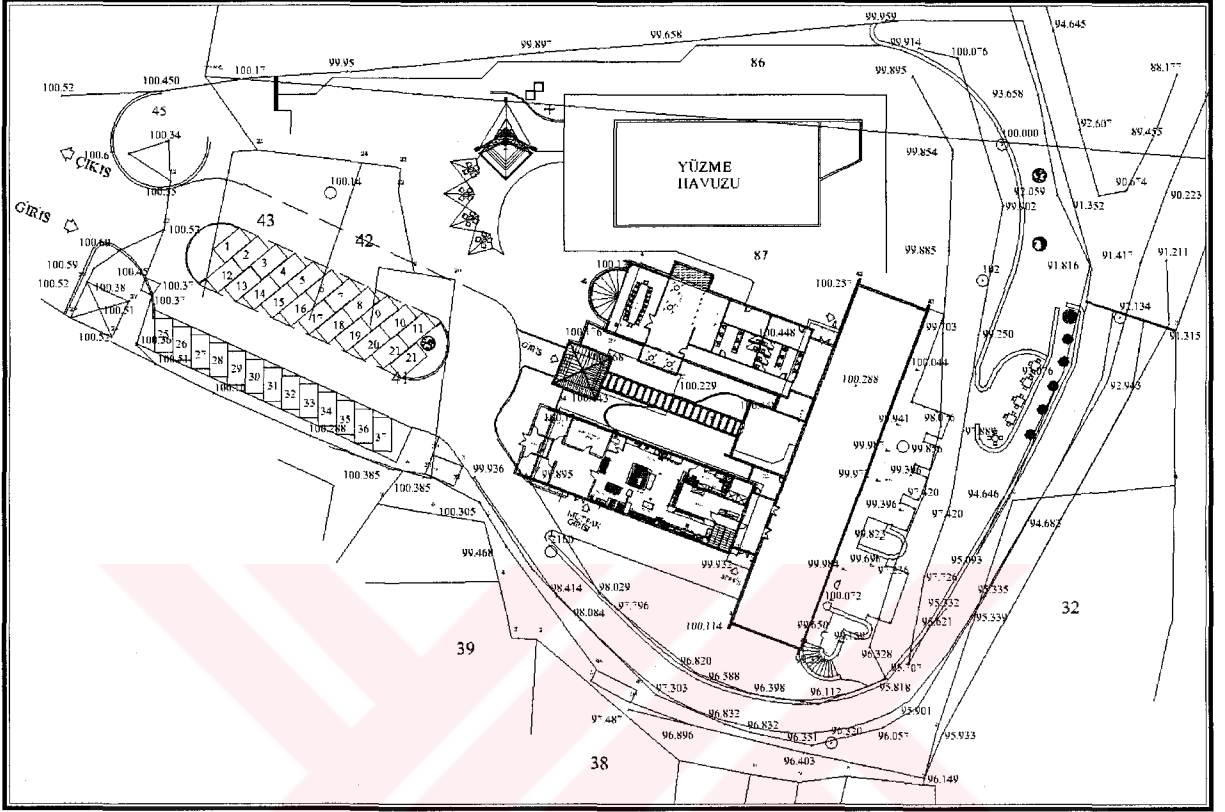
Tesis, öğretim elemanlarının, üniversite mensuplarının, mezunların ve üniversitenin gelişmesinde katkıda bulunanların bir araya getirilmesi, sosyal, kültürel ve sportif yaşamlarının geliştirilmesine katkıda bulunulması, üniversiteye yönelik aidiyet duygularının artırılması, İş, kültür, sanat ve medya dünyası ile akademik çevre arasındaki sosyal tanışıklığın ve dayanışmanın geliştirilmesi amacıyla, açık terasları, kafeleri, barları, restoranı, toplantı salonu, yarı olimpik havuzu, servis birimleri, otoparkı, güvenlik ve yönetim merkeziyle, 29 Haziran 2002 tarihinde hizmete açılmıştır.

Şekil 5.6'da yer alan fotoğraflarından da görüldüğü gibi, Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Tesisi, Boğaziçi Köprüsü'nün yetersiz kalması nedeniyle inşa edilen ve 1988 yılında hizmete geçen Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nün Avrupa ayağının yanında yer aldığı için, yüksek düzeyli trafik gürültüsünün etkisi altında kalmaktadır. Gürültünün olumsuz etkisini, özellikle açık terasların ve havuzun kullanımında hissedilmekle birlikte, kapıların açılması durumunda, restoranın kapalı bölümünde de ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.6 Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'nin fotoğrafları (Hakan Alacalı)

Şekil 5.7'de de YTÜ Hisar Sosyal Tesisi'nin 1/200 ölçekli planı ve tesise ulaşımın şeması yer almaktadır.



Şekil 5.7 Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi planı ve ulaşım şeması ([81])

## 5.2 Gürültü Açısından Çalışma Alanlarındaki Mevcut Durumun Ortaya Konması

Bu bölümde, seçilen örnek alanlara ait akustik verilerin doğru olarak saptanabilmesi ve alanlardaki mevcut durumun doğru bir biçimde ortaya konabilmesi için gerçekleştirilen öznel ve nesnel değerlendirmelere yer verilmiştir.

Bilindiği gibi, toplumdaki kişilerin yaşadıkları bölgedeki mevcut gürültü rahatsızlığının ortaya konarak, gürültüden etkilenme düzeylerinin belirlenmesi, sorunun boyutuna bağlı olarak çözümlerin üretilebilmesi için, gürültünün etkileriyle ilgili olarak öncelikle öznel değerlendirmeler yapılmaktadır. Gürültünün fiziksel özelliklerinin ve öznel etkenlerin değerlendirmeye alındığı, birey ve toplum ölçeğindeki etkilenmeyi belirlemek amacı ile “Rahatsızlık” ölçütü oluşturulmuştur. Seçilen örnek çalışma alanlarında da rahatsızlık ile ilgili bu belirlemelerin yapılabilmesi için, gözlemler ve geniş kapsamlı anketler yapılmıştır. Ayrıca bölgede gürültü sorununun çözümüne yönelik olarak önerilen çözümlerin toplum tarafından seçilmesi ve kabul edilmesi sağlanarak, kişilerin istedikleri gibi bir çevrede, uygun konfor koşullarında yaşamasına olanak tanınmaktadır. Bu nedenle seçilen bölgelerde de önerilen gürültü engeli uygulamaları konusunda toplumun görüşü alınmıştır (Kurra ve Beyazıt, 1996).

Öznel değerlendirmelerin dışında, gürültünün fiziksel özelliklerinin tanımlanması, etkilerinin biçim ve büyüklüklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan nesnel değerlendirmeler ise, ölçüm ve kestirim yöntemi olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Bu değerlendirmelerden ölçüm yöntemleri, saptanan trafik koşulları için, prosedüre uygun ölçüm teknikleri kullanılarak, belirlenen süreler boyunca, trafik gürültüsünün kayıtlarının yapılması ve bu süre içinde zamana göre olan değişimlerin incelenmesi, analizlerinin yapılması ve durum için kabul edilen standart birimler yardımıyla değerlendirilmesi sürecini içerir. Seçilen bölgelerde de mevcut durumun saptanabilmesi için gürültü ölçmeleri gerçekleştirilmiştir.

Kestirim yöntemleri ise, teknikleri açısından analitik modeller ve bilgisayar modelleri olarak iki gruba ayrılan kuramsal çalışmalar ile grafiksel yöntemler olmak üzere başlıca iki alt bölümde incelenebilir. Seçilen alanlarda da gürültü sorununun tanımlanması ve boyutlarının ortaya konması amacıyla, gürültü haritaları oluşturulmuştur. Bir kente ya da bir bölgeye ait mevcut durumun kesin ve doğru olarak belirlenebilmesi için en sağlıklı metot, ölçüm ve kestirim yöntemlerinin birlikte uygulanması gerekmektedir. Dolayısıyla, seçilen çalışma alanlarında ölçme ve kestirim yöntemleri bir arada uygulanmıştır.

### 5.2.1 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin Gürültü Açısından Mevcut Durumu

Bu bölümde Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nde gürültü açısından mevcut durumun ortaya konması için yapılan öznel ve nesnel çalışmalar ile değerlendirmelere yer verilmiştir.

#### 5.2.1.1 Öznel Değerlendirmeler

Bölge sakinlerinin mevcut çevre gürültüsüne karşı fizyolojik ve psikolojik tepkileri ile rahatsızlıklarının belirlenebilmesi, sorunlarının giderilebilmesine yönelik çözüm önerilerinin oluşturulabilmesi ve gelecekte yapılması önerilen gürültü engeline ilişkin düşüncelerin öğrenilebilmesi için bu bölgede gözlem ve anket çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

##### 5.2.1.1.1 Gözlemler

Bölgede gürültü açısından yapılan gözlemlerle de gürültünün oluşturduğu rahatsızlığın çok fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Örneğin, belli bir yaşın üzerindeki kişilerin, gürültüden dolayı bu bölgedeki açık oturma alanlarında bulunmak yerine kapalı alanlarda bulunmayı tercih etmeleri; yaş grubu yükseldikçe gürültüden dolayı rahatsızlığın arttığını göstermektedir. Uzun süre açık alanlarda, yaya kaldırımlarında ya da açık oturma alanlarında bulunulduğunda, Bölüm 2.2'de yer alan yorgunluk, sıkıntı, baş ağrısı gibi fizyolojik ve psikolojik etkilerin hissedildiği gözlenmektedir. Ayrıca kişilerin açık alanlarda, hem kendi konuşmalarını hem de karşısındakilerin konuşmalarını duymadıkları için seslerini yükseltmek zorunda kalmaları da bölgedeki gürültü rahatsızlığının ciddi boyutlarda olduğunu gözler önüne sermektedir.

##### 5.2.1.1.2 Anket Çalışmaları

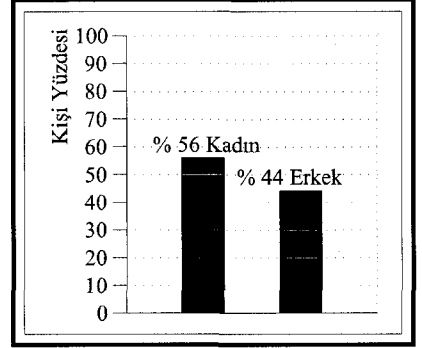
Alana ilişkin olarak gürültünün denetlenmesi sürecinin başlangıcından itibaren, toplumun da bilgi sahibi olması ve gürültü sorununa daha ciddi yaklaşmasını sağlayabilmek için, gürültünün etkileri ve denetlenmesi konularında konferans, seminer ve panellerin düzenlenmesi gerekir. Ayrıca kişilerin düşüncelerinin farklılık göstermesi ve yeniliklere karşı tepki gösterme olasılığı bulunduğundan, toplumun konu ile görüşlerinin ortaya konabilmesi için anket çalışması gerçekleştirilmiştir (Şerefhanoglu vd., 1996).

Bölgeye yönelik anketler, yaklaşık on dakikalık soru cevap halinde, gelişigüzel örnekleme tekniği kullanılarak, yüz yüze görüşmeler şeklinde yapılmıştır. Ancak kişilerin zamanlarının yetersizliği, anketörlere olan güvensizlikleri ve soruların yarattığı kaygılar nedeniyle katılım sınırlı olsa da, bölgede yaşayanların görüşlerini ve beklentilerini yansıttığı için yeterli olmuştur. Anket soruları ve verilen yanıtların değerlendirilmesi aşağıda yer almaktadır.

Kişisel ve sosyal özelliklere ilişkin yanıtların grafik gösterimi Şekil 5.8'de yer almaktadır.

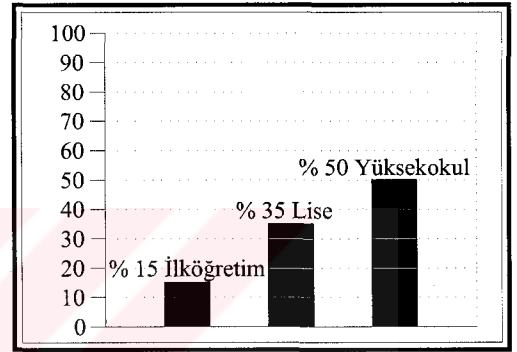
Soru 1) Cinsiyetiniz nedir?

- a) Kadın
- b) Erkek



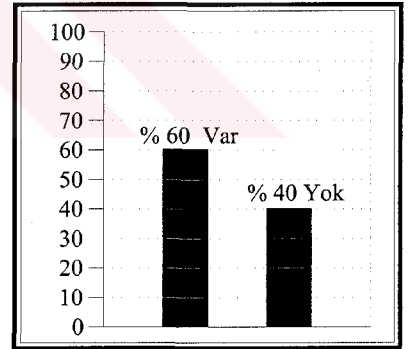
Soru 2) Eğitim durumunuz nedir?

- a) İlköğretim
- b) Lise
- c) Yüksekokul



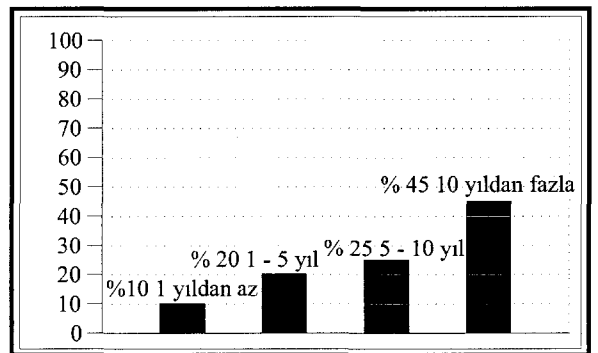
Soru 3) Burada kendinize ait eviniz ya da işyeriniz var mı?

- a) Evet var
- b) Hayır yok



Soru 4) Ne zamandan beri bu bölgede yaşıyorsunuz?

- a) 1 yıldan az
- b) 1 – 5 yıl
- c) 5 – 10 yıl
- d) 10 yıldan fazla



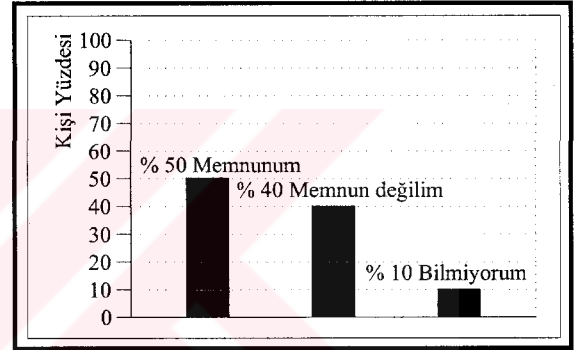
Şekil 5.8 Kişisel ve sosyal özelliklere ilişkin sorulan soruların ve alınan yanıtlar

Yukarıdaki grafiklere göre, cinsiyet dağılımı açısından ankete katılanların % 56'sı kadın % 44'ü erkek olduğundan, dengeli bir dağılım söz konusudur. Yaş aralığı 15-55 yaş arasında değişmektedir. Anketi yanıtlayanların eğitim düzeyine bakılacak olunursa, % 15'i ilkokul, % 35'i lise, % 50'si ise yüksekokul mezunu olduğu görülmektedir. Ayrıca kişilerin % 40'ı o bölgede gezinti, eğlence, alışveriş, vb. nedenlerle bulunmakta, geri kalan % 60'ı ise o bölgede yaşamaktadır. Bu sakinlerin de % 10'u ise 1 yıldan daha az süredir, % 20'si 1-5 yıldır, % 25'i 5-10 yıldır, %45'i ise 10 yıldan fazla süredir o bölgede yaşamakta olduklarını söylemiştir.

Çevreye ilişkin düşüncelerin değerlendirilmesine ilişkin yanıtların grafik gösterimi Şekil 5.9'da yer almaktadır.

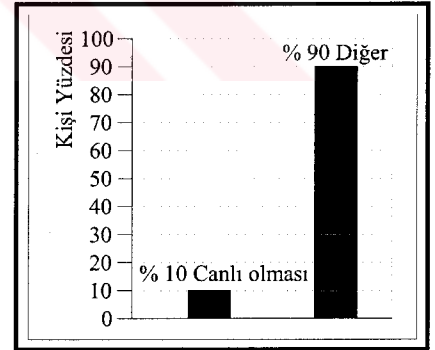
Soru 5) Bu bölgede yaşamaktan memnunsunuz?

- a) Evet memnunum
- b) Hayır memnun değilim
- c) Bilmiyorum



Soru 6) Burayı sevme nedeniniz nedir?

- a) Huzurlu, sakin olması
- b) Sesli, canlı ve gürültülü olması
- c) Diğer.....



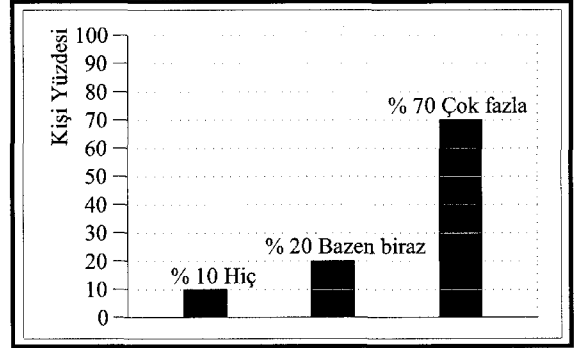
### 5.9 Çevreye ilişkin düşüncelerin değerlendirilmesi

Anketi yanıtlayanların çevreden hoşnutluğuna ilişkin ortaya çıkan yukarıdaki grafiklere göre, kişilerin % 50'si o bölgede yaşamaktan memnun olduğunu, % 40'ı memnun olmadığını söylemiş, % 10'u ise fikir beyan etmemiştir. Memnuniyet nedenlerini "İnsan yaşadığı yeri sevmez mi?, Ev sevilmez miymiş?" gibi cevaplar vererek ifade etmişlerdir. Katılımcıların % 10'u bölgeyi canlı ve hareketli olduğu için beğenmekte, % 90'ı sosyal ve kültürel anlamda merkezi olması, belli toplumsal sınıfa hitap etmesi gibi diğer nedenlerle beğenmektedir.

Gürültüden etkilenme faktörlerinin değerlendirilmesine ilişkin yanıtların grafik gösterimi Şekil 5.10'da yer almaktadır.

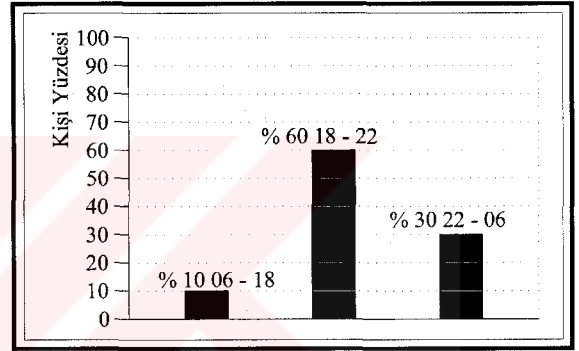
Soru 7) Bu bölgedeki gürültü sizi olumsuz etkiliyor mu?

- a) Hiç etkilemiyor
- b) Bazen biraz etkiliyor
- c) Çok fazla etkiliyor



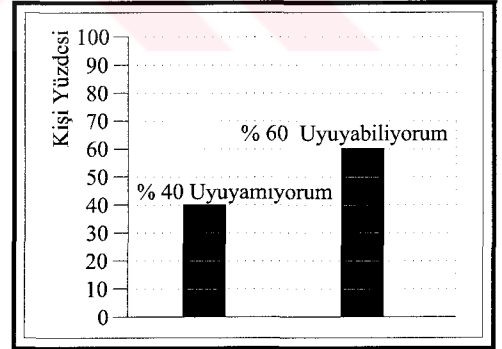
Soru 8) Hangi saatler arasında gürültüden daha fazla etkileniyorsunuz?

- a) 06.00 – 18.00
- b) 18.00 – 22.00
- c) 22.00 – 06.00
- d) Değişiyor, belli bir zamanı yok



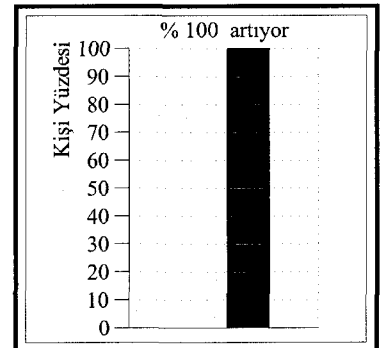
Soru 9) Gürültüden dolayı uyuyamadığınız oluyor mu?

- a) Evet uyuyamıyorum
- b) Hayır uyuyabiliyorum



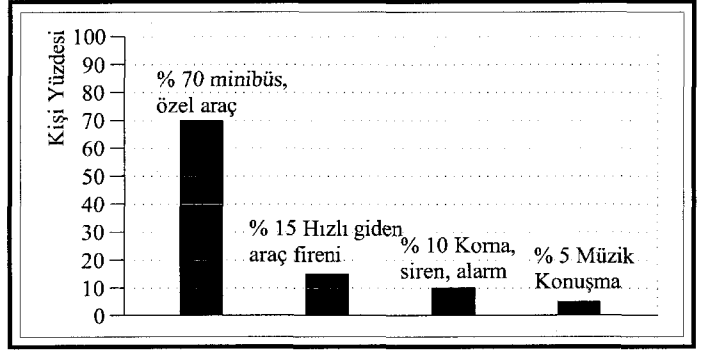
Soru 10) Rahatsızlığınız pencerenin açık ya da kapalı olma durumuna göre değişiyor mu?

- a) Rahatsızlığım artıyor
- b) Rahatsızlığım azalıyor
- c) Bilmiyorum



Soru 11) Aşağıdaki gürültü kaynaklarının hangisinden daha fazla rahatsız oluyorsunuz?

- a) Kamyon, otobüs, minibüs, özel araç
- b) Hızlı giden araç gürültüsü, fren
- c) Araç kornası, alarmı veya polis, ambulans sireni
- d) Araçlarda çalınan müzik ve yüksek sesli insan sesleri



Şekil 5.10 Gürültüden etkilenme faktörlerinin değerlendirilmesine ilişkin sorular ve yanıtlar

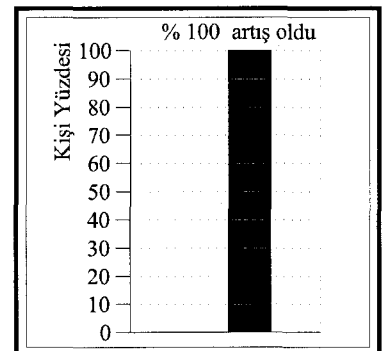
Buna göre, ankete katılanların % 70'i gürültüden çok fazla etkilendiğini, % 20'si bazen biraz etkilendiğini, % 10'u ise hiç etkilенmediğini dile getirmiştir. Gürültüden etkilenmede zaman faktörüne göre değerlendirmeye göre, yanıtlayanların % 10'u 06.00-18.00 saatleri arasında, % 60'ı 18.00-22.00 saatleri arasında, % 30'u ise 22.00-06.00 saatleri arasında gürültüden daha fazla etkilendiğini belirtmiştir. Ayrıca, ankete katılanların sadece % 40'ı gürültüden dolayı uyuyamadığını, % 60'ı ise gürültüye alıştığını belirterek uyuyabildiğini vurgulamış, ancak tümü rahatsızlıklarının pencerenin açık olduğu durumda arttığını söylemiştir.

Gürültü kaynaklarından etkilenme durumuna yanıtların grafiğine göre, anketi yanıtlayanların % 70'i kamyon /otobüs /minibüs/ özel araç /motosiklet gürültüsünden daha fazla rahatsız olduğunu, % 15'i hızlı giden araç ve fren sesinden rahatsızlık duyduğunu, % 10'u araç kornası, alarmı, polis sireni gibi gürültüden rahatsızlık duyduğunu, % 5'i ise arabalarda çalınan müzikten ve yüksek sesli konuşmalardan rahatsızlık duyduğunu belirtmiştir.

Çevre gürültüsü ve gürültü engelleri konusunda genel görüşlere ilişkin yanıtların grafik gösterimi Şekil 5.11'de yer almaktadır.

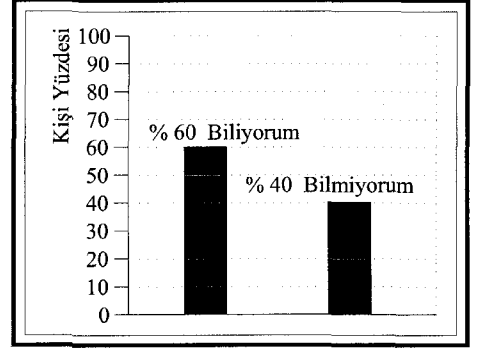
Soru 12) Sizce son 5 yıl içinde bu bölgedeki trafik gürültüsünde artış ya da azalma oldu mu?

- a) Gürültü arttı
- b) Gürültü azaldı
- c) Gürültü değişmedi



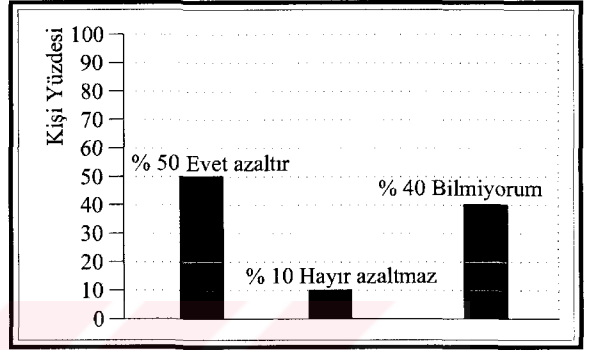
Soru 13) Gürültü engelinin ne anlama geldiğini biliyor musunuz?

- a) Evet biliyorum
- b) Hayır bilmiyorum



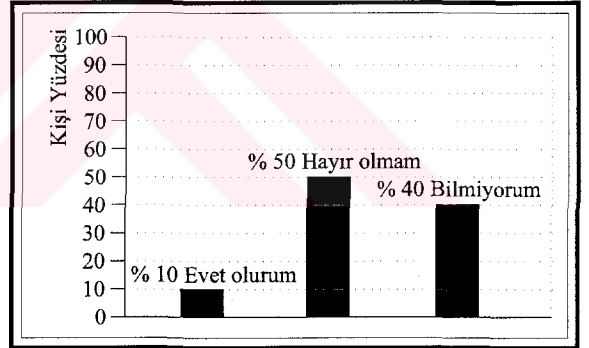
Soru 14) Sizce burada yol kenarına yapılacak olan gürültü engeli gürültüyü azaltır mı?

- a) Evet azaltır
- b) Hayır azaltmaz
- c) Bilmiyorum



Soru 15) Burada bir gürültü engeli yapılırsa bundan rahatsızlık duyar mısınız?

- a) Evet rahatsız olurum
- b) Hayır rahatsız olmam
- c) Bilmiyorum



Şekil 5.11 Gürültü ve gürültü engelleri konusundaki genel görüşlerin değerlendirilmesi

Yukarıdaki grafiklere göre, katılımcıların tümü son 5 yıl içinde bölgede gürültü düzeyinde artış olduğunu söylemiştir. Anketi yanıtlayanların % 50'si bölgede gürültü engeli yapılmasının bölgedeki gürültü düzeyini azaltacağını, % 10'u azaltmayacağını, % 40'ı ise bilmediğini söylemiştir. Ayrıca eğitim düzeyine paralel olarak, katılanların %60'ı engelin tanımını bildiğini, % 40'ı ise engelin tanımını bilmediğini söylemiştir. Ayrıca ankete katılanların % 10'u bölgede yapılacak gürültü engelinden rahatsız olacağını, % 50'si rahatsız olmayacağını, % 40'ı ise daha önce uygulanmış gürültü engeli görmedikleri için bilmediklerini ifade etmiştir.

### 5.2.1.1.3 Değerlendirme

Bu anket sonuçlarından da görüldüğü gibi; kişilerin düşünceleri, içinde buldukları koşullara bağlı olarak değişmektedir. Ancak gürültüden etkilenme konusunda verilen ortak cevaplar, rahatsızlığın ciddi boyutta olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle, anket sonuçlarına göre saptanan verilerinin, nesnel değerlendirmelerle de desteklenmesi gerekmektedir.

Gerçekleştirilen anket çalışmasıyla, bölgedeki gürültü sorunu ile ilgili olarak bölgede yaşayan kişilerin, büyük ölçüde bölgedeki gürültüden rahatsızlık duyduğu, gürültüden etkilenmenin zaman içinde artış gösterdiği, rahatsızlığın akşam saatlerinde arttığı ve açık alanlarda daha fazla etkili olduğu ortaya çıkmıştır.

Ayrıca bölgede yaşayan insanların eğitim düzeylerinin yüksek olması ile bağlantılı olarak, gürültü engeli tanımını bilen kişi sayısının, oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Gürültü engelinin bölgedeki gürültüyü azaltacağına inananlar ile engelin yapımından rahatsızlık duymayacağını belirtenlerin sayısının fazla olması, toplumun gürültü sorununun farkına vararak tepki verebildiğinin görülmesi açısından da son derece yararlı olmuştur.

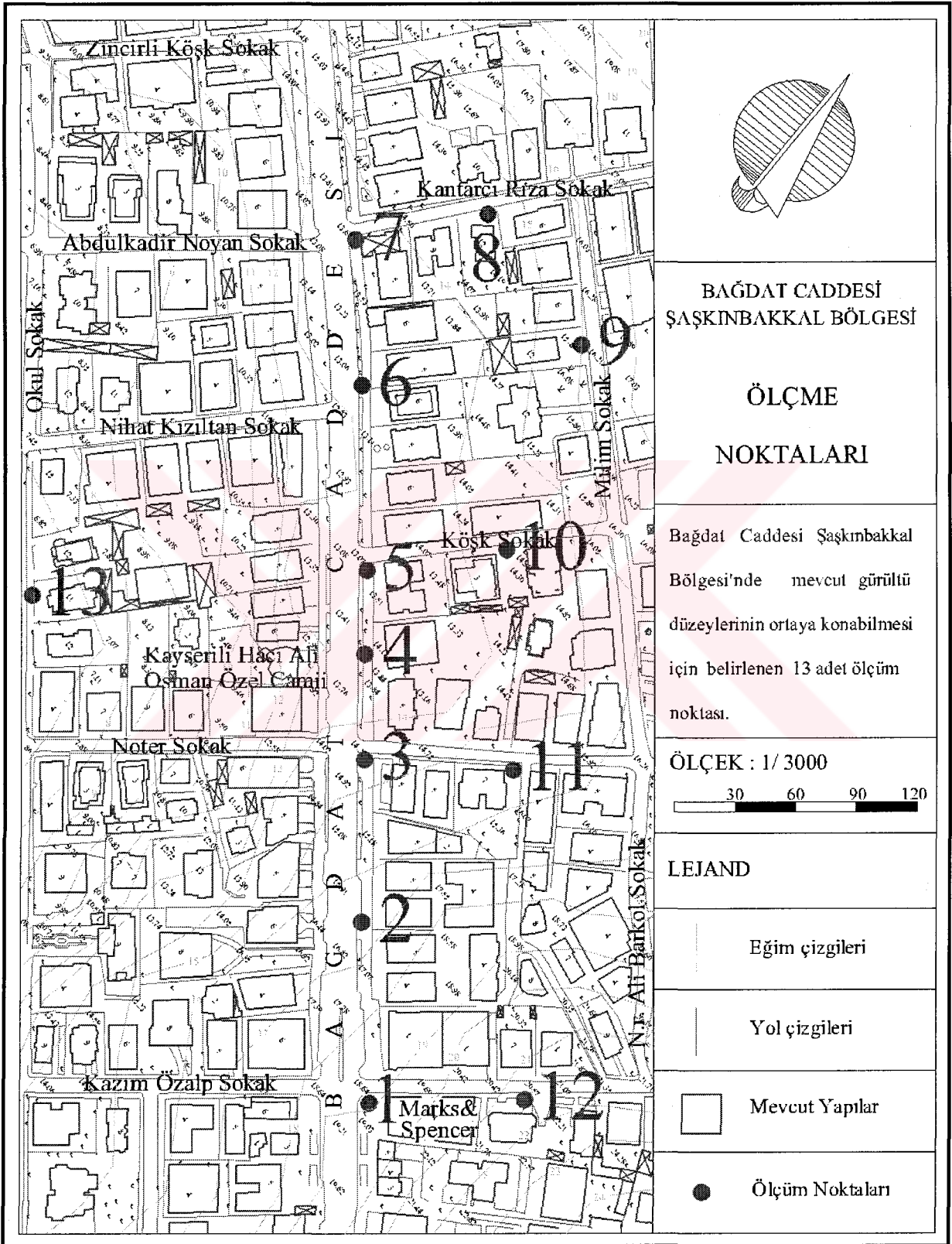
### 5.2.1.2 Nesnel Değerlendirmeler

Çevre gürültüsü ile ilgili kentsel, çevresel ve bölgesel etkenlere bağlı olarak mevcut durumun ortaya konması için, gereken ölçmelere başlamadan önce, çevre ve fon gürültüleri ile ilgili olan ulusal ve uluslar arası gürültü standartları ve yönetmelikleri incelenmiş daha sonra, gürültü kaynağı tanımlanmıştır. Ardından bu bölgeye yönelik olarak gürültü ölçmeleri gerçekleştirilmiş ve bölgenin gürültü haritaları oluşturulmuştur (Kurra, 2000).

#### 5.2.1.2.1 Gürültü Ölçmeleri

Çalışmanın amacına bağlı olarak, ölçmelerin hangi noktalarda yapılması gerektiğinin saptanabilmesi için, ilgili belediyeden ve bürolardan halihazır haritalar edinilmiş ve bu haritalar üzerinde, bölgenin boyutuna bağlı olarak, 13 adet ölçme noktası saptanmıştır. Ölçme noktaları Bağdat Caddesi'ndeki ve tali sokaklardaki gürültü ile ilgili verileri tespit etmek üzere, cadde üzerindeki adaların başlangıç ve bitiş köşeleri ile ortalarına karşılık gelecek şekilde seçilmiştir. Bu noktalardaki elemanların tanımı, zemin yüzeyinin fiziksel özellikleri, malzemesi ve topoğrafik yapısı gibi ölçme noktalarına ilişkin analizler yapılmıştır (Ek 3; Karabiber, 1990; 1992; Avlar, 1999; Alkan, 2003; Özen, 2003; Tosun vd., 2003).

Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'ndeki gürültünün belirlenmesine yönelik olarak seçilen ölçme noktaları, Şekil 5.12'de bölgenin 1 / 3000 ölçekli haritası üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 5.12 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nde gürültünün belirlenmesine yönelik olarak seçilen ölçme noktaları

Ölçmeler, 26 Nisan 2004 tarihinde, ISO 1996 – 1 (TS – 9315) standardına uygun olarak, Brüel&Kjaer Type 2236 ses düzeyi ölçer ile gerçekleştirilmiştir. Ölçmelere başlanmadan önce ses düzeyi ölçerin pillerinin kontrolü yapılmış ve ses düzeyi ölçer kalibre edilmiştir. Zeminden 1.5 m yükseklikte gerçekleştirilen ölçmelerde, rüzgarlık kullanılmıştır. Ölçme sırasındaki hava koşulları da aşağıda belirtildiği gibidir.

- Hava sıcaklığı : 13°C
- Nem : ~ % 60
- Yağış : yok
- Rüzgar hızı : < 5 m/sn.

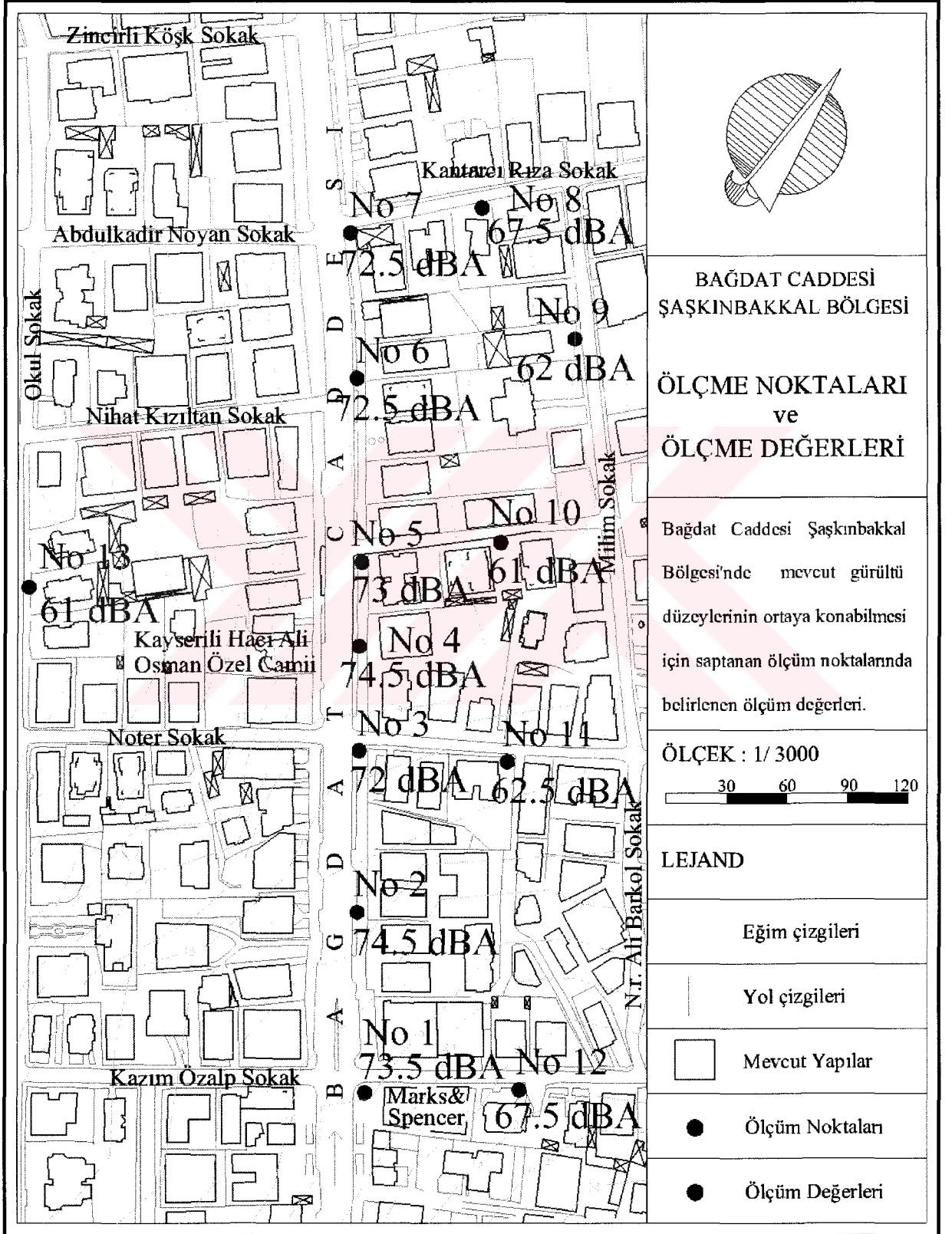
Ölçmeler, belirlenen bütün ölçme noktaları için, on dakikalık sürelerle üç kez tekrar edilmiş,  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  parametreleri A ağırlıklı olarak ölçülmüştür. Bölgenin trafik yoğunluğu hemen her saatte fazla olduğu için, ölçmeler gündüz zaman dilimini temsil etmek üzere yalnızca sabah saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Gece zaman dilimine yönelik ölçmeler ise 12.00 – 02.00 saatlerinde yapılmıştır.

Belirlenen ölçüm noktalarında kaydedilen  $L_{Aeq}$  gürültü düzeyleri ayrı olarak Çizelge 5.1'de yer almaktadır.

Çizelge 5.1 Ölçüm noktalarında kaydedilen ölçme sonuçları

Ölçme Yerinin Numarası	Gürültü Düzeyi dB(A)
1	73.5
2	74.5
3	72
4	74.5
5	73
6	72.5
7	72.5
8	67.5
9	62
10	61
11	62.5
12	67.5
13	61

Belirlenen ölçme noktaları ve bu noktalarda ölçülen değerler, bölgenin Şekil 5.13'de yer alan 1/3000 ölçekli haritası üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 5.13 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nde gerçekleştirilen ölçme sonuçları

Ayrıca bölgede kişilerin etkilendiği gürültü düzeylerinin saptanmasının yanı sıra, bu noktalarda frekanslara bağlı olarak  $L_{Aeq}$  gürültü düzeyleri ölçülmüştür. Bu ölçmeleri örneklemek amacıyla 1 numaralı noktadaki frekanslara göre ölçülen  $L_{Aeq}$  gürültü düzeyleri Çizelge 5.2’de yer almaktadır.

Çizelge 5.2 1 Numaralı Noktada Ölçülen Gürültü Düzeyi dB(A)

Frekans (Hz)	1 Numaralı Noktada Ölçülen Gürültü Düzeyi dB(A)
125	66
250	67
500	69.5
1000	66.5
2000	62
4000	57.5

Bu ölçüm sonuçlarından da görüldüğü gibi, cadde üzerindeki ölçüm noktalarındaki gürültü düzeyi ortama 73 dB(A), ara sokaklardaki noktalarındaki gürültü düzeyi ise caddenin yoğunluğuna bağlı olarak ortalama 61 – 68 dB(A) arasında değişmektedir.

#### 5.2.1.2.2 Gürültü Haritaları

Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi’nde gürültüden etkilenen kişi sayısının, yapı sayısının ve alan büyüklüğünün belirlenerek, gürültü sorununun boyutlarının ortaya konabilmesi için gerçekleştirilen gürültü ölçmelerinin yanı sıra, gürültü haritaları oluşturulmuştur. Bu bölgede dahil olmak üzere seçilen üç örnek alanın gürültü haritalarının oluşturulmasında, uluslararası kullanımı oldukça yaygın olan SoundPLAN simülasyon programı kullanılmıştır (Ek 4).

Bu programla, gürültü haritalarının hazırlanması dışında, yapı yüzeylerinde istenen noktalarda oluşan gürültü düzeylerinin saptanması, engel tasarımının yapılması mümkün olduğu gibi, kaynak ses düzeylerinin (emisyon) değişik standartlara bağlı olarak hesaplanması da mümkündür. Örneğin karayolu gürültü kaynakları için, RVS/Dienstanweisung, RLS 90/DIN 18005, Statens Planverk 48, Model from EMPA, CoRTN ve Federal Highway Model; demiryolu gürültü kaynakları için, ÖAL 30, Schall 03, KILDE 130 ve CoRTN; endüstri gürültü kaynakları için, ÖAL 28, VDI 2714/VDI 2720, General Prediction Method for Industrial Plants, CONCAWE ve ISO 9613 Part 2, havayolu gürültü kaynakları içinse, AzB ve DIN 42643 gibi standartlar kullanılabilir (Anon, 1998).

Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi de dahil olmak üzere bütün çalışma alanlarında, bu program yardımıyla, gürültü haritalarının hazırlanmasında toplanan veriler ve edilen kabuller aşağıda yer almaktadır.

- Gürültü kaynağının ses düzeylerinin (emisyon değerlerinin) hesaplanmasında daha fazla veriyi değerlendirmesi nedeniyle, RLS 90 standardı kullanılmıştır.
- Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Mevkii'nin 1/1000 ölçekli halihazır haritaları ilgili belediye ve kurumlardan edinilmiş (NetCAD ve AutoCAD uzantılı olarak) ve "Bitmap" uzantılı bir dosya haline getirilerek (Photoshop 6.0 programı yardımıyla), SoundPLAN programına aktarılmıştır.
- Öncelikle alana ilişkin kotlar ve arazinin eğimi, eğim çizgileri oluşturmak suretiyle programa girilmiştir. Ardından her yapıya, her farklı nitelikteki alana ve alıcılara ilişkin kat yüksekliği, yükseklik, biçim, boyut gibi belirleyici bütün özellikler, bu plan üzerinde tanımlanarak programa aktarılmıştır.
- Bağdat Caddesi'ne ve çevredeki ara yollara ilişkin veriler, gerçekleştirilen ölçmeler, gözlemler ve bugüne kadar bölgeye ilişkin gerçekleştirilen çalışmalar yardımıyla belirlenmiştir. Bağdat Caddesi'nde gerçekleştirilen gözlemlere göre, araç yoğunluğu yıl içinde zamana bağlı olarak önemli bir değişim göstermemektedir. Caddeden günde ortama 20.000 araç geçmektedir.
- Gürültü haritalarının hazırlanmasına ilişkin olan TS – 9798 (ISO 1996/2) standardında, gürültü haritalarının yerden 4.0 m. yükseklikte hazırlanması önerilmesine rağmen bu çalışmada, engel etkinliğinin daha net bir şekilde ortaya konabilmesi için, gündüz ve gece gürültü düzeylerini gösteren gürültü haritaları, zeminden 3.0 m. yükseklik için oluşturulmuştur.
- Gürültü düzeylerine bağlı olarak gürültü haritalarındaki gürültü bölgelerinin renklendirilmesi veya taraması ile ilgili olan ISO 1996/2 (TS – 9798) renklendirme standardı, Çizelge 5.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.3 Gürültü haritalarındaki gürültü bölgelerinin renklendirmesi

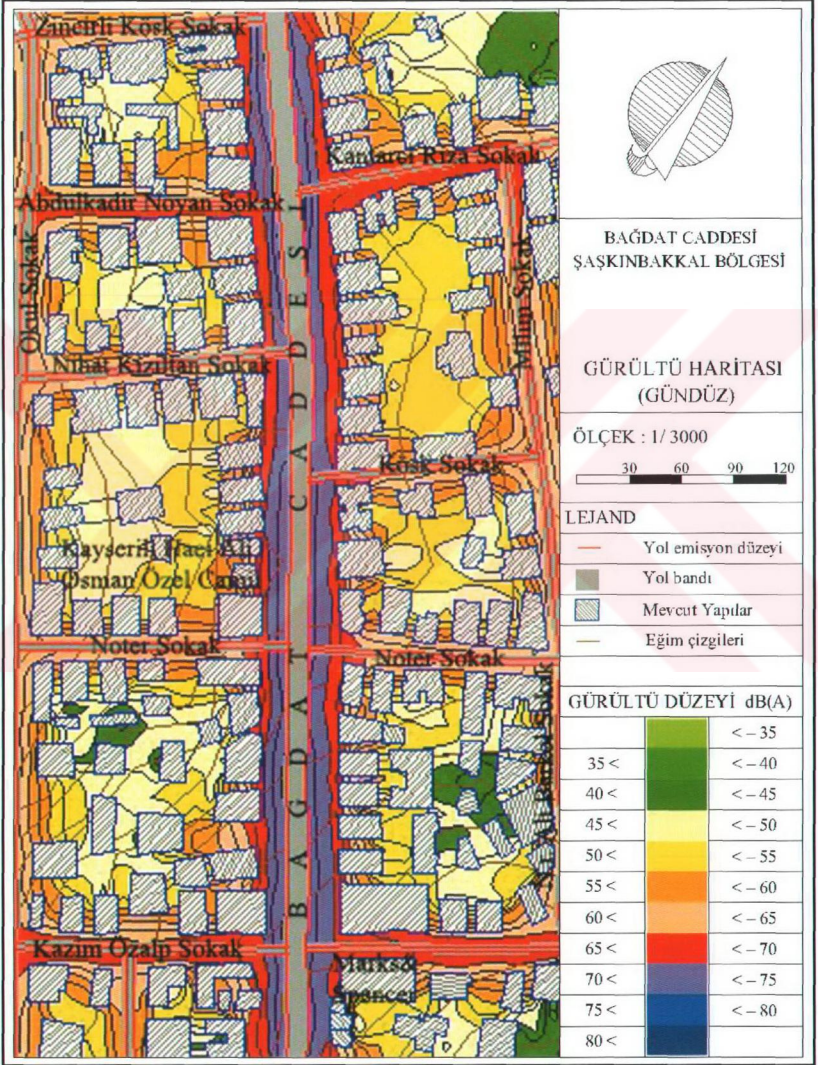
Gürültü Bölgesi (dB)	Renk	Tarama
35 altı	Açık yeşil	Küçük noktalar, düşük yoğunluk
35 – 40	Yeşil	Orta büyüklükte noktalar, orta yoğunluk
40 – 45	Koyu yeşil	Büyük noktalar, yüksek yoğunluk
45 – 50	Sarı	Yatay çizgiler, düşük yoğunluk
50 – 55	Koyu sarı	Yatay çizgiler, orta yoğunluk
55 – 60	Turuncu	Yatay çizgiler, yüksek yoğunluk
60 – 65	Zincifre	Çapraz tarama, düşük yoğunluk
65 – 70	Kızıl	Çapraz tarama, orta yoğunluk
70 – 75	Açık mor	Çapraz tarama, yüksek yoğunluk
75 – 80	Mavi	Geniş yatay şeritler
80 üstü	Koyu mavi	Tamamen siyah

Ancak bu çalışmada, yapılar ve yüzeyler belirli biçimlerde taranarak ifade edildiğinden birbirine karışmaması için, gürültü bölgelemeleri, renklendirme yöntemiyle yapılmıştır. Bununla birlikte bu renklerden zincifre ve kızıl birbirine çok yakın renkler olduğundan algılamada kolaylık sağlanabilmesi için uygulanan renklendirme Çizelge 5.4'de yer almaktadır.

Çizelge 5.4 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin gürültü haritalarında uygulanan gürültü bölgelerinin renklendirmesi

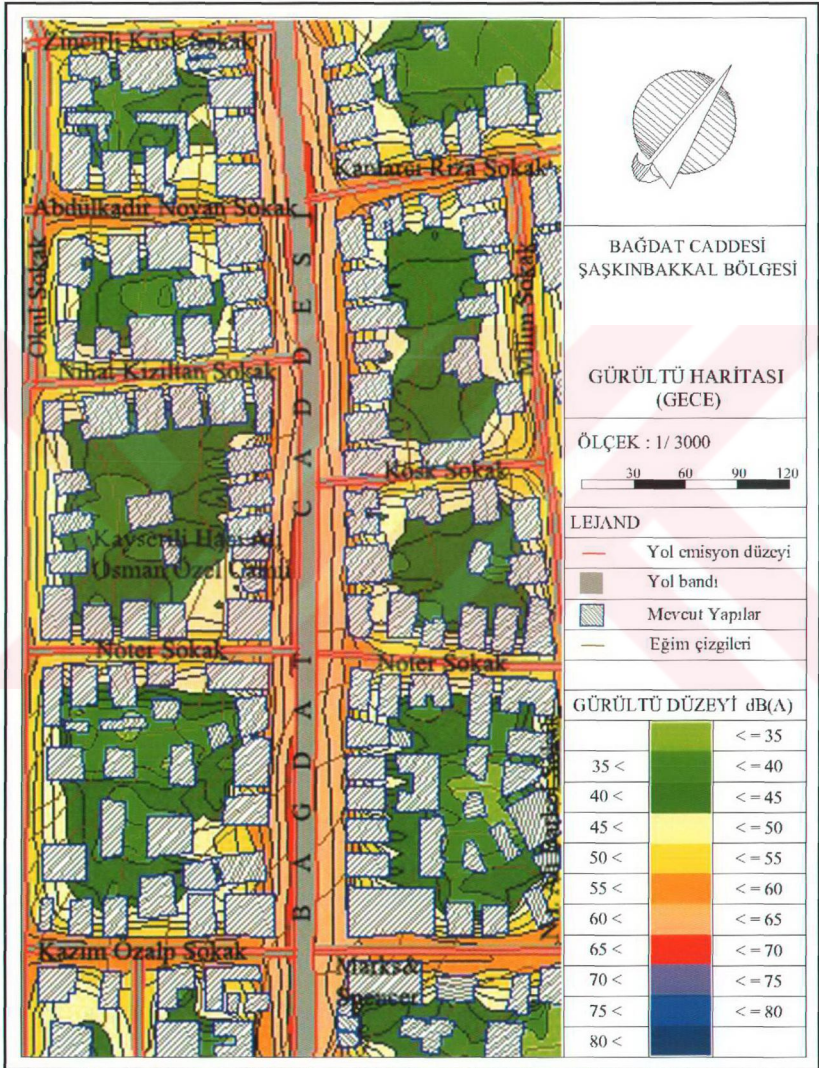
Gürültü Bölgesi (dB)	Renk
35 altı	Açık yeşil
35 – 40	Yeşil
40 – 45	Koyu yeşil
45 – 50	Sarı
50 – 55	Koyu sarı
55 – 60	Turuncu
60 – 65	Yavruağzı
65 – 70	Kırmızı
70 – 75	Açık mor
75 – 80	Mavi
80 üstü	Koyu mavi

Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin yukarıdaki verilere göre gündüz zaman dilimi için oluşturulan gürültü haritası, 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.14'de yer almaktadır.



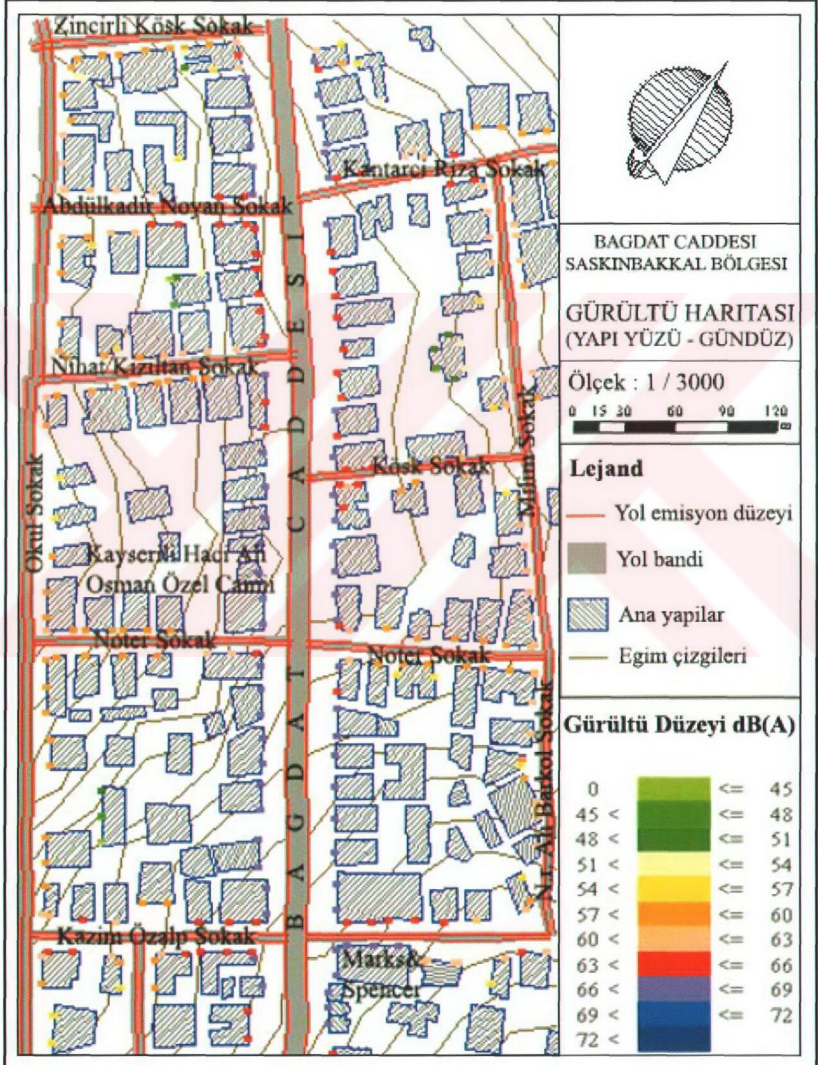
Şekil 5.14 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi Gürültü Haritası (Gündüz)

Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin yukarıdaki verilere göre gece zaman dilimi için oluşturulan gürültü haritası, 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.15'de yer almaktadır.



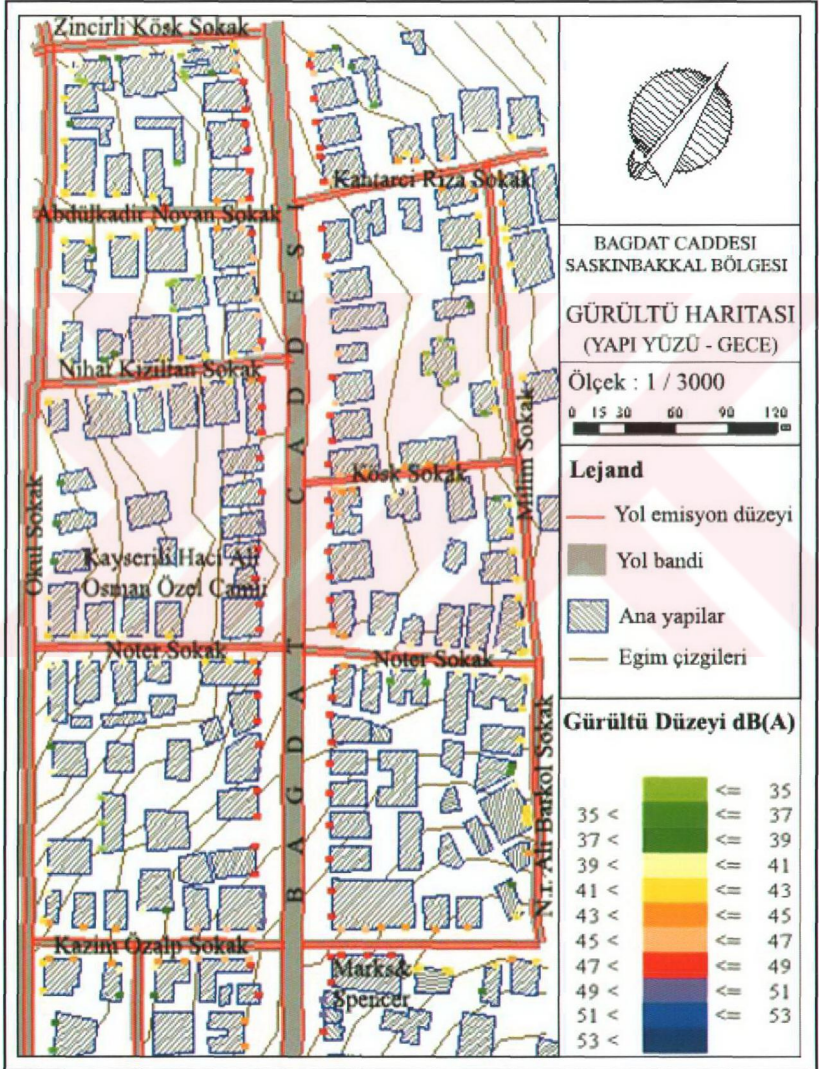
Şekil 5.15 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi Gürültü Haritası (Gece)

Gürültü dağılımlarını gösteren haritaların yanı sıra, yapı cephelerindeki gürültü düzeylerinin belirlenmesi için, belirli aralıklarla bölgeye yerleştirilen alıcı noktaları yardımıyla, yapı yüzü gürültü haritaları da oluşturulmuştur. Bölgenin gündüz zaman dilimi için oluşturulan yapı yüzü gürültü haritası, 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.16'da örneklenmektedir.



Şekil 5.16 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi yapı yüzü gürültü haritası (Gündüz)

Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'ne yerleştirilen alıcı noktalarında yukarıdaki verilere göre gece zaman dilimi için oluşturulan yapı yüzü gürültü haritası ise, 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.17'de örneklenmektedir.



Şekil 5.17 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi yapı yüzü gürültü haritası (Gece)

### 5.2.1.2.3 Değerlendirme

Ölçme sonuçlarıyla ve gürültü haritalarıyla saptanan gürültü düzeyleri karşılaştırıldığında, birbirine oldukça yakın sonuçların elde edildiği görülmektedir. Bu bölümde, bölgenin gürültü açısından mevcut durumunu ortaya koymak amacıyla, daha ayrıntılı değerlendirmeye olanak vermesi nedeniyle, gürültü haritaları kullanılmıştır.

Bölüm 2.4’de yer alan ülkelerin gürültü yönetmeliklerine ek olarak, Çizelge 5.5’de ülkemizde yürürlükte olan Gürültü Kontrol Yönetmeliği, ANSI, WHO gibi kuruluşların yönetmeliklerine göre belirlenen aşılmaması gereken düzeyler ile gürültü haritaları yardımıyla belirlenen mevcut gürültü düzeyleri gösterilmektedir. (Anon 1986b; Rettinger, 1988; Anon, 2000; Akdağ, 2003; )

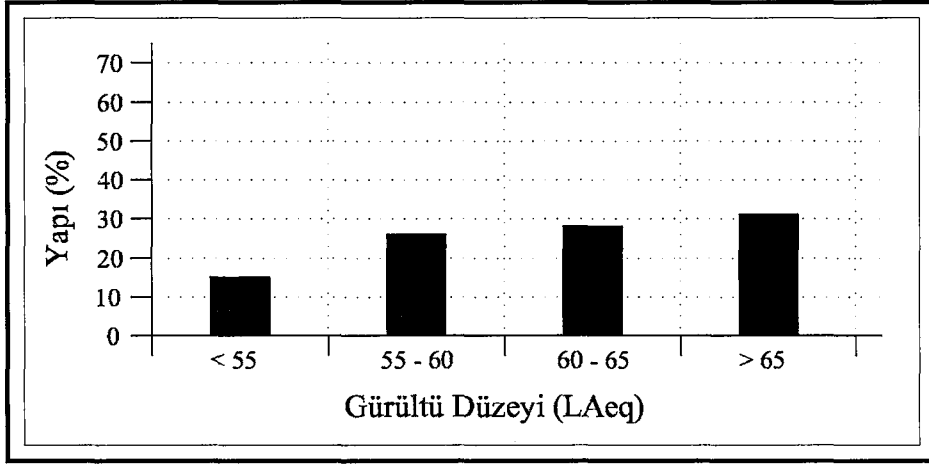
Çizelge 5.5 Alan kullanımlarına bağlı olarak belirlenen aşılmaması gereken ve mevcut dış çevre gürültü düzeyleri ( $L_{Aeq}$ )

Kuruluş Adı	Gündüz		Gece	
	Konut	Ticaret	Konut	Ticaret
WHO	55 $L_{Aeq}$	70 $L_{Aeq}$	45 $L_{Aeq}$	70 $L_{Aeq}$
ANSI	60 $L_{Aeq}$	65 - 70 $L_{Aeq}$	60 $L_{Aeq}$	65 - 70 $L_{Aeq}$
Gürültü Kontrol Yönetmeliği	55 - 60 $L_{Aeq}$	55 - 65 $L_{Aeq}$	40 - 50 $L_{Aeq}$	45 - 55 $L_{Aeq}$
Mevcut Durum	40 - 75 $L_{Aeq}$	40 - 75 $L_{Aeq}$	< 65 $L_{Aeq}$	< 65 $L_{Aeq}$

Ayrıca, Avrupa Komisyonu “Beşinci Çevre Eylem Programı” kapsamında, gürültüden ortalama etkilenmenin 65  $L_{Aeq}$  altında kalması, gürültü düzeylerinin hiçbir noktada, hiçbir zaman 85  $L_{Aeq}$  üzerine çıkmaması ve sakin bölgelerde 55  $L_{Aeq}$ ’yi aşmaması gerektiği konusunda kararlar alınmıştır (Anon, 1996).

Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi’nde gündüz zaman diliminde değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdelisinin belirlenmesinde, caddenin sağ ve sol tarafında bulunan, ilk sıradaki konut, iş merkezi ve alışveriş merkezi gibi farklı fonksiyondaki yapılar değerlendirmeye alınmıştır. Ayrıca, gürültü dağılımlarını gösteren gürültü haritalarındaki düzeylerle, yapı cephelerindeki gürültü düzeylerini gösteren yapı yüzü gürültü haritalarındaki değerler aynı olduğundan ve daha çok veri içerdiğinden, yapılan değerlendirmelerde, gürültü dağılımlarını gösteren gürültü haritaları göz önünde bulundurulmuştur.

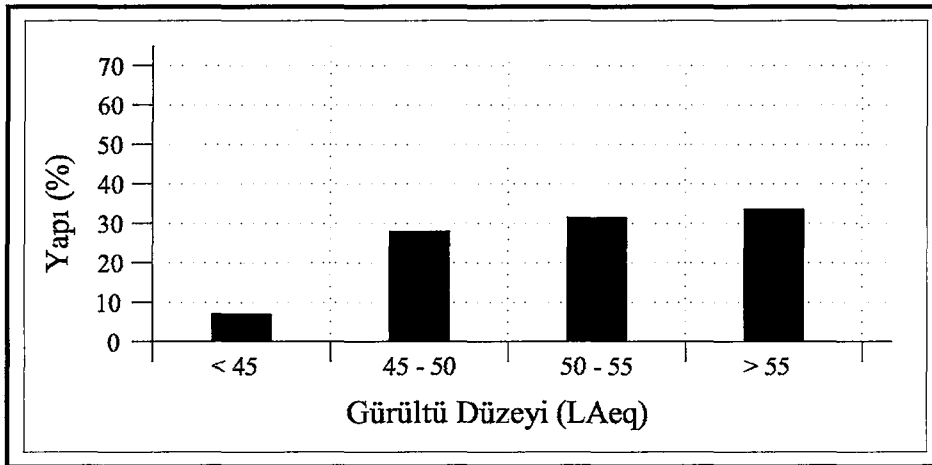
Bölgenin gündüz zaman dilimi için oluşturulan gürültü haritaları yardımıyla saptanan, değişik gürültü düzeylerinden etkilenme yüzdeleri Şekil 5.18'de yer almaktadır.



Şekil 5.18 Gündüz zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri

Şekil 5.18'deki grafikte de görüldüğü gibi, gündüz zaman diliminde yapıların sadece % 15'i kabul edilebilir limit değer olan 55 dBA'nın altındaki gürültüden etkilenirken, % 26'sı 55-60 dBA arasındaki gürültü düzeyinden, % 28'i 60-65 dBA arasındaki gürültü düzeyinden, % 31'i ise 65 dBA üzerindeki gürültü düzeyinden etkilenmektedir.

Aynı alandaki yapıların, gece zaman dilimi için oluşturulan gürültü haritaları yardımıyla saptanan değişik gürültü düzeylerinden etkilenme yüzdeleri Şekil 5.19'da yer almaktadır.



Şekil 5.19 Gece zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri

Gece zaman diliminde ise, Şekil 5.19'da görüldüğü gibi, yapıların sadece % 7'si WHO tarafından belirlenen kabul edilebilir limit değer olan 45 dBA'nın altında kalan gürültü düzeyinden etkilenirken, % 28'i, 45-50 dBA arasındaki gürültü düzeyinden, % 31.5'i 50-55 dBA arasındaki gürültü düzeyinden, % 33.5'i ise kabul edilemez olarak belirlenen 55 dBA üzerindeki gürültü düzeyinden etkilenmektedir.

Yukarıdaki grafiklerden de görüldüğü gibi, yapılan değerlendirmeler sonucunda, bölgedeki gürültü düzeylerinin özellikle gündüz zaman diliminde, kabul edilebilir dış çevre gürültü limit değerlerini aştığı, bölgedeki yapıların ve kişilerin yüksek gürültü düzeylerine maruz kaldığı görülmektedir. Gürültünün olumsuz etkilerinin doğal sonucunda, bu bölgedeki konut yapıları zaman içinde işlevlerini değiştirerek, konut yapılarının yerini alışveriş ve iş merkezleri almaktadır. Yani, bu bölgede bulunan kişiler, gürültü açısından ciddi olarak risk altında olduğu için gürültünün denetlenmesi zorunlu hale gelmektedir. Bu nedenle, bölgede gerekli önlemlerin alınması yoluyla, gürültü düzeylerinin kabul edilebilir gürültü limitlerine yaklaştırılması gerekmektedir.

## **5.2.2 İstanbul – Ankara Asfaltı D-100 (E – 5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi'nin Gürültü Açısından Mevcut Durumu**

Bu bölümde D-100 (E-5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi'nde gürültü açısından mevcut durumun ortaya konması için yapılan çalışmalar ve değerlendirmeler anlatılmaktadır.

### **5.2.2.1 Öznel Değerlendirmeler**

Bölge sakinlerinin mevcut çevre gürültüsüne karşı fizyolojik ve psikolojik tepkileri ile rahatsızlıklarının belirlenebilmesi, sorunlarının giderilebilmesine yönelik çözüm önerilerinin oluşturulabilmesi ve gelecekte yapılması önerilen gürültü engeline ilişkin düşüncelerin öğrenilebilmesi için bu bölgede gözlem ve anket çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

#### **5.2.2.1.1 Gözlemler**

Bölgede gürültünün oluşturduğu rahatsızlığın çok fazla olduğu görülmektedir. Kısa süreli bile olsa yaya kaldırımlarında, sokaklarda ya da okul bahçesi gibi açık alanlarda bulununca, Bölüm 2.2'de yer alan fizyolojik ve psikolojik etkilerin hissedildiği gözlenmektedir. Ayrıca hem açık hem de kapalı alanlarda, kişilerin iletişim güçlükleri yaşaması, okul ve konutlarda fizyolojik ve psikolojik etkiler ile performans değişimlerinin saptanması nedeniyle, bölgedeki gürültünün denetlenmesinin kaçınılmaz olduğu ortaya çıkmaktadır.

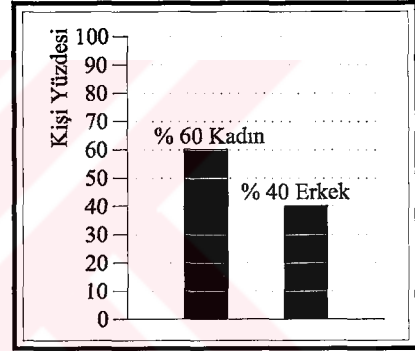
### 5.2.2.1.2 Anket Çalışmaları

İstanbul-Ankara Asfaltı D-100 (E-5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi'ne ilişkin anketler, yaklaşık on dakikalık soru cevap halinde, gelişigüzel örnekleme tekniği kullanılarak, yüz yüze görüşmeler şeklinde gerçekleştirilmiştir. Ancak ankete katılan kişilerin zamanlarının yetersizliği, anketörlere olan güvensizlikleri ve soruların yarattığı kaygılar nedeniyle katılım sınırlı olsa da, bölgede yaşayanların görüşlerini ve beklentilerini yansıttığı için yeterli olmuştur. Anket çalışması kapsamında sorulan sorular ve verilen yanıtların değerlendirilmesi aşağıda yer almaktadır.

D 100 Karayolu Küçükyalı Bölgesi'nde de gerçekleştirilen anket çalışmasında kişisel ve sosyal özelliklere ilişkin yanıtların grafik gösterimi Şekil 5.20'de yer almaktadır.

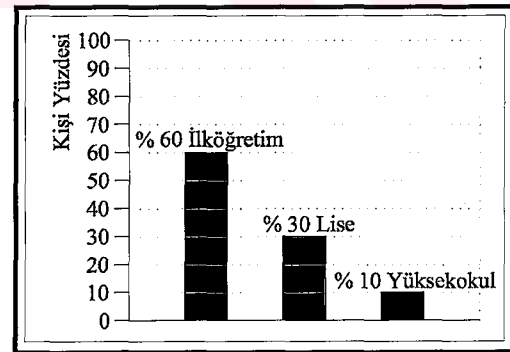
Soru 1) Cinsiyetiniz nedir?

- a) Kadın
- b) Erkek



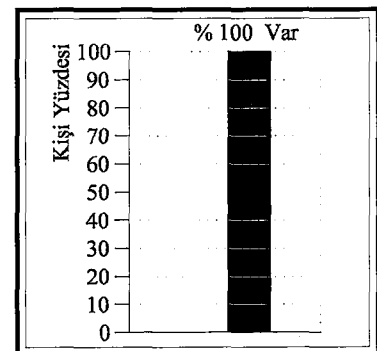
Soru 2) Eğitim durumunuz nedir?

- a) İlköğretim
- b) Lise
- c) Yüksekokul



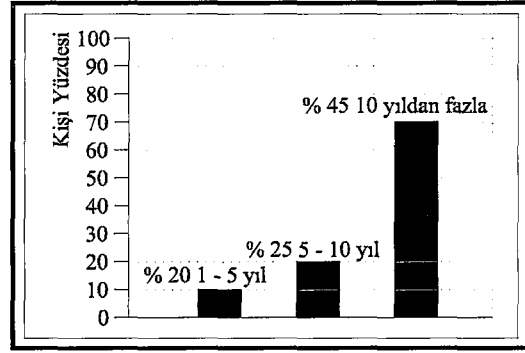
Soru 3) Burada kendinize ait eviniz ya da işyeriniz var mı?

- a) Evet var
- b) Hayır yok



Soru 4) Ne zamandan beri bu bölgede yaşıyorsunuz?

- a) 1 yıldan az
- b) 1 – 5 yıl
- c) 5 – 10 yıl
- d) 10 yıldan fazla



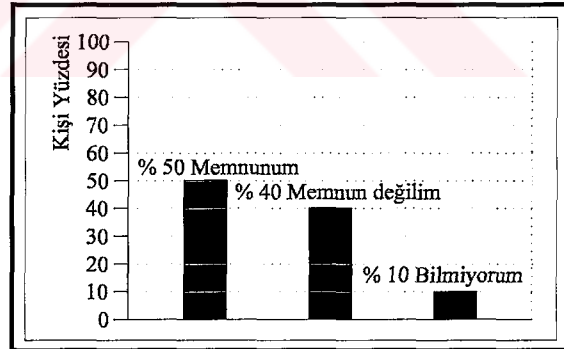
Şekil 5.20 Kişisel ve sosyal özelliklere ilişkin sorulan soruların ve alınan yanıtlar

Yukarıdaki grafiklere göre, cinsiyet dağılımı açısından ankete katılanların % 60'ı kadın, % 40'ı erkektir. Yaş aralığı 25-60 yaş arasında değişmektedir. Anketi yanıtlayanların eğitim düzeyine bakacak olursak, % 60'ı ilkokul, % 30'u lise, % 10'u ise yüksekokul mezunudur. Ayrıca ankete katılanların hepsi o bölgede yaşamakta, bunların da %70'i 10 yıldan fazla süredir, % 20'si 5-10 yıldır, % 10'u ise 1-5 yıldır o bölgede yaşadıklarını belirtmiştir.

Çevreye ilişkin düşüncelerin değerlendirilmesine ilişkin sorulan soruların ve alınan yanıtların grafik gösterimi Şekil 5.21'de yer almaktadır.

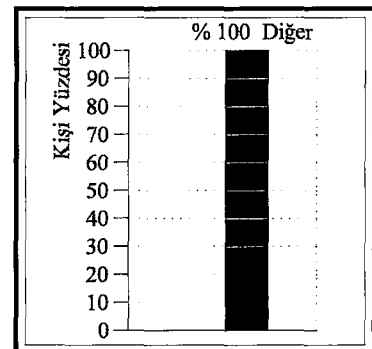
Soru 5) Bu bölgede yaşamaktan memnun musunuz?

- a) Evet memnunum
- b) Hayır memnun değilim
- c) Bilmiyorum



Soru 6) Burayı sevme nedeniniz nedir?

- a) Huzurlu, sakin olması
- b) Sesli, canlı ve gürültülü olması
- c) Diğer.....



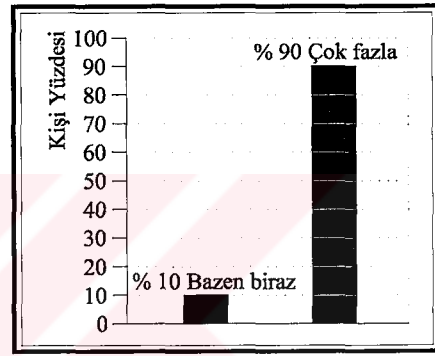
5.21 Çevreye ilişkin düşüncelerin değerlendirilmesi

Anketi yanıtlayanların çevreden hoşnutluğuna ilişkin ortaya çıkan yukarıdaki grafiklere göre, kişilerin % 50'si o bölgede yaşamaktan memnun olduğunu, % 40'ı memnun olmadığını söylemiş, %10'u ise fikir beyan etmemiştir. Ayrıca, katılımcılar bölgeye parasızlık, işsizlik gibi bütçe sorunları yüzünden geldiklerini ve başka çareleri olmadığından alışmak zorunda kaldıklarını belirtmişler, bölgeden memnun olma nedenlerini ise, merkezi olması ve ulaşımın rahat sağlanması olarak açıklamışlardır.

Gürültüden etkilenme faktörlerinin değerlendirilmesine ilişkin sorulan soruların ve alınan yanıtların grafik gösterimi Şekil 5.22'de yer almaktadır.

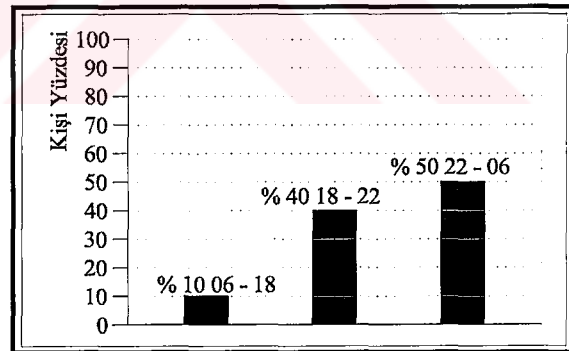
Soru 7) Bu bölgedeki trafik gürültüsü sizi olumsuz etkiliyor mu?

- a) Hiç etkilemiyor
- b) Bazen biraz etkiliyor
- c) Çok fazla etkiliyor



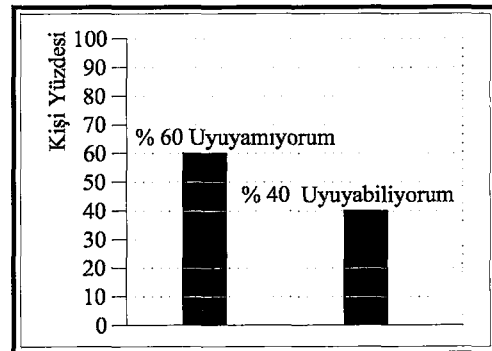
Soru 8) Hangi saatler arasında gürültüden daha fazla etkileniyorsunuz?

- a) 06.00 – 18.00
- b) 18.00 – 22.00
- c) 22.00 – 06.00
- d) Değişiyor, belli bir zamanı yok



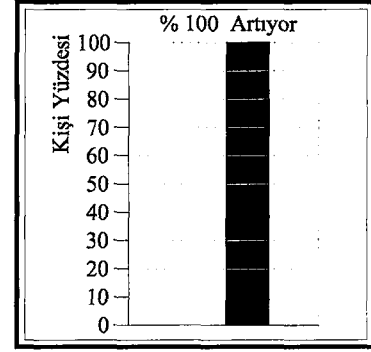
Soru 9) Gürültüden dolayı uyuyamadığınız oluyor mu?

- a) Evet uyuyamıyorum
- b) Hayır uyuyabiliyorum



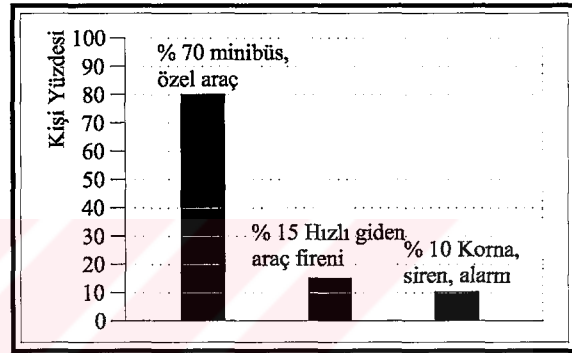
Soru 10) Rahatsızlığınız pencerenin açık ya da kapalı olma durumuna göre değişiyor mu?

- a) Rahatsızlığım artıyor
- b) Rahatsızlığım azalıyor
- c) Bilmiyorum



Soru 11) Karayolu gürültü kaynaklarından hangisinden daha fazla rahatsız oluyorsunuz?

- a) Kamyon / otobüs / minibüs / özel araç /
- b) Hızlı giden araç gürültüsü / fren
- c) Araç kornası, alarmı / polis, ambulans sireni
- d) Araçlarda çalınan müzik ve yüksek sesli insan sesleri



Şekil 5.22 Gürültüden etkilenme faktörlerinin değerlendirilmesine ilişkin sorular ve yanıtlar

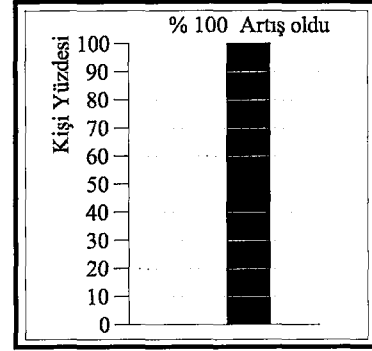
Buna göre, ankete katılanların % 90 gibi büyük çoğunluğu gürültüden çok fazla etkilendiğini, % 10'u ise bazen biraz etkilendiğini dile getirmiştir. Gürültüden etkilenmede zaman faktörüne göre değerlendirildiğinde, yanıtlayanların % 10'u 06.00-18.00 saatleri arasında, % 30'u 18.00-22.00 saatleri arasında, % 60'ı ise 22.00-06.00 saatleri arasında gürültüden daha fazla etkilendiğini söylemiştir. Dolayısıyla ankete katılanların % 60'ı gürültüden dolayı uyuyamadığını, % 40'ı ise gürültüye alıştığını belirterek uyuyabildiğini vurgulamıştır. Ancak ankete katılanların hepsi, rahatsızlıklarının pencerenin açık olduğu durumda arttığı konusunda aynı fikirdeydi.

Genel olarak gürültü kaynaklarından etkilenme durumuna ilişkin soruların ve alınan yanıtların grafiğine bakacak olursak, anketi yanıtlayanların % 70'i kamyon /otobüs /minibüs/ özel araç /motosiklet gürültüsünden daha fazla rahatsız olduğunu, % 15'i hızlı giden araç ve fren sesinden rahatsızlık duyduğunu, % 10'u araç kornası, alarmı, polis sireni gibi gürültüden rahatsızlık duyduğunu, % 5'i ise arabalarda çalınan müzikten ve yüksek sesli konuşmalardan rahatsızlık duyduğunu belirtmiştir.

Çevre gürültüsü ve gürültü engelleri konusunda genel görüşlere ilişkin soruların ve alınan yanıtların grafik gösterimi Şekil 5.23’de yer almaktadır.

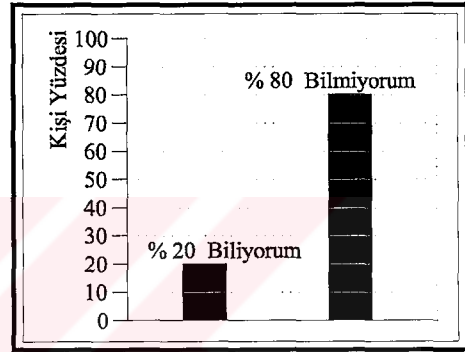
Soru 12) Sizce son 5 yıl içinde bu bölgedeki trafik gürültüsünde artış ya da azalma oldu mu?

- a) Gürültü arttı
- b) Gürültü azaldı
- c) Gürültü değişmedi



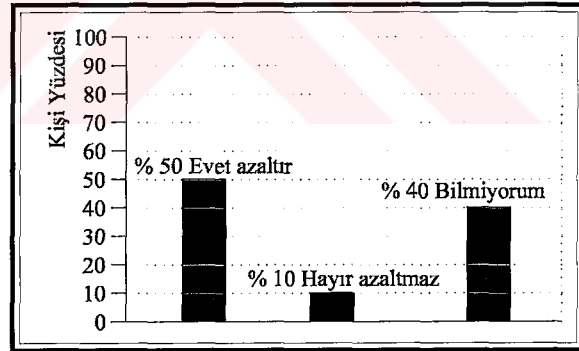
Soru 13) Gürültü engelini ne anlama geldiğini biliyor musunuz?

- a) Evet biliyorum
- b) Hayır bilmiyorum



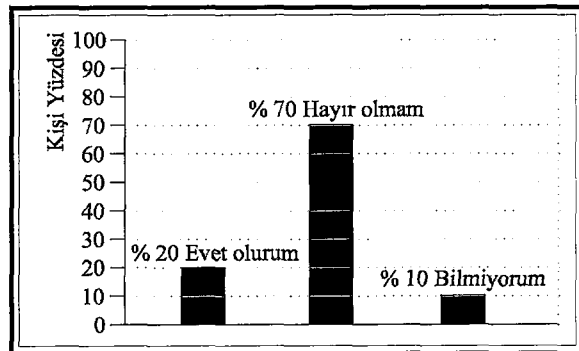
Soru 14) Sizce burada yol kenarına yapılacak olan gürültü engeli gürültüyü azaltır mı?

- a) Evet azaltır
- b) Hayır azaltmaz
- c) Bilmiyorum



Soru 15) Burada bir gürültü engeli yapılırsa bundan rahatsızlık duyar mısınız?

- a) Evet rahatsız olurum
- b) Hayır rahatsız olmam
- c) Bilmiyorum



Şekil 5.23 Gürültü ve gürültü engelleri konusundaki genel görüşlerin değerlendirilmesi

Yukarıdaki grafiklere göre, katılanların tümü son 5 yıl içinde bölgede gürültü düzeyinde artış olduğunu ve engelin gürültü düzeyini azaltacağını söylemiştir. Ayrıca ankete katılanların % 20'si bölgede yapılacak gürültü engelinden rahatsız olacağını, % 70'i rahatsız olmayacağını, % 10'u ise daha önce uygulanmış gürültü engeli görmedikleri için bilmediklerini ifade etmiştir.

### **5.2.2.1.3 Değerlendirme**

Bu anket sonuçlarından da görüldüğü gibi, kişilerin düşüncelerinde, yapısal özellikleri ve koşullarına bağlı olarak ayrımlar gözlenmektedir. Ancak gürültüden etkilenme konusunda verilen ortak cevaplar, rahatsızlığın ciddi bir boyutta olduğunu ortaya koymaktadır.

Gerçekleştirilen anket çalışmasıyla, bölgede yaşayan kişilerin büyük ölçüde gürültüden rahatsızlık duyduğu, gürültüden etkilenmenin zaman içinde artış gösterdiği, rahatsızlığın akşam saatlerinde arttığı ve açık alanlarda daha fazla etkili olduğu ortaya çıkmıştır.

Ayrıca bölgede yaşayan insanların eğitim düzeylerinin düşük olması nedeniyle gürültü engeli tanımını bilen kişi sayısı oldukça az olmasına rağmen, gürültü engelini bölgedeki gürültüyü azaltacağına inananlar ile engelin yapımından rahatsızlık duymayacağını belirtenlerin sayısının fazla olması, toplumun gürültü sorununun farkına vararak tepki verebildiğinin görülmesi açısından da son derece yararlı olmuştur.

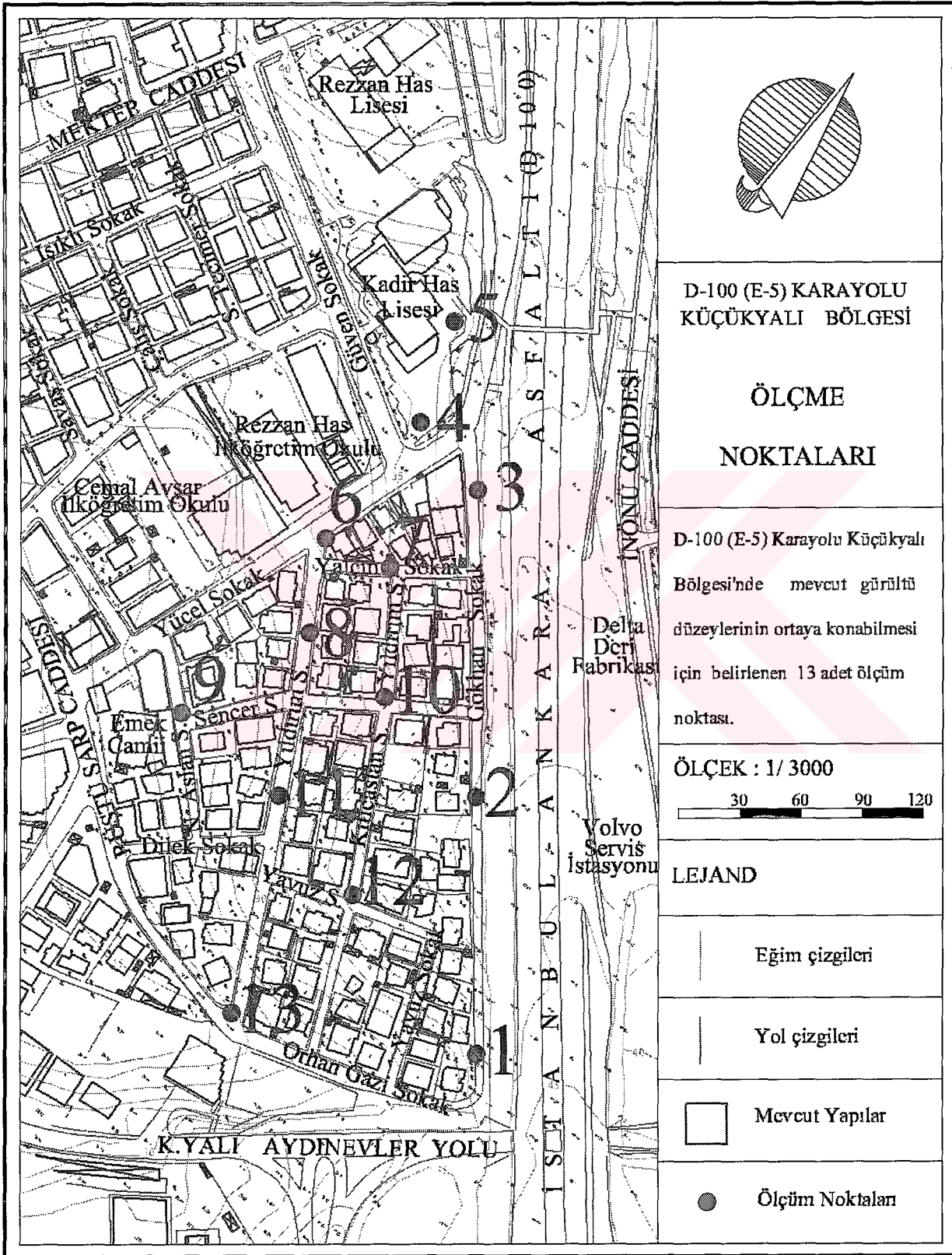
### **5.2.2.2 Nesnel Değerlendirmeler**

Bölgede mevcut durumun ortaya konması için gürültü ölçmeleri gerçekleştirilmiş ve bölgenin gürültü haritaları oluşturulmuştur.

#### **5.2.2.2.1 Gürültü Ölçmeleri**

Çalışmanın amacına bağlı olarak, ölçmelerin hangi noktalarda yapılması gerektiğinin saptanabilmesi için, ilgili belediyeden ve bürolardan halihazır haritalar edinilmiş ve bu haritalar üzerinde, bölgenin boyutuna bağlı olarak, 13 adet ölçme noktası saptanmıştır. Ölçme noktaları D-100 (E-5) Karayolu'nun sol tarafındaki yapıların konumuna göre, sokakların köşelerine ve ortalarına denk gelecek biçimde yerleştirilmiş, bu noktalardaki elemanların tanımı, zemin yüzeyinin fiziksel özellikleri, malzemesi ve topoğrafik yapısı gibi ölçme noktalarına ilişkin analizler yapılmıştır.

D-100 Karayolu Küçükalyalı Bölgesi'ndeki gürültünün saptanmasına yönelik olarak belirlenen ölçme noktaları, Şekil 5.24'de bölgenin 1 / 3000 ölçekli haritası üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 5.24 D-100 (E-5) Karayolu Küçükalyalı Bölgesi'nde gürültünün belirlenmesine yönelik olarak seçilen ölçme noktaları

Ölçmeler 26 Haziran 2004 tarihinde, Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin gürültü ölçmeleri için kullanılan aletle, aynı biçimde, zeminden 1.5 m yükseklikte, rüzgarlık kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu bölgede de trafik yoğunluğu hemen her saatte fazla olduğu için, ölçmeler gündüz zaman dilimini temsil etmek üzere yalnızca sabah saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Gece zaman dilimine yönelik ölçmeler ise 12.00 – 02.00 saatlerinde yapılmıştır. Ölçme sırasındaki hava koşulları da aşağıda belirtildiği gibidir.

- Hava sıcaklığı : 18°C
- Nem : ~ % 65
- Yağış : yok
- Rüzgar hızı : < 5 m/sn.

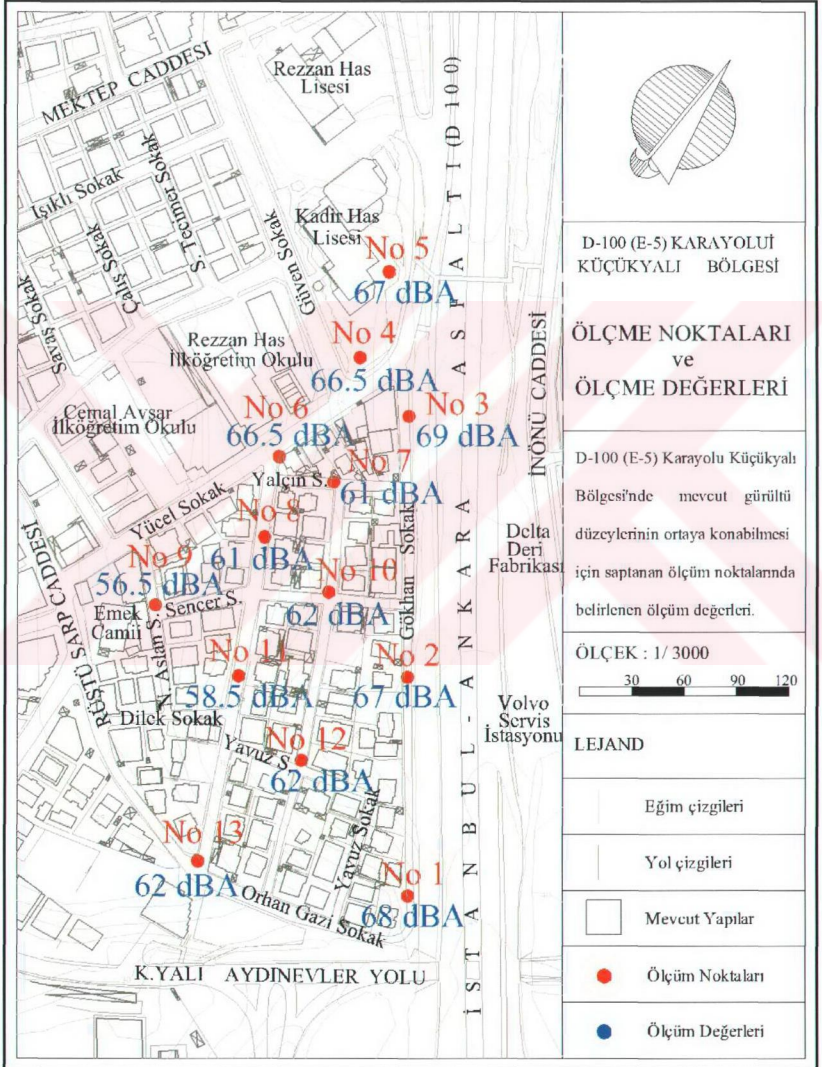
Bu ölçüm noktalarında kaydedilen  $L_{Aeq}$  gürültü düzeyleri ayrı olarak Çizelge 5.6'da yer almaktadır.

Çizelge 5.6 Bölgedeki ölçüm noktalarında kaydedilen ölçme sonuçları

Ölçme Yerinin Numarası	Gürültü Düzeyi dB(A)
1	68
2	67
3	69
4	66.5
5	67
6	66.5
7	61
8	61
9	56.5
10	62
11	58.5
12	62
13	62

Bu ölçüm sonuçlarından da görüldüğü gibi, İstanbul-Ankara Asfaltı D-100 (E-5) Karayolu üzerinde belirlenen ölçüm noktalarındaki gürültü düzeyi ortama 67 – 69 dB(A) arasında değişmekte, ara sokaklarda belirlenen noktadaki gürültü düzeyi ise yolların yoğunluğuna bağlı olarak ortalama 56.5 – 66.5 dB(A) arasında değişmektedir.

Belirlenen ölçme noktaları ve bu noktalarda ölçülen değerler, bölgenin Şekil 5.25'de yer alan 1/3000 ölçekli haritası üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 5.25 D-100 (E-5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi gürültü ölçüm sonuçları

Bölgede ayrıca belirlenen ölçme noktalarda frekanslara bağlı olarak  $L_{Aeq}$  gürültü düzeyleri de ölçülmüştür. Bu ölçmeleri örneklemek amacıyla, 2 numaralı noktadaki frekanslara göre ölçülen  $L_{Aeq}$  gürültü düzeyleri Çizelge 5.7’de yer almaktadır.

Çizelge 5.7 2 Numaralı Noktada Ölçülen Gürültü Düzeyi dB(A)

Frekans (Hz)	2 Numaralı Noktada Ölçülen Gürültü Düzeyi dB(A)
63	79.4
125	73.8
250	64.7
500	63
1000	61.7
2000	59.5
4000	51
8000	38

Gürültü düzeylerinin,  $L_{Aeq}$  parametresiyle belirlenmesinin yanı sıra, ölçme noktalarında A ağırlıklı olarak ölçülen  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  parametreleri de, Çizelge 5.8’de gösterilmektedir.

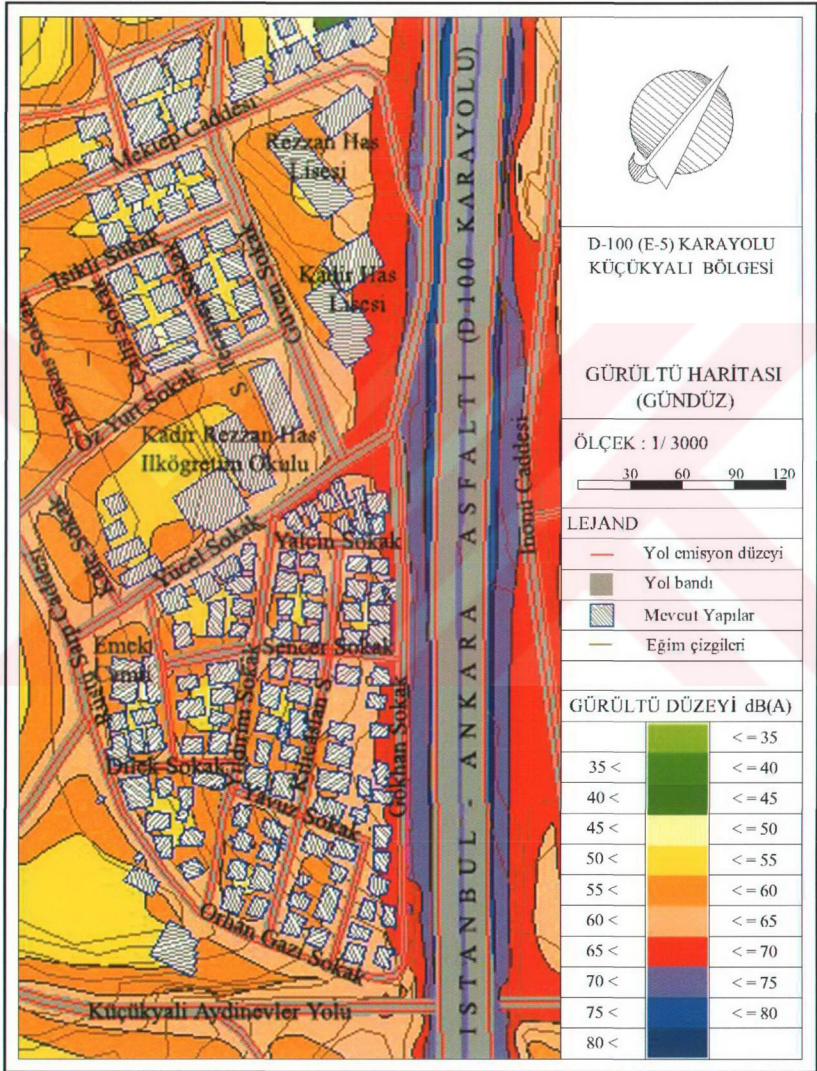
Çizelge 5.8 Bütün ölçme noktalarda A ağırlıklı olarak ölçülen  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  parametreleri

Nokta	$L_{10}$	$L_{50}$	$L_{90}$
3	72	69	67.5
4	69	68	68
6	67.5	61	59.5
7	61	58	57.5
9	61	56	54.5
10	62.5	60	59.5
11	61	56.5	55
12	62.5	61	60
13	63	60.5	59.5

#### 5.2.2.2.2 Gürültü Haritaları

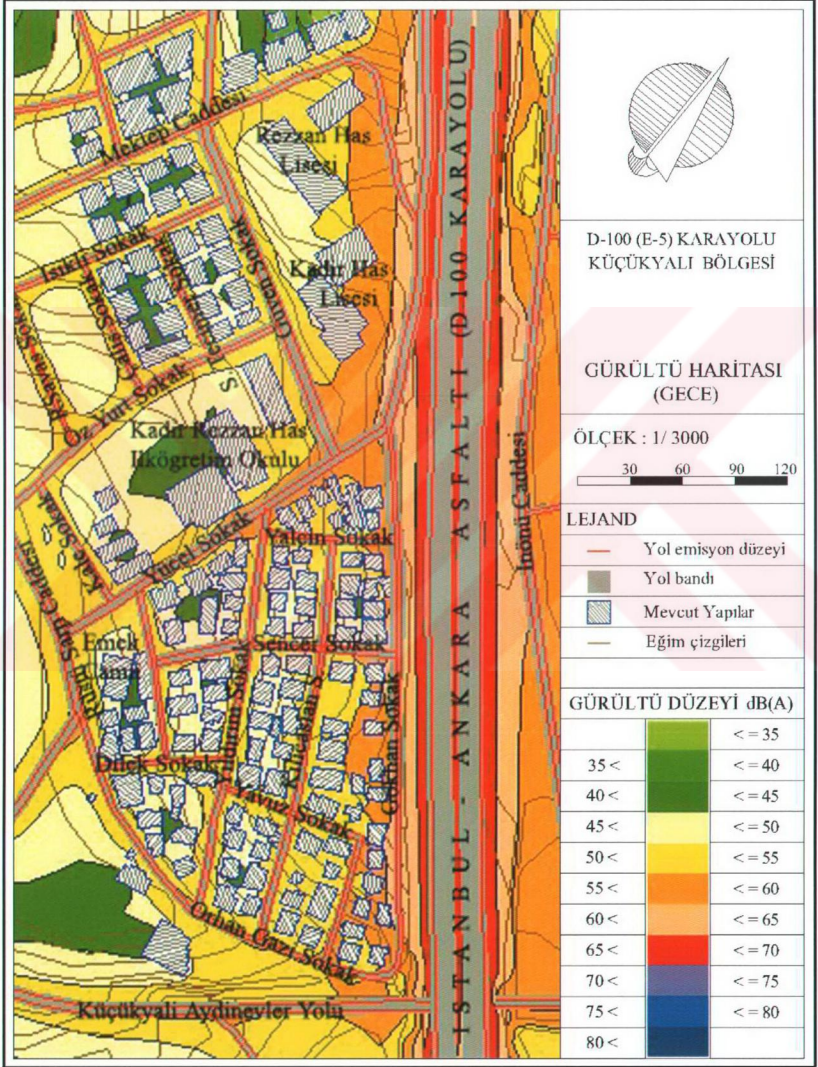
D-100 Karayolu Küçükyalı Bölgesi’nde gürültüden etkilenen kişi sayısının, yapı sayısının ve alan büyüklüğünün belirlenerek, gürültü sorununun boyutlarının ortaya konabilmesi için gerçekleştirilen gürültü ölçmelerinin yanı sıra, yine SoundPLAN simülasyon programı yardımıyla, diğer çalışma alanında olduğu gibi, yerden 3 m. yükseklik için, aynı renklendirme sistemi kullanılarak, gürültü haritaları oluşturulmuştur. Bölgeye yönelik edilen kabuller diğer bölgeyle aynıdır. Ancak, Küçükyalı Bölgesi’nde gerçekleştirilen gözlemlere göre, araç yoğunluğu yıl içinde zamana bağlı olarak önemli bir değişim göstermemekte, caddeden günde ortama 40.000 araç geçmektedir.

D-100 (E-5) Karayolu Küçükaly Bölgesi'nin yukarıdaki verilere göre gündüz zaman dilimi için oluşturulan gürültü haritası, 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.26'da gösterilmektedir.



Şekil 5.26 D-100 (E-5) Karayolu Küçükaly Bölgesi Gürültü Haritası (Gündüz)

D-100 (E-5) Karayolu Küçükaly Bölgesi'nin yukarıdaki verilere göre gece zaman dilimi için oluşturulan gürültü haritası, 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.27'de gösterilmektedir.



Şekil 5.27 D-100 (E-25) Karayolu Küçükaly Bölgesi Gürültü Haritası (Gece)

### 5.2.2.2.3 Değerlendirme

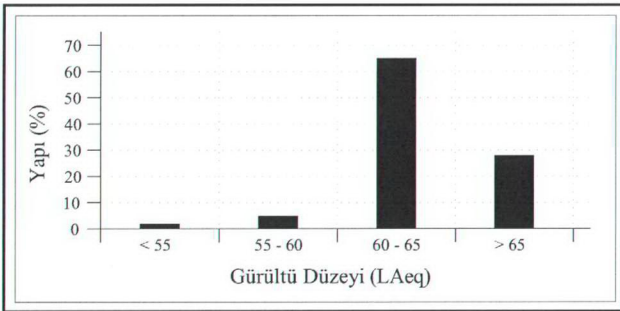
Ölçme sonuçları ve gürültü haritalarıyla saptanan gürültü düzeyleri karşılaştırıldığında, birbirine oldukça yakın sonuçların elde edildiği görülmektedir. Bölgenin gürültü açısından mevcut durumunu ortaya koymak amacıyla, daha ayrıntılı değerlendirmeye olanak vermesi nedeniyle, gürültü haritaları kullanılmıştır.

Bölüm 2.4'de yer alan ülkelerin gürültü yönetmeliklerine ek olarak, Çizelge 5.9'da ülkemizde yürürlükte olan Gürültü Kontrol Yönetmeliği, ANSI, WHO gibi kuruluşların yönetmeliklerine göre belirlenen aşılmaması gereken düzeyler ile gürültü haritaları yardımıyla belirlenen mevcut gürültü düzeyleri gösterilmektedir (Anon 1986b; Rettinger, 1988; Anon, 2000; Akdağ, 2003; ).

Çizelge 5.9 Alan kullanımlarına bağlı olarak belirlenen aşılmaması gereken ve mevcut dış çevre gürültü düzeyleri ( $L_{Aeq}$ )

Kuruluş Adı	Gündüz		Gece	
	Konut	Ticaret	Konut	Ticaret
WHO	55 $L_{Aeq}$	70 $L_{Aeq}$	45 $L_{Aeq}$	70 $L_{Aeq}$
ANSI	60 $L_{Aeq}$	65 - 70 $L_{Aeq}$	60 $L_{Aeq}$	65 - 70 $L_{Aeq}$
Gürültü Kontrol Yönetmeliği	55 - 60 $L_{Aeq}$	55 - 65 $L_{Aeq}$	40 - 50 $L_{Aeq}$	45 - 55 $L_{Aeq}$
Mevcut Durum	40 - 75 $L_{Aeq}$	40 - 75 $L_{Aeq}$	< 65 $L_{Aeq}$	< 65 $L_{Aeq}$

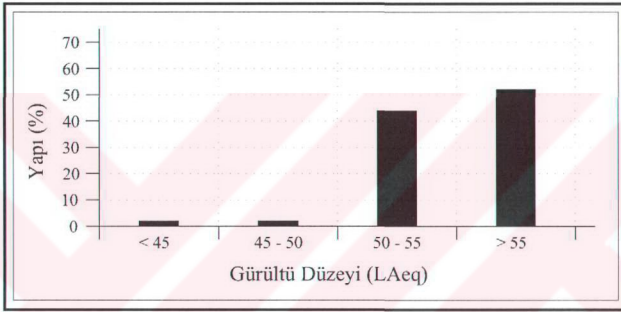
D-100 (E-5) Karayolu Küçükalyal Bölgesi'nde karayolunun sol tarafındaki yapıların gündüz zaman diliminde değişik gürültü düzeylerinden etkilenme yüzdeleri Şekil 5.28'de yer almaktadır.



Şekil 5.28 Gündüz zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri

Şekil 5.28'deki grafikte de görüldüğü gibi, gündüz zaman diliminde yapıların sadece % 2'si kabul edilebilir limit değer olan 55 dBA'nın altındaki gürültüden etkilenirken, % 5'i 55 - 60 dBA arasındaki gürültü düzeyinden, büyük bir çoğunluğu olan % 65'i 60- 65 dBA arasındaki gürültü düzeyinden, % 28'i ise kabul edilemez düzey olan, 65 dBA üzerindeki gürültü düzeylerinden etkilenmektedir.

Aynı alandaki yapıların, gece zaman dilimi için oluşturulan gürültü haritalarından da görülen değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri Şekil 5.29'da yer almaktadır.



Şekil 5.29 Gece zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri

Gece zaman diliminde ise, Şekil 5.29'da görüldüğü gibi, yapıların sadece % 2'si WHO tarafından belirlenen kabul edilebilir limit değer olan 45 dBA'nın altında kalan gürültü düzeyinden etkilenirken, % 2'i 45 - 50 dBA arasındaki gürültü düzeyinden, % 44'ü 50 - 55 dBA arasındaki gürültü düzeyinden, % 52'si ise kabul edilemez düzey olan 55 dBA üzerindeki gürültü düzeyinden etkilenmektedir.

Yukarıdaki grafiklerden de görüldüğü gibi, yapılan değerlendirmeler sonucunda, bölgedeki gürültü düzeylerinin özellikle gündüz zaman diliminde, kabul edilebilir dış çevre gürültü limit değerlerini aştığı, bölgedeki yapıların ve kişilerin yüksek gürültü düzeylerine maruz kaldığı görülmektedir. Bu bölgede bulunan kişiler, gürültü açısından ciddi olarak risk altında olduğu için gürültünün denetlenmesi zorunlu hale gelmektedir. Bu nedenle, bölgede gerekli önlemlerin alınması yoluyla, gürültü düzeylerinin kabul edilebilir gürültü limitlerine yaklaştırılması gerekmektedir.

### 5.2.3 Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'nin Gürültü Açısından Mevcut Durumu

Bu bölümde Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Tesisi'nin gürültü açısından mevcut durumun ortaya konması için yapılan öznel ve nesnel çalışmalar ile değerlendirmelere yer verilmiştir.

#### 5.2.3.1 Öznel Değerlendirmeler

Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'nin çevresinde gerçekleştirilen gözlemlerle, gürültünün oluşturduğu rahatsızlığın çok fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Kısa süreli de olsa, açık havada, terasta ya da havuz kenarında bulunulduğunda, Bölüm 2.2'de yer alan yorgunluk, sıkıntı, baş ağrısı gibi fizyolojik ve psikolojik etkilerin hissedildiği gözlenmektedir.

Ayrıca kişilerin açık alanlarda, hem kendi konuşmalarını hem de karşındakilerin konuşmalarını işitememesi, dinlenme amacıyla havuza gelenlerin, gürültü düzeyine tahammül edememesi ve restoranın bir parçası olarak kullanılan açık teraslarda bulunanların ise, manzaranın etkisine rağmen terasın Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'ne daha uzak olan bölümlerinde oturmayı tercih etmesi, gürültü düzeylerinin kabul edilebilir sınırları aştığını göstermektedir.

Tesisin çevresinde gerçekleştirilen gözlemlerin yanında, tesise gelenlerle gerçekleştirilen karşılıklı konuşmalardan elde edilen yanıtlar da, tesiste ve çevresinde gürültüden rahatsızlığın ciddi bir boyutta olduğunu ortaya koymaktadır. Tesisin açık bölümlerinde gürültüden ciddi oranda etkilenme söz konusudur. Tesisin kapalı bölümlerinde bile özellikle yaz aylarında camların ve kapıların sürekli açık olması nedeniyle gürültüden etkilenmenin arttığı saptanmıştır. Bununla birlikte akşam ve sabah saatlerinde gürültüden etkilenme artış göstermektedir.

Gerçekleştirilen öznel değerlendirmelerle, özellikle tesisin çevresindeki açık alanlarda gürültü düzeylerinin çok yüksek olduğu ve denetim altına alınması gerektiği ortaya çıkmıştır. Havuzun ve terasların kullanımı arttırmak, kişilerin restoranda huzurlu vakit geçirmesini sağlamak, açık ve kapalı alandaki aktivitelerin konfor koşullarında gerçekleştirilmesine olanak tanımak amacıyla, gürültünün denetlenmesi zorunlu hale gelmiştir. Bu değerlendirmeler, sonucu ortaya çıkan veriler, bölgede gerçekleştirilen nesnel değerlendirmelerle de desteklenmiştir.

### 5.2.3.2 Nesnel Değerlendirmeler

Bu bölgede de kentsel, çevresel ve bölgesel etkenlere bağlı olarak mevcut durumun ortaya konması için, gürültü ölçmeleri gerçekleştirilmiş ve bölgenin gürültü haritaları oluşturulmuştur.

#### 5.2.3.2.1 Gürültü Ölçmeleri

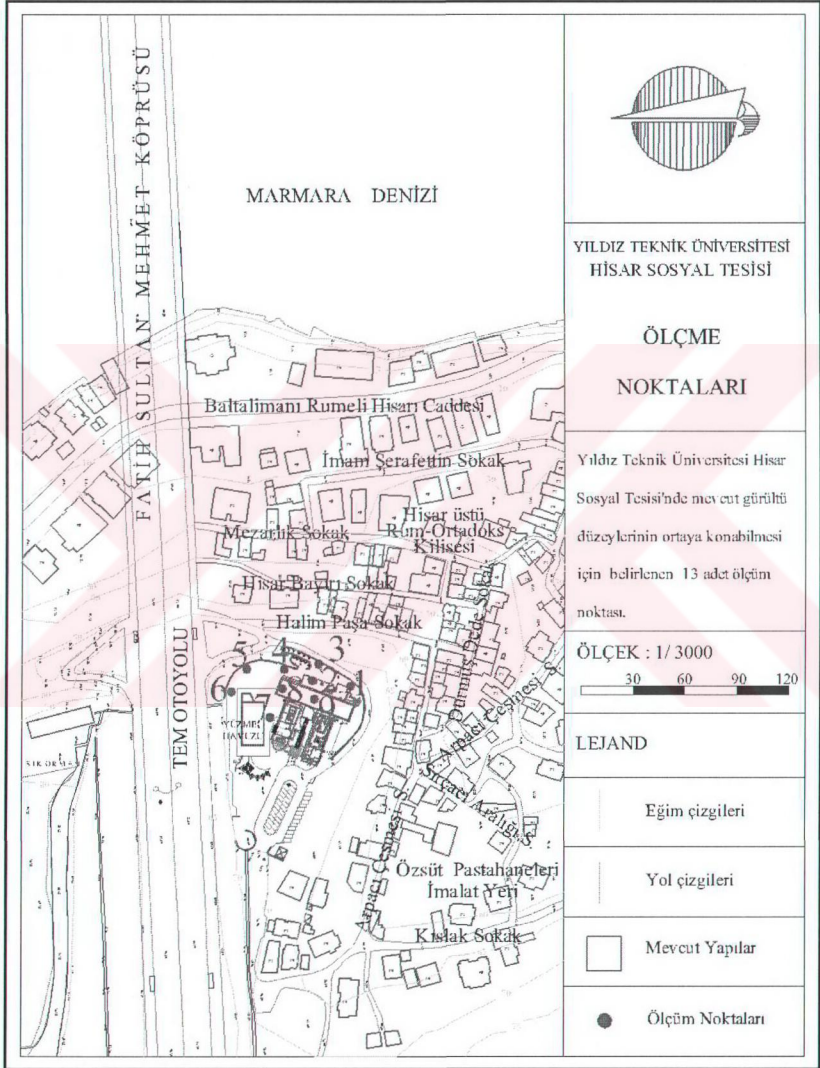
Çalışmanın amacına bağlı olarak, ölçmelerin hangi noktalarda yapılması gerektiğinin saptanabilmesi için, ilgili bürolardan halihazır haritalar edinilmiş ve bu haritalar üzerinde, bölgenin boyutuna bağlı olarak, 9 adet ölçme noktası saptanmıştır. (çalışma alanının tek bir yapı ölçeğinde olması nedeniyle, diğer çalışma alanlarından daha az sayıda ölçme noktası belirlenmiştir.)

Bölgedeki gürültü düzeylerinin belirlenmesine yönelik olarak, Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'nin İstanbul'un Asya ile Avrupa yakasını birbirine bağlayan Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'ne yakın olan açık alanların çevresinde Şekil 5.30'da yer alan, ölçme noktaları seçilmiştir. Noktalar, açık oturma alanların yoğun olarak bulunduğu kısımlarda, havuzun köprüye bakan tarafında, yani tesisin köprüdeki yol trafik gürültüsünden kaynaklanan gürültülerden etkilendiği bölümlerde belirlenmiştir. Bu noktalardaki elemanların tanımı, zemin yüzeyinin fiziksel özellikleri, malzemesi ve topoğrafik yapısı gibi ölçme noktalarına ilişkin analizler yapılmıştır.

Ölçmeler 16 Temmuz 2004 tarihinde, diğer bölgelerin gürültü ölçmelerinde kullanılan aletle, aynı şekilde, zeminden 1.5 m yükseklikte, rüzgarlık kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu bölgenin de trafik yoğunluğu hemen her saatte fazla olduğu için, ölçmeler gündüz zaman dilimini temsil etmek üzere yalnızca sabah saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Gece zaman dilimine yönelik ölçmeler ise 12.00 – 02.00 saatlerinde yapılmıştır. Ölçme sırasındaki hava koşulları da aşağıda belirtildiği gibidir.

- Hava sıcaklığı : 20°C
- Nem : ~ % 70
- Yağış : yok
- Rüzgar hızı : < 5 m/sn.

Belirlenen ölçme noktaları bölgenin Şekil 5.30'da yer alan 1/3000 ölçekli haritası üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 5.30 YTÜ Hisar Sosyal Tesisi'nde gürtültünün belirlenmesine yönelik olarak seçilen ölçme noktaları ölçme sonuçları

Bu ölçüm noktalarında kaydedilen  $L_{Acq}$  gürültü düzeyleri Çizelge 5.10'da yer almaktadır.

Çizelge 5.10 Ölçüm noktalarında kaydedilen ölçme sonuçları

Ölçme Yerinin Numarası	Gürültü Düzeyi dB(A)
1	67
2	73
3	74
4	74.5
5	77
6	75.5
7	73
8	58
9	54

Tesiste kişilerin etkilendiği gürültü düzeylerinin saptanmasının yanı sıra, bu noktalarda frekanslara bağlı olarak ölçülen  $L_{Acq}$  gürültü düzeyleri Çizelge 5.11'de örneklennmektedir.

Çizelge 5.11 2,4,6,8 Numaralı Noktada Ölçülen Gürültü Düzeyi dB(A)

Noktalar	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
2	81	79.6	71.5	70.5	72	67.8	59.4	49.8
4	75	71.8	70.8	69.6	72	65.6	54.4	46.6
6	76.5	75.1	69.5	70.2	72.4	66.7	59.6	50.1
8	65	61	54.2	50.9	53.5	48.2	37.6	26.3

Ölçüm noktalarında A ağırlıklı olarak ölçülen  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  parametreleri, Çizelge 5.12'de örneklennmektedir.

Çizelge 5.12 2,4,6,7,8 noktalarında A ağırlıklı olarak ölçülen  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  parametreleri

Nokta	$L_{10}$	$L_{50}$	$L_{90}$
2	75	74	73.5
4	76	74.5	72
6	76	74.5	73.5
7	73	72.5	71.5
8	59	56.5	55

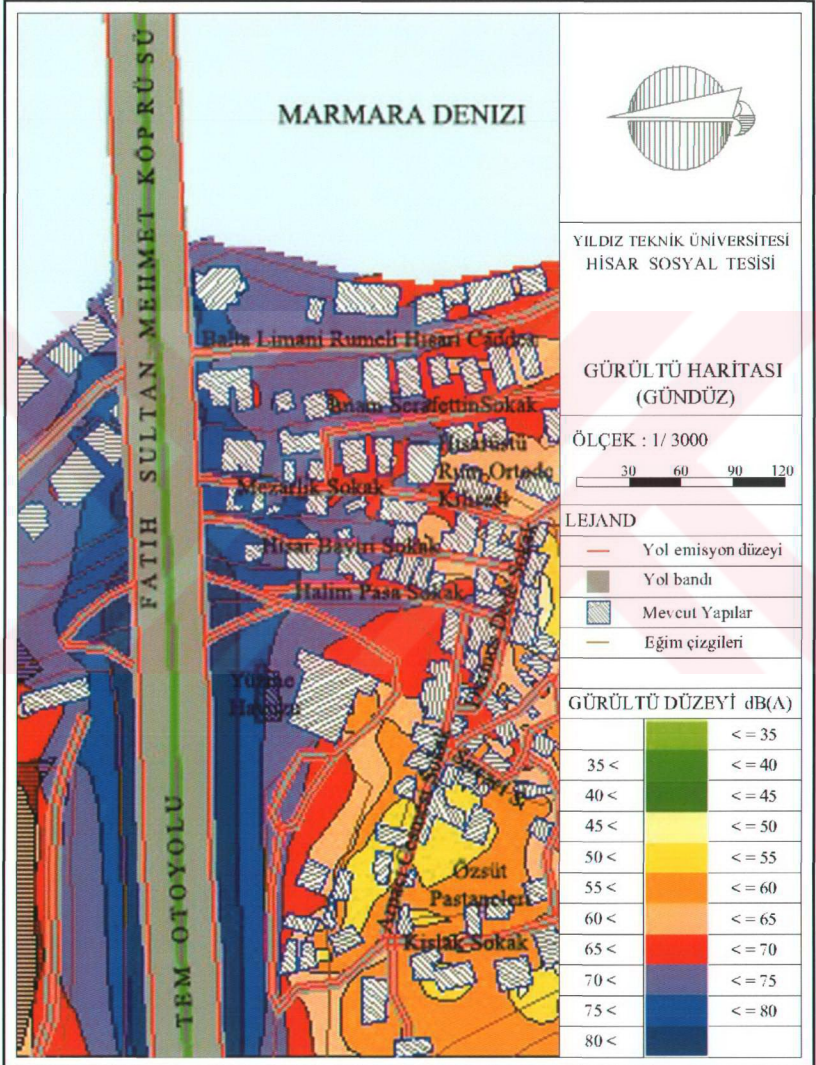
Bu ölçüm sonuçlarından da görüldüğü gibi, tesisin dışındaki ölçme noktalarında gürültü düzeyi ortama 73 – 75.5 dB(A) arasında değişmektedir.

### 5.2.3.2.2 Gürültü Haritaları

Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Tesisi'nde gürültü sorununun boyutlarının ortaya konabilmesi için gerçekleştirilen gürültü ölçmelerinin yanı sıra, gürültü haritaları oluşturulmuştur. Bu bölgenin gürültü haritalarının oluşturulmasında da, diğer çalışma alanlarında olduğu gibi, SoundPLAN simülasyon programı kullanılmıştır. Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Tesisi'nin bu program yardımıyla, gürültü haritalarının hazırlanmasında toplanan veriler ve edilen kabuller aşağıda yer almaktadır.

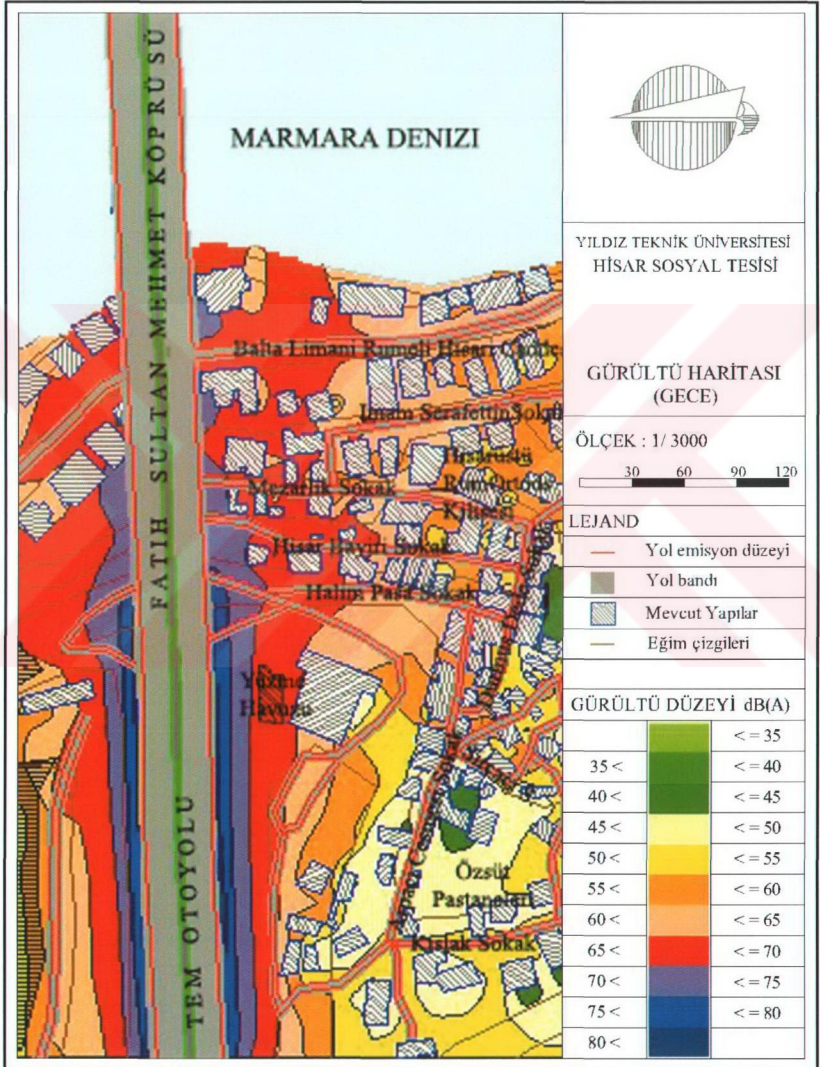
- Gürültü kaynağının ses düzeylerinin (emiyon değerlerinin) hesaplanmasında daha fazla veriyi değerlendirmesi nedeniyle, RLS 90 standardı kullanılmıştır. Seçilen örnek alanın 1/1000 ölçekli halihazır haritaları ilgili kurumlardan edinilmiş ve "Bitmap" uzantılı bir dosya haline getirilerek, SoundPLAN programına aktarılmıştır.
- Öncelikle alana ilişkin kotlar ve arazinin eğimi, eğim çizgileri oluşturmak suretiyle programa girilmiştir. Ardından her yapıya, her farklı nitelikteki alana ve alıcılara ilişkin kat yüksekliği, yükseklik, biçim, boyut gibi belirleyici bütün özellikler, bu plan üzerinde tanımlanarak programa aktarılmıştır.
- Yollar ve otoparklara ilişkin veriler, bölgede gerçekleştirilen ölçmeler, gözlemler ve bugüne kadar bölgeye ilişkin gerçekleştirilen çalışmalar yardımıyla belirlenmiştir. Fatih Sultan Mehmet Köprüsü ve YTÜ Hisar Tesisi'nde gerçekleştirilen gözlemlere göre, araç yoğunluğu yıl içinde zamana bağlı olarak önemli bir değişim göstermemekte, köprüden günde ortama 180.000 araç geçmektedir.
- Gürültü haritalarının hazırlanmasına ilişkin olan TS 9798 (ISO 1996/2) standardında, haritaların yerden 4.0 m. yükseklikte hazırlanması önerilmesine rağmen, engelin etkinliğinin daha net bir biçimde ortaya konabilmesi için, gündüz ve gece gürültü düzeylerini gösteren gürültü haritaları, zeminden 1.5 m. yükseklik için oluşturulmuştur. (Tesisin 1 katlı olması nedeniyle, genelde gürültünün algılandığı yükseklik 1.5m olduğu için.)
- Gürültü haritalarındaki gürültü bölgelerinin renklendirilmesi. Çizelge 5.4'e göre gerçekleştirilmiştir.

Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Tesisi'nin yukarıdaki verilere göre gündüz zaman dilimi için oluşturulan gürültü haritası, 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.31'de gösterilmektedir.



Şekil 5.31 Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Tesisi Gürültü Haritası (Gündüz)

Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Tesisi'nin yukarıdaki verilere göre gece zaman dilimi için oluşturulan gürültü haritası, 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.32'de gösterilmektedir.



Şekil 5.32 Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Tesisi Gürültü Haritası (Gece)

### 5.2.3.2.3 Değerlendirme

Ölçme sonuçları ve gürültü haritalarıyla saptanan gürültü düzeyleri karşılaştırıldığında, birbirine oldukça yakın sonuçların elde edildiği görülmektedir. YTÜ Hisar Sosyal Tesisi çevresinde gerçekleştirilen nesnel değerlendirmelere göre, gürültü düzeylerinin özellikle gündüz zaman diliminde, kabul edilebilir dış çevre gürültü limit değerlerinin çok üstüne çıktığı, tesisteki kişilerin yüksek gürültü düzeylerine maruz kaldığı görülmektedir.

Yapılan ölçmeler ve oluşturulan haritalar sonucunda, tesisin köprüye yakın olan açık alanlarındaki gürültü düzeyinin gündüz zaman diliminde, hiçbir zaman aşılması gereken düzey olan, 65 – 80 dBA arasında olduğu görülmektedir. Gece zaman diliminde de, gürültü düzeyleri, aşılması gereken limit değer olan, 55 – 70 dBA arasında değişmektedir.

Bu nedenle, tesisin açık oturma alanlarında, havuz çevresinde ve hatta kapalı restoran kısmında bile, kişiler gürültü açısından ciddi olarak risk altında olduğu için, gürültünün denetlenmesi zorunlu hale gelmektedir. Gürültünün denetlenmesine yönelik olarak, bölgede gerekli önlemlerin alınması yoluyla, gürültü düzeylerinin kabul edilebilir gürültü limitlerine yaklaştırılması gerekmektedir.

## 5.3 Örnek Çalışma Alanlarında Engel Uygulaması İle Gürültünün Denetlenmesi

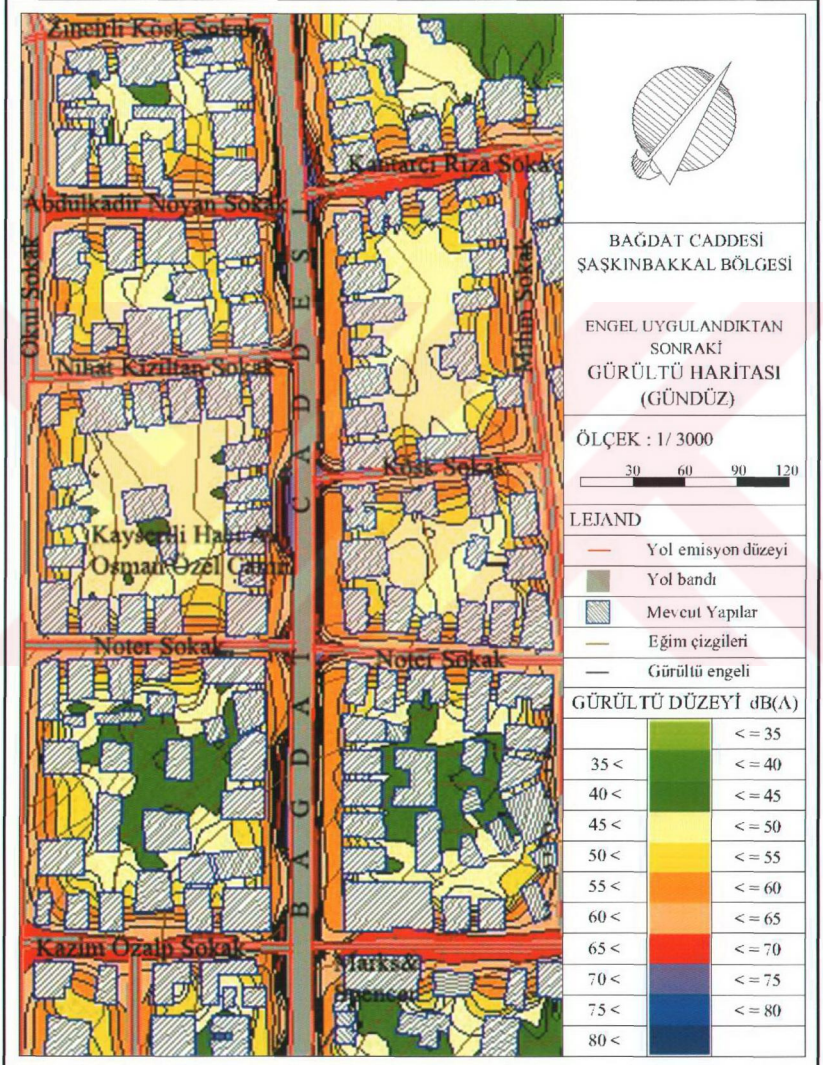
Bu bölümde, örnek çalışma alanlarında gürültünün denetlenmesine yönelik olarak önerilen engel uygulamaları yer almaktadır.

### 5.3.1 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nde Engel Uygulaması

Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nde gerçekleştirilen öznel ve nesnel değerlendirmeler sonucunda, bölgedeki gürültünün önemli ölçüde olduğu saptanmıştır. Yoğun yaya kullanımının olduğu bu bölgede, özellikle yapı dışındaki kişilerin gürültüden duydukları rahatsızlıkları azaltabilmek amacıyla, Bağdat Caddesi ile yapılar arasında, kaynağa yakın konumlanacak biçimde gürültü engelleri önerilmiştir.

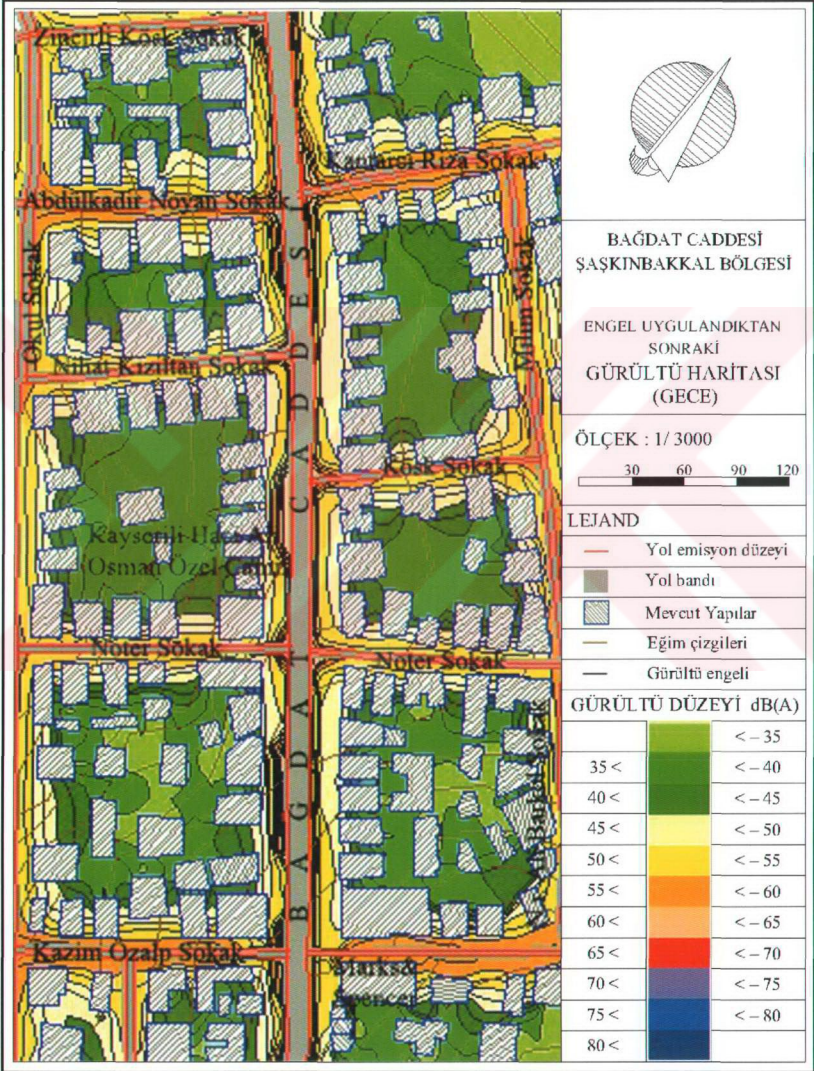
Gürültü engelinin uzunluğu, yüksekliği, tipi, niteliği, kaynak ve alıcıya olan uzaklığı, kaynak ve alıcı yüksekliği, sesin dalga boyu gibi Bölüm 4.1.1'de yer alan engelin akustik etkinliğinde rolü olan etkenlerin değerlendirilmesiyle, SoundPLAN simülasyon programı kullanılarak, yaklaşık 3.50 m. yüksekliğinde, yansıtıcı özelliği bulunmayan, kaldırımların kenarlarında gürültü engelleri tasarlanmıştır.

Bölgedeki gürültü sorununun çözümüne yönelik olarak tasarlanan gürültü engelleri uygulandıktan sonra, aynı şekilde SoundPLAN programı kullanılarak gündüz zaman dilimine göre oluşturulan gürültü haritası 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.33'de yer almaktadır.



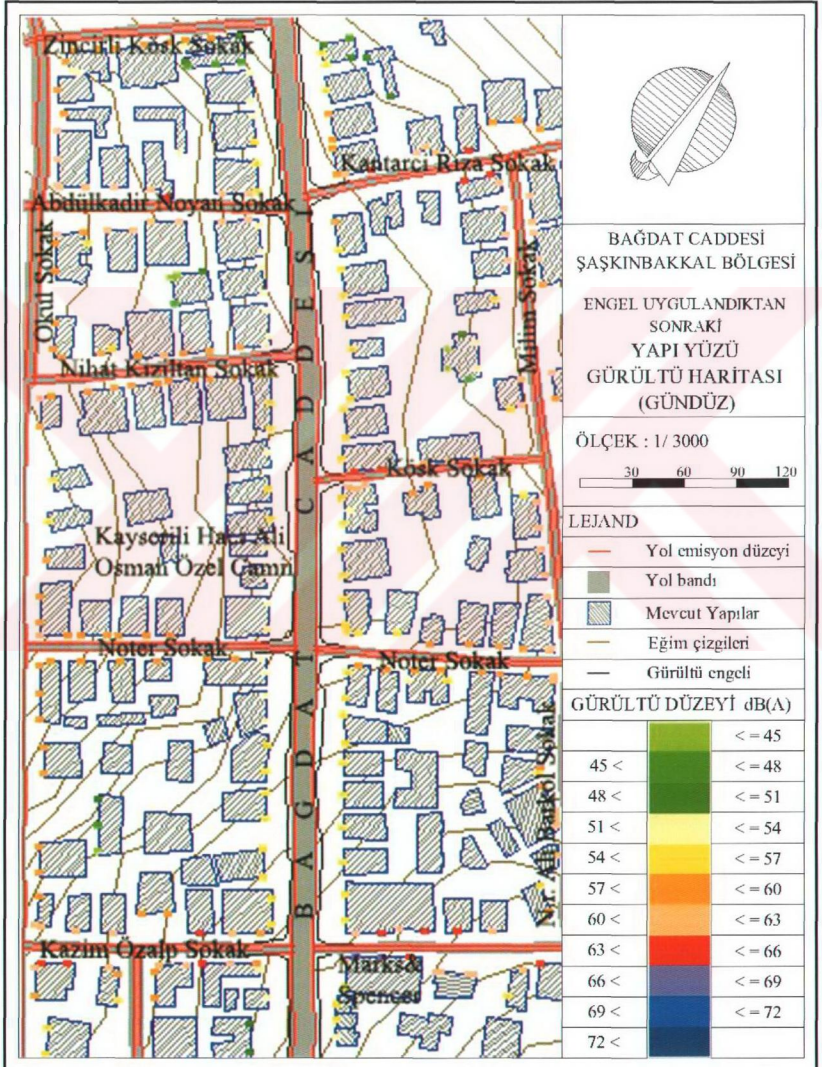
Şekil 5.33 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (gündüz)

Bölgedeki gürültü sorununun çözümüne yönelik olarak tasarlanan gürültü engelleri uygulandıktan sonra, aynı şekilde SoundPLAN programı kullanılarak, gece zaman dilimine göre oluşturulan gürültü haritası 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.34'de yer almaktadır.



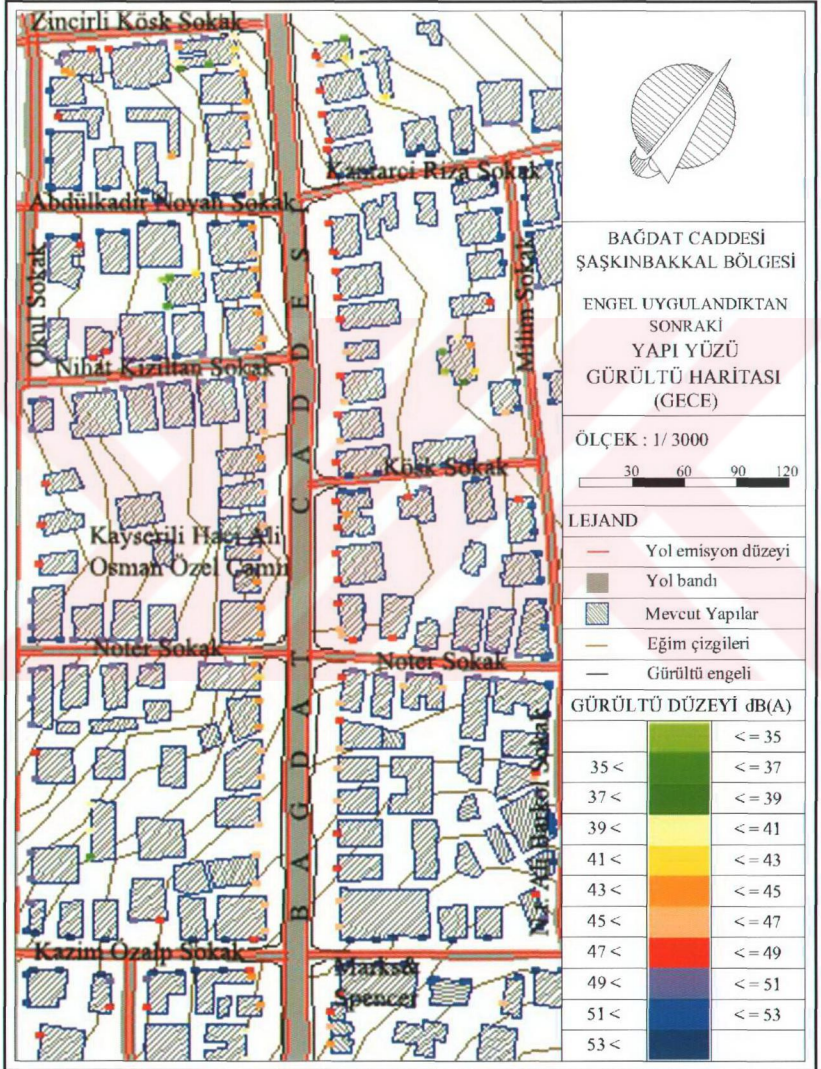
Şekil 5.34 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin, engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (gece)

Engellerin uygulanmasının ardından, bölgeye belirli aralıklarla yerleştirilen alıcı noktaları yardımıyla, yapı cephelerindeki gürültü düzeylerinin belirlenmesi için, gündüz zaman dilimi için oluşturulan yapı yüzü gürültü haritası, 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.35'de örneklenmektedir.



Şekil 5.35 Bölge'nin engel uygulamasından sonraki yapı yüzü gürültü haritası (gündüz)

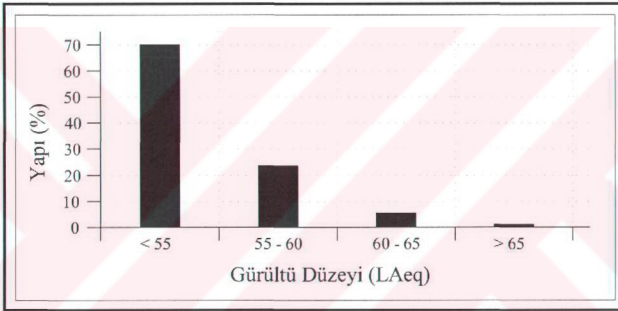
Bölgenin engel uygulandıktan sonra, gece zaman dilimi için oluşturulan yapı yüzü gürültü haritası, 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.36'da örneklenmektedir



Şekil 5.36 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nin engel uygulamasından sonraki yapı yüzü gürültü haritası (gece)

Yukarıdaki haritalardan da görüldüğü gibi getirilen engel önerileriyle, bölgedeki gürültü düzeylerinin dağılımları değişmiş, engellerin yerleşimlerine bağlı olarak, etkin olduğu alanlarda, gürültü düzeylerinde azalmalar olmuştur. Gürültü engeli önerisiyle, bölgedeki mevcut gürültü düzeyleri, bölgedeki işlevlerin gerektirdiği kabul edilebilir gürültü düzeylerine yaklaştırılmaya çalışılmıştır.

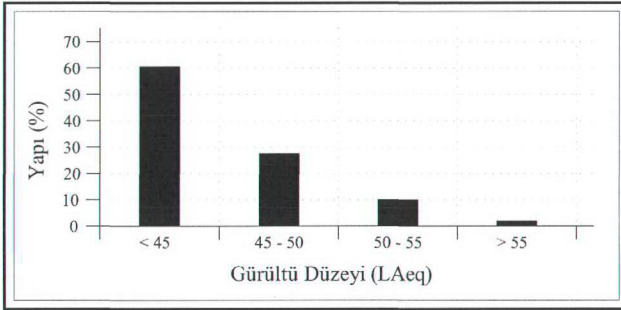
Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nde gerçekleştirilen gürültü engelleri uygulamasından sonra, gürültü dağılımlarını ortaya koymak amacıyla, gündüz zaman dilimine göre oluşturulan gürültü haritasına bağlı olarak, caddenin sağ ve sol tarafındaki ilk yapı dizisi için saptanan, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri Şekil 5.37'de yer almaktadır.



Şekil 5.37 Engel uygulamasından sonra, gündüz zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri

Şekil 5.37'deki grafikte de görüldüğü gibi gündüz zaman diliminde yapıların % 70'inin maruz kaldığı gürültü düzeyleri kabul edilebilir limit değer olan 55 dBA'nın altına düşürülmüştür. Bu durumda, yapıların % 23.5'u 55 – 60 dBA, % 5.5'u 60 – 65 dBA, sadece % 1'i ise 65 dBA üzerindeki gürültüden etkilenmektedir. Yani, getirilen bu engel önerisiyle, bölgede gürültüden etkilenen kişi yüzdelerinin, büyük ölçüde düşürüldüğü görülmektedir.

Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'nde gerçekleştirilen gürültü engelleri uygulamasından sonra, gürültü dağılımlarını ortaya koymak amacıyla, gündüz gece zaman dilimine göre oluşturulan gürültü haritasına bağlı olarak, caddenin sağ ve sol tarafındaki ilk yapı dizisi için saptanan, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri Çizelge 5.38'de yer almaktadır.



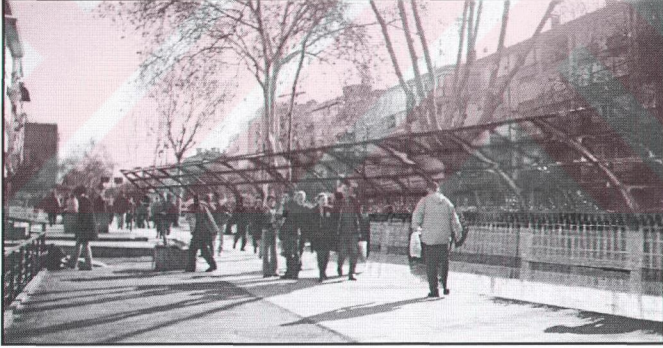
Şekil 5.38 Engel uygulamasından sonra, gece zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri

Gece zaman diliminde ise, Şekil 5.38’de görüldüğü gibi, yapıların % 60.5’i WHO tarafından belirlenen kabul edilebilir limit değer olan 45 dBA’nın altındaki gürültü alanı içinde kalırken, % 27.5’i 45 – 50 dBA, % 10’u 50 – 55 dBA, % 2’si ise kabul edilemez düzey olan 55 dBA üzerindeki gürültü alanı içinde kalmaktadır.

Caddenin sağında ve solunda yer alan ilk yapı dizisi, gündüz zaman diliminde, 55 – 70 dBA arasındaki gürültü düzeyinden etkilenirken; bölgedeki gürültü düzeylerinin azaltılmasına yönelik olarak getirilen engel önerisinden sonra, oluşturulan haritalardan ve grafiklerden de görüldüğü gibi, 45 – 60 dBA arasındaki gürültü düzeylerinden etkilenmektedir. Caddenin sağında ve solunda yer alan kaldırımlarda bulunan kişiler ise, 70 – 75 dBA arasındaki gürültü düzeylerine maruz kalırken, engel önerisi uygulandıktan sonra, 55 – 60 dBA arasındaki gürültü düzeylerine maruz kalmaktadır.

Caddenin sağında ve solunda yer alan ilk yapı dizisi, gece zaman diliminde, 45 – 60 dBA arasındaki gürültü düzeyinden etkilenirken; bölgedeki gürültü düzeylerinin azaltılmasına yönelik olarak getirilen engel önerisinden sonra, oluşturulan haritalardan ve grafiklerden de görüldüğü gibi, 35 – 55 dBA arasındaki gürültü düzeylerinden etkilenmektedir. Caddenin sağında ve solunda yer alan kaldırımlarda bulunan kişiler ise, 60 – 70 dBA arasındaki gürültü düzeylerine maruz kalırken, engel önerisi uygulandıktan sonra, 45 – 55 dBA arasındaki gürültü düzeylerine maruz kalmaktadır. Dolayısıyla, bölgede kaynaktan çıkıp, alıcıya doğru gelen gürültünün denetlenmesi için önerilen gürültü engelinin, gürültü düzeylerinde 15 dBA’ya varan azalmalar sağladığı çok açık bir şekilde görülmektedir.

Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi'ndeki gürültü rahatsızlığının giderilmesi için önerilen gürültü engelinin akustik açıdan etkinliğinin değerlendirilmesinin yanı sıra, engellerin yaratacağı görsel etkilerin de örneklenebilmesi amacıyla, 3D StudioMAX ve Photoshop programları yardımıyla bölgenin özelliklerine göre üç boyutlu olarak tasarlanan gürültü engelleri, Şekil 5.39'da yer almaktadır.





Şekil 5.39 Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi için önerilen engellerin yaratacakları görsel etkilerin örneklenmesi

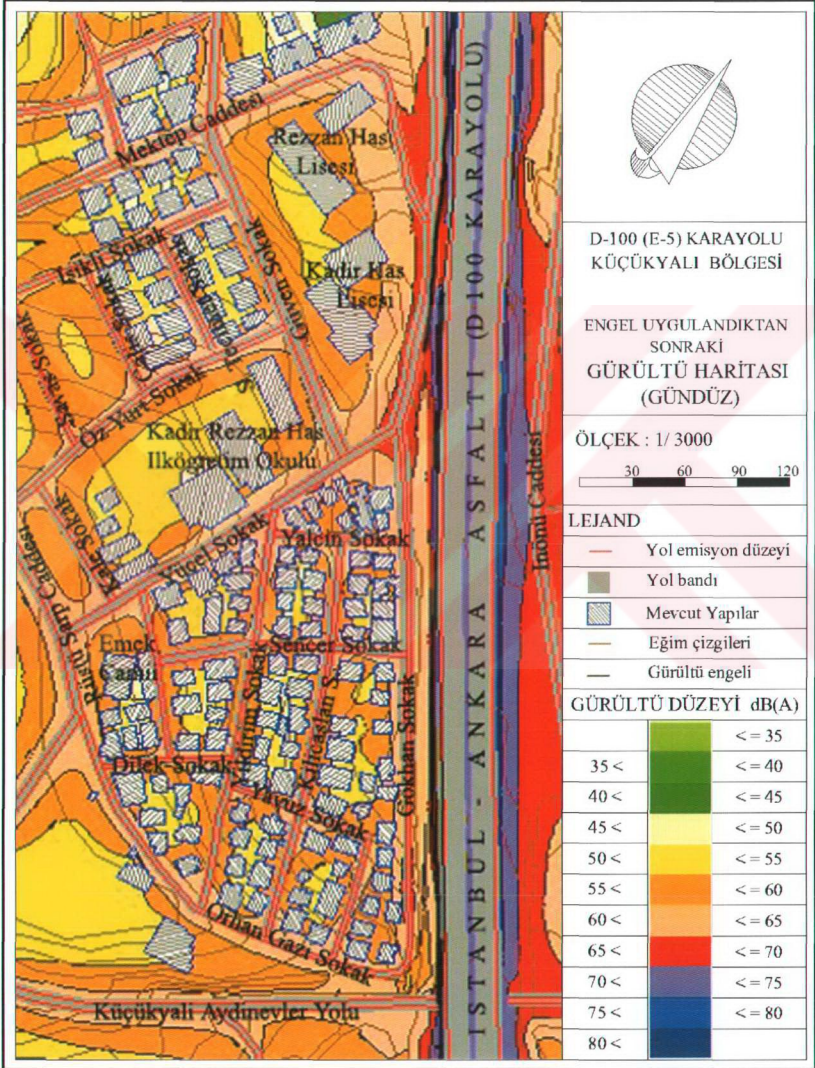
Bölgedeki gürültünün azaltılmasına yönelik olarak getirilen engel önerilerinin etkinliğinin değerlendirilmesine ilişkin gerçekleştirilen bütün bu çalışmalar; gürültü engelleri uygulaması ile, kişilerin maruz kaldığı gürültü düzeylerinin, kabul edilebilir gürültü düzeylerine yaklaştığını ve gürültü açısından konfor koşullarının sağlandığını açıkça ortaya koymakla birlikte, görsel açıdan etkili görüntüler yaratılabileceğini de net bir şekilde göstermektedir.

### 5.3.2 İstanbul-Ankara Asfaltlı D-100 (E-5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi'nde Engel Uygulaması

D-100 (E-5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi'nde gerçekleştirilen öznel ve nesnel değerlendirmeler sonucunda, bölgedeki gürültünün önemli ölçüde olduğu saptanmıştır. Yoğun olarak konut ve eğitim yapılarının olduğu bu bölgede, özellikle yapı dışındaki kişilerin gürültüden duydukları rahatsızlıkları azaltabilmek amacıyla, D-100 (E-5) Karayolu ile yapılar arasında, kaynağa yakın konumlanacak biçimde gürültü engelleri önerilmiştir.

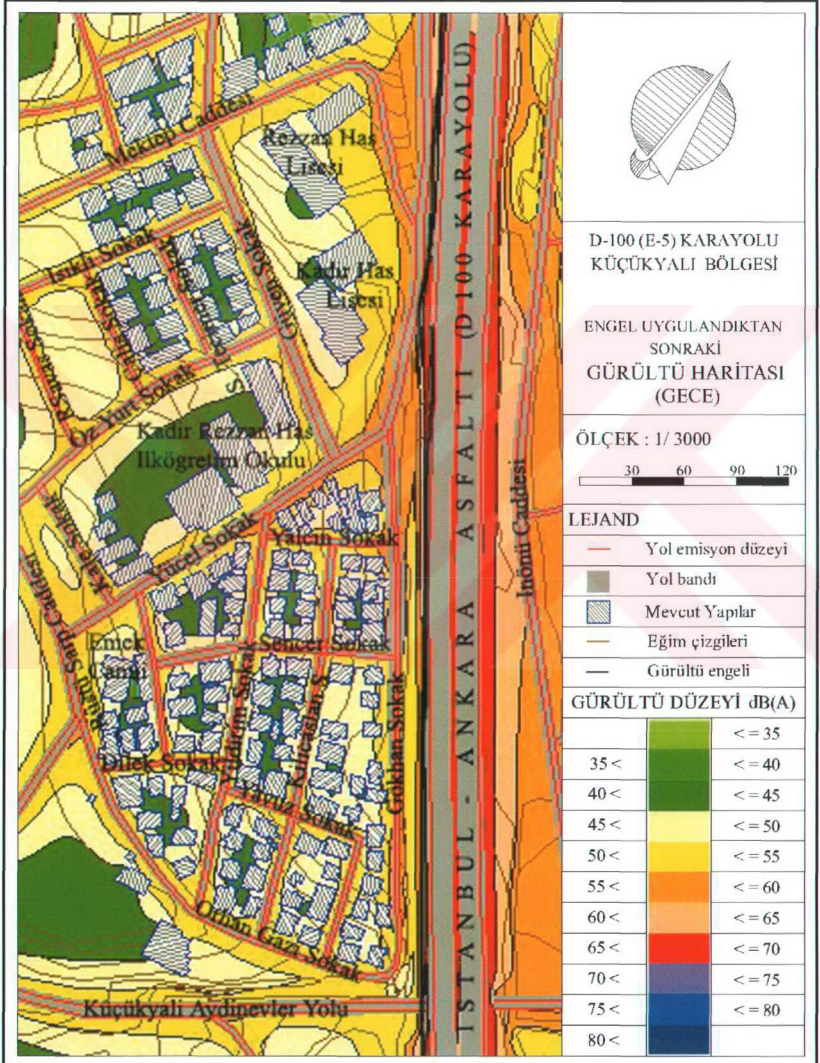
Bölüm 4.1.1'de yer alan engelin akustik etkinliğinde rolü olan etkenler değerlendirilerek, SoundPLAN simülasyon programı yardımıyla, gürültü kaynağına yakın olacak şekilde yaklaşık 3.50 m. yüksekliğinde yansıtıcı özelliği bulunmayan gürültü engelleri tasarlanmıştır. (Karayolunun kenarında yaya üst geçidinin bulunması nedeniyle, geçişin sağlanabilmesi amacıyla, iki ayrı engel, ses geçişlerinin en aza indirilebilmesi için üst üste binecek şekilde uygulanmıştır.)

Bölgedeki gürültü sorununun çözümüne yönelik olarak tasarlanan gürültü engelleri uygulandıktan sonra, aynı şekilde SoundPLAN programı kullanılarak gündüz zaman dilimine göre oluşturulan gürültü haritası 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.40'da yer almaktadır.



Şekil 5.40 İstanbul-Ankara Asfaltlı D-100 (E-5) Karayolu Küçükalyalı Bölgesi'nin engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (gündüz)

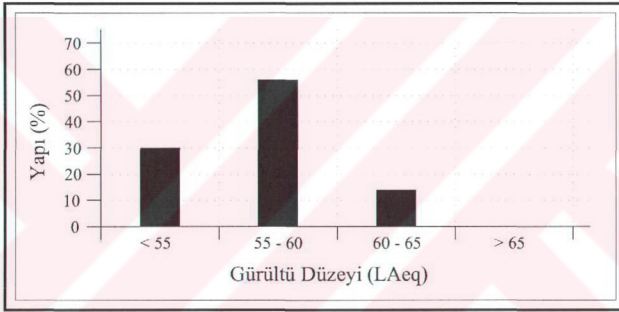
Bölgedeki gürültü sorununun çözümüne yönelik olarak tasarlanan gürültü engelleri uygulandıktan sonra, aynı şekilde SoundPLAN programı kullanılarak, gece zaman dilimine göre oluşturulan gürültü haritası 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.41'de yer almaktadır.



Şekil 5.41 İstanbul-Ankara Asfaltı D-100 (E-5) Karayolu Küçükalyalı Bölgesi'nin, engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (gece)

Yukarıdaki haritalardan da görüldüğü gibi getirilen engel önerileriyle, bölgedeki gürültü düzeylerinin dağılımları değişmiş, engellerin yerleşimlerine bağlı olarak, etkin olduğu alanlarda, gürültü düzeylerinde azalmalar olmuştur. Gürültü engeli önerisiyle, bölgedeki mevcut gürültü düzeyleri, bölgedeki işlevlerin gerektirdiği kabul edilebilir gürültü düzeylerine yaklaştırılmaya çalışılmıştır.

D-100 (E-5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi'nde gerçekleştirilen gürültü engelleri uygulamasından sonra, gürültü dağılımlarını ortaya koymak amacıyla, gündüz zaman dilimine göre oluşturulan gürültü haritasına bağlı olarak, karayolunun sol tarafındaki ilk yapı dizisi için saptanan, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri Şekil 5.42'de yer almaktadır.

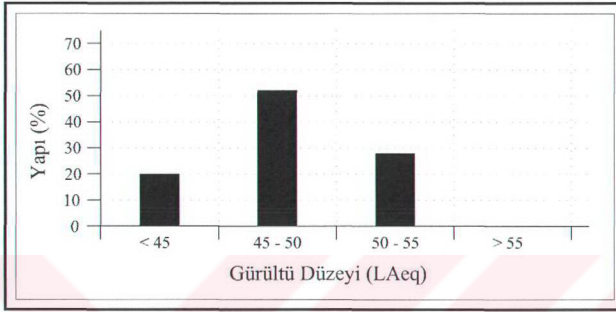


Şekil 5.42 Engel uygulamasından sonra gündüz zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri

Şekil 5.42'deki grafikte de görüldüğü gibi gündüz zaman diliminde yapıların % 30'unun etkilendiği gürültü düzeyleri, kabul edilebilir limit değer olan 55 dBA'nın altına düşürülmüştür. Yapıların % 56'sı ise, 55-60 dBA arasındaki gürültü düzeylerinden etkilenirken, yapıların sadece % 14'ü 60-65 dBA arasındaki gürültü düzeylerinden etkilenmektedir. Engel uygulandıktan sonra, gündüz zaman diliminde, gürültü ölçütlerine göre kabul edilemez düzey olan 65 dBA'nın üzerindeki gürültü düzeylerinden etkilenen yapı kalmamaktadır.

Dolayısıyla, getirilen bu engel önerisiyle, gündüz zaman dilimi için, bölgedeki gürültü düzeyleri kabul edilebilir değerlere yaklaştırıldığı, gürültüden etkilenen kişi yüzdelерinin, büyük ölçüde düşürüldüğü görülmektedir.

D-100 (E-5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi'nde gerçekleştirilen gürültü engelleri uygulamasından sonra, gündüz gece zaman dilimine göre oluşturulan gürültü haritasına bağlı olarak, karayolunun sol tarafındaki ilk yapı dizisi için saptanan, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri Çizelge 5.43'de yer almaktadır.



Şekil 5.43 Engel uygulamasından sonra gece zaman diliminde, değişik gürültü düzeylerinden etkilenen yapı yüzdeleri

Gece zaman diliminde ise, Şekil 5.43'de görüldüğü gibi, yapıların % 20'si WHO tarafından belirlenen kabul edilebilir limit değer olan 45 dBA'nın altındaki gürültü alanı içinde kalırken, büyük bir çoğunluk olan % 52'si 45-50 dBA arasındaki gürültü düzeylerinden, % 28'i ise, 50-55 dBA arasındaki gürültü düzeylerinden etkilenmektedir. Bölgede engel uygulamasından sonra, kabul edilemez düzey olan 55 dBA'nın üzerindeki gürültüden etkilenen yapılar kalmamaktadır.

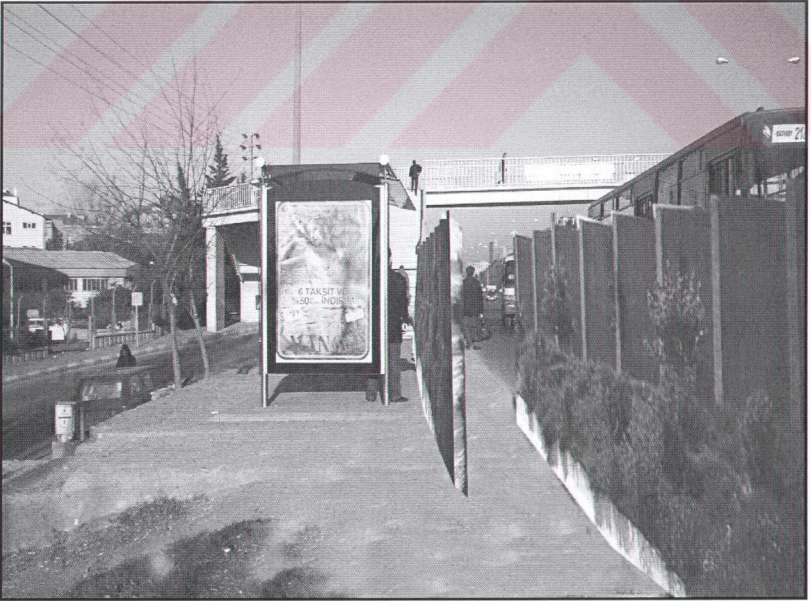
Dolayısıyla, getirilen bu engel önerisiyle, gece zaman dilimi için, bölgedeki gürültü düzeylerinin, kabul edilebilir değerlere yaklaştırıldığı, gürültüden etkilenen kişi yüzdelerinin, büyük ölçüde düşürüldüğü görülmektedir.

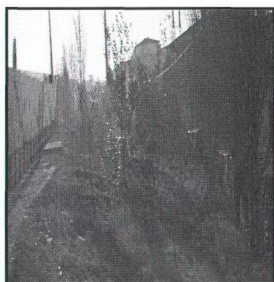
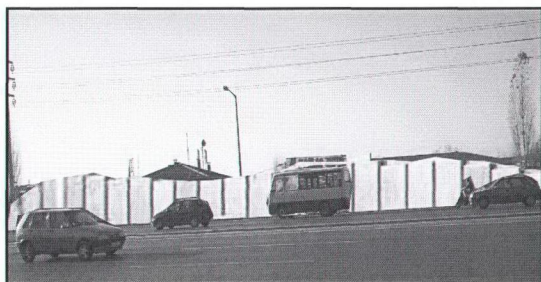
D-100 Karayolu'nun solunda yer alan ilk yapı dizisi, gündüz zaman diliminde, 60-70 dBA arasındaki gürültü düzeyinden etkilenirken, getirilen engel önerisinden sonra oluşturulan haritalardan ve grafiklerden de görüldüğü gibi, 50-60 dBA arasındaki gürültü düzeylerinden etkilenmektedir. Karayolunun kenarında bulunan kişiler ise, 70-80 dBA arasındaki gürültü düzeylerine maruz kalırken, engel önerisinden sonra, 60-65 dBA arasındaki gürültü düzeylerine maruz kalmaktadır.

Karayolunun solunda yer alan ilk yapı dizisi, gece zaman diliminde, 50-60 dBA arasındaki gürültü düzeyinden etkilenirken; bölgedeki gürültü düzeylerinin azaltılmasına yönelik olarak getirilen engel önerisinden sonra, oluşturulan haritalardan ve grafiklerden de görüldüğü gibi, 40-55 dBA arasındaki gürültü düzeylerinden etkilenmektedir. Karayolunun solunda bulunan kişiler ise, 60-70 dBA arasındaki gürültü düzeylerine maruz kalırken, engel önerisi uygulandıktan sonra, 50-60 dBA arasındaki gürültü düzeylerine maruz kalmaktadır.

Dolayısıyla, bölgede kaynaktan çıkıp, alıcıya doğru gelen gürültünün denetlenmesi için önerilen gürültü engelinin, gece zaman dilimindeki gürültü düzeylerinde 10 - 15 dBA arasında azalmalar sağladığı çok açık bir şekilde görülmektedir.

D-100 (E-5) Karayolu Küçükaly Bölgesi'ndeki gürültü rahatsızlığının giderilmesi için önerilen gürültü engelinin akustik açıdan etkinliğinin değerlendirilmesinin yanı sıra, engellerin yaratacağı görsel etkilerin de örneklenebilmesi amacıyla, 3D StudioMAX ve Photoshop programları yardımıyla bölgenin özelliklerine göre üç boyutlu olarak tasarlanan gürültü engelleri, Şekil 5.44'de yer almaktadır.







Şekil 5.44 D-100 (E-5) Karayolu Küçükaly Bölgesi için önerilen engellerin yaratacakları görsel etkilerin örnekleme

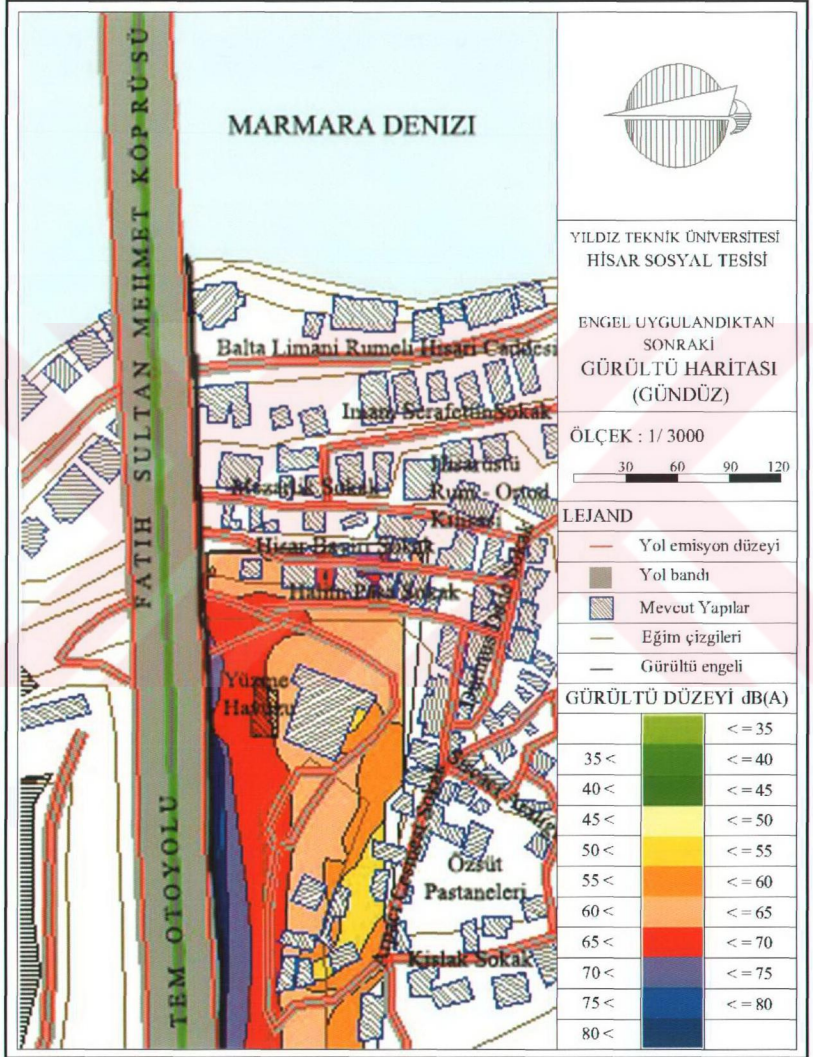
Bölgede gerçekleştirilen gürültü engelleri uygulaması ile, kişilerin maruz kaldığı gürültü düzeylerinin, kabul edilebilir düzeylere yaklaştığını ve gürültü açısından konfor koşullarının sağlandığını açıkça ortaya koymakla birlikte, görsel açıdan etkili görüntüler yaratılabileceğini de göstermektedir. Yani, bölgedeki gürültünün azaltılmasına yönelik olarak getirilen engel önerilerinin, akustik etkinlik dışında bölgedeki çevresel etkileri de değiştirdiği görülmektedir.

### 5.3.3 Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'nde Engel Uygulaması

Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'nde gerçekleştirilen öznel ve nesnel değerlendirmeler sonucunda, bölgedeki gürültünün önemli ölçüde olduğu saptanmıştır. Yoğun karayolu gürültüsünün olduğu bu tesiste, özellikle yapı dışındaki kişilerin gürültüden duydukları rahatsızlıkları azaltabilmek amacıyla, Fatih Sultan Mehmet Köprüsü ile tesis arasına, tesis alanı içinde arazinin formuna uygun olacak biçimde gürültü engeli önerilmiştir.

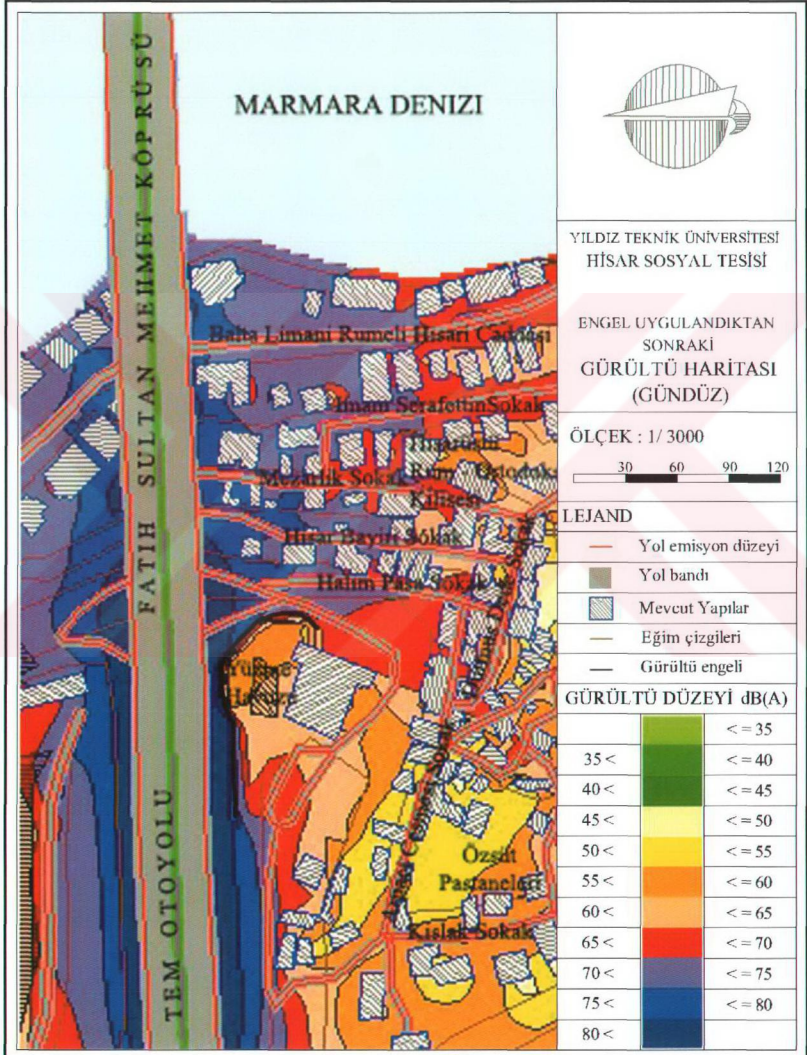
Bölüm 4.1.1'de yer alan engelin akustik etkinliğinde rolü olan etkenler değerlendirildikten sonra, SoundPLAN simülasyon programı kullanılarak, kabul edilemez limitlerde olan gürültü düzeylerinin kabul edilebilir düzeylere yaklaştırılması amacıyla, yaklaşık 2.50 m. yüksekliğinde yansıtıcı özelliği bulunmayan gürültü engeli tasarlanmıştır. Tesisteki kişilerin tesisin konumu nedeniyle Boğaz manzarasını izleyebilmesi ve çevreye ilişkin görsel etkilerinin korunabilmesi amacıyla, tesiste yer alan işlevler için gereken akustik etkinlik de sağlandığından, engel yüksekliği diğer bölgelerde uygulanan engellere göre daha kısa yapılmıştır.

Tesis çevresindeki gürültünün azaltılmasına yönelik olarak, öncelikle Şekil 5.45'de yer alan bölgenin 1/3000 ölçekli gündüz zaman dilimine ilişkin gürültü haritasından da görüldüğü gibi gürültü engeli, Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nün kenarında uygulanarak denlenmiştir.



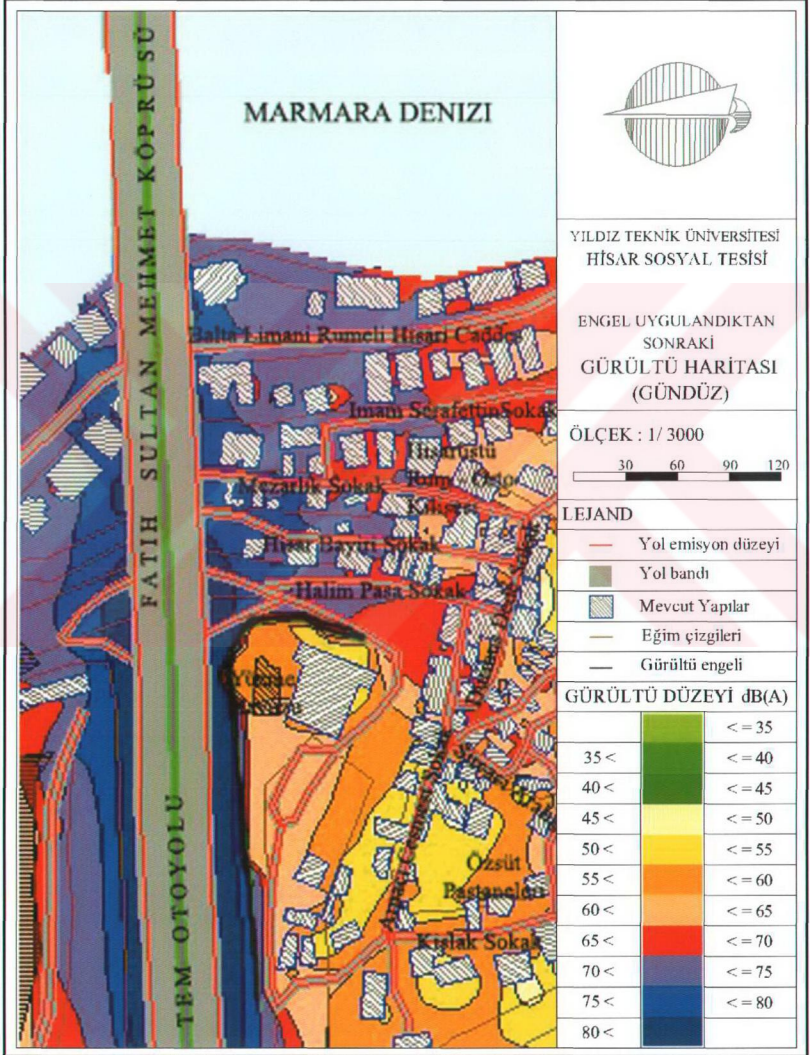
Şekil 5.45 YTÜ Hisar Sosyal Tesisi çevresindeki gürültünün azaltılmasına yönelik olarak Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nün kenarına yerleştirilen engelden önerisinden sonra oluşturulan gürültü haritası (gündüz)

Ancak Şekil 5.45'de yer alan engelin, akustik etkinliğinin düşük olması nedeniyle, tesisin sınırları içinde, arazinin çevre düzenlemesine göre (Arazinin mevcut kotları nedeniyle, engelin uzunluğu kısa tutulmuştur.) tasarlanan gürültü engeli uygulandıktan sonra, gündüz zaman dilimi için gürültü haritası 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.46'da yer almaktadır.



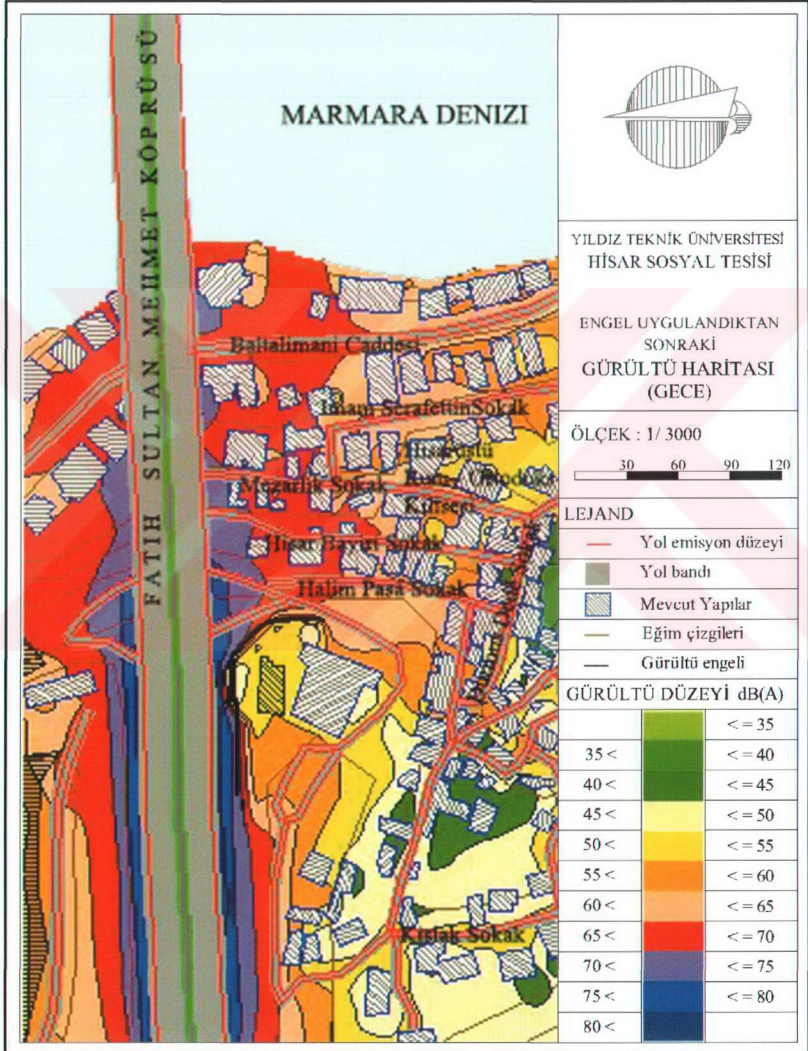
Şekil 5.46 YTÜ Sosyal Tesisi'nin engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (gündüz)

Eğer çevre düzenlemesi (kotlarla oynanarak, arazinin sınırına kadar dolgu yapılsa) engelin yerleşimine uygun hale getirilirse, engel daha uzun uygulanabilmekte dolayısıyla, Şekil 5.47’de gündüz zaman dilimine göre 1/3000 ölçekli olarak oluşturulan gürültü haritasından da görüldüğü gibi, gürültü düzeyindeki azalmalar da daha fazla olmaktadır.



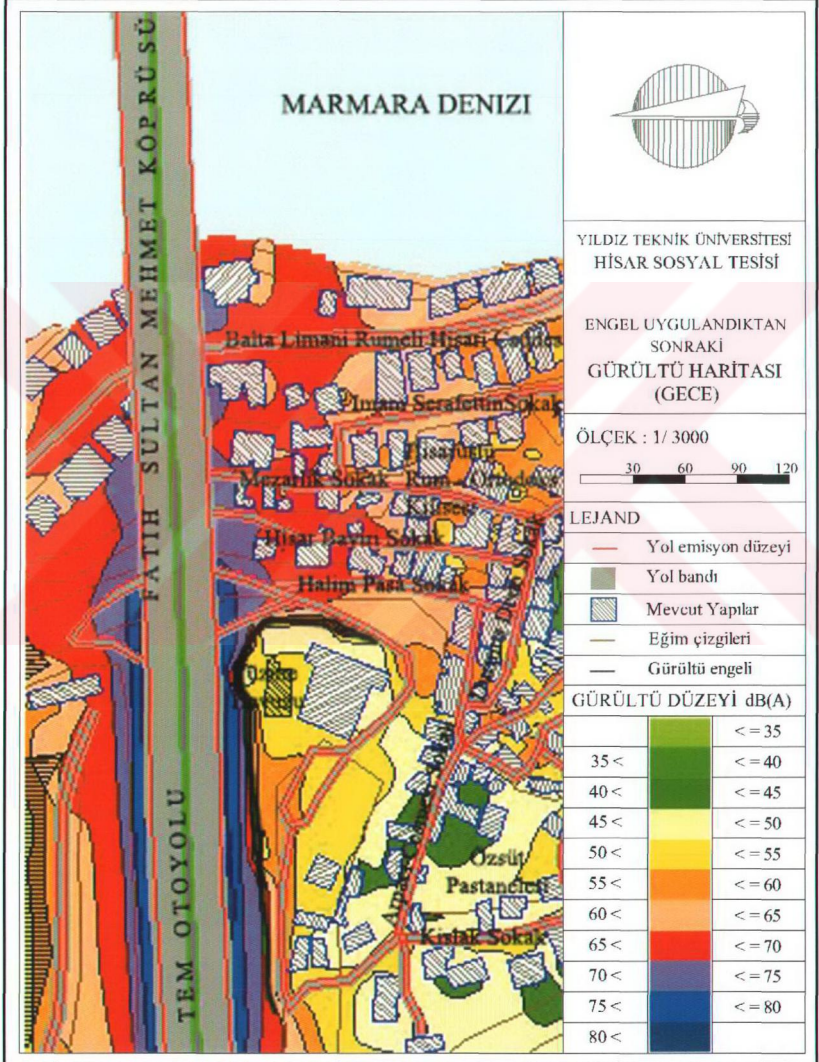
Şekil 5.47 YTÜ Sosyal Tesisi'nin engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (gündüz)

Bölgedeki gürültü sorununun çözümüne yönelik olarak, Şekil 5.46'da tesisin sınırları içinde, arazinin çevre düzenlemesine göre tasarlanan gürültü engeli uygulandıktan sonra, aynı şekilde SoundPLAN programı kullanılarak, gece zaman dilimine göre oluşturulan gürültü haritası 1/3000 ölçekli olarak Şekil 5.48'de yer almaktadır.



Şekil 5.48 Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'nin, engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (gece)

Eğer çevre düzenlemesi (kotlarla oynanarak, arazinin sınırına kadar dolgu yapılsa) engelin yerleşimine uygun hale getirilirse, engel daha uzun uygulanabilmektedir. dolayısıyla, Şekil 5.47'de gündüz zaman dilimine göre 1/3000 ölçekli olarak oluşturulan gürültü haritasından da görüldüğü gibi, gürültü düzeyindeki azalmalar da daha fazla olmaktadır.



Şekil 5.49 YTÜ Hisar Sosyal Tesisi'nin, engel uygulamasından sonraki gürültü haritası (gece)

Yukarıdaki haritalardan da görüldüğü gibi getirilen engel önerileriyle, bölgedeki gürültü düzeylerinin dağılımları değişmiş, engellerin yerleşimlerine bağlı olarak, etkin olduğu alanlarda, gürültü düzeylerinde azalmalar olmuştur. Gürültü engeli önerisiyle, bölgedeki mevcut gürültü düzeyleri, bölgedeki işlevlerin gerektirdiği kabul edilebilir gürültü düzeylerine yaklaştırılmaya çalışılmıştır.

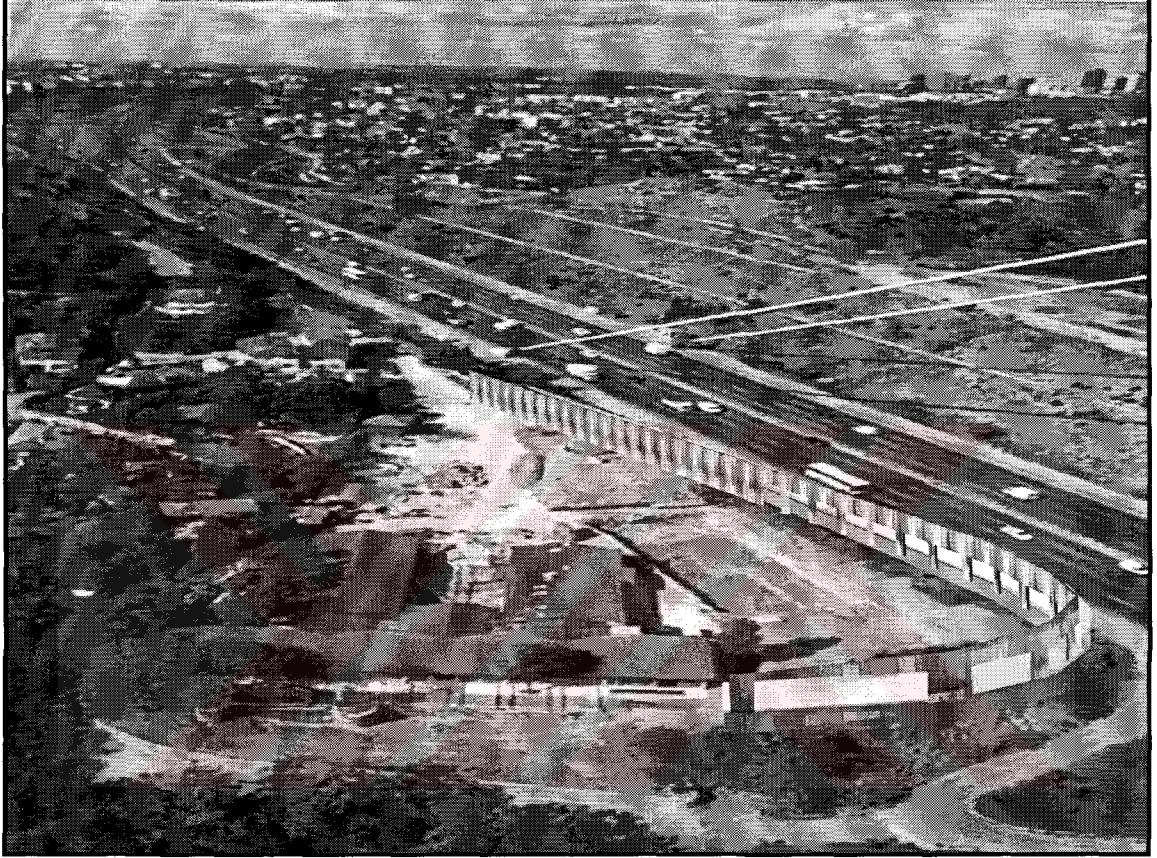
Şekil 5.45'de görüldüğü gibi 2.5 m. yükseklikte, yansıtıcı özellikte olmayan engelin köprüünün yanına yerleştirildiği durumda tesis çevresindeki gürültü düzeyleri, 60 – 70 dBA arasında değişirken, aynı yükseklik ve özellikteki engelin Şekil 4.46'da görüldüğü gibi, tesisin sınırları içine yerleştirilmesi durumunda, tesis çevresindeki gürültü düzeyleri, 55 – 70 dBA arasında değişmektedir. Ancak, arazinin çevre düzenlemesiyle ve kotlarıyla oynanarak, engelin boyu daha uzun yapılabilirse, gürültü düzeyleri, 50 – 65 dBA arasında değiştiğinden, tesis içinde yapılacak revizyonlardan sonra yerleştirilmesi daha uygun olmaktadır.

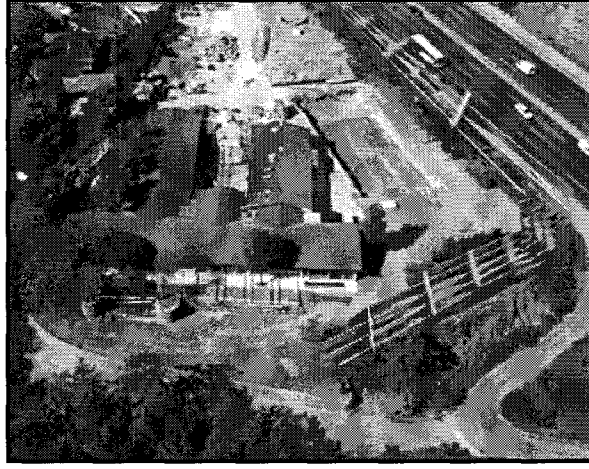
Tesisin çevresindeki kişiler gündüz zaman diliminde mevcut durumda, 65 – 80 dBA arasındaki gürültü düzeyinden etkilenirken; gürültü düzeylerinin azaltılmasına yönelik olarak tesisin sınırları içinde getirilen engel önerisinden sonra, oluşturulan haritadan da görüldüğü gibi, 50 – 65 dBA arasındaki gürültü düzeylerinden etkilenmektedir. Özellikle açık oturma alanlarındaki gürültü düzeylerinin kabul edilebilir gürültü düzeylerine yaklaştığı açık bir biçimde görülmektedir.

Tesisin çevresindeki kişiler engelsiz durumda, gece zaman diliminde 60–75 dBA arasındaki gürültü düzeyine maruz kalırken; gürültü düzeylerinin azaltılmasına yönelik olarak tesisin sınırları içinde getirilen engel önerisinden sonra, oluşturulan haritadan da görüldüğü gibi, 45 – 65 dBA arasındaki gürültü düzeylerine maruz kalmaktadır. Ancak, arazinin kotlarıyla oynanarak engel daha uzun boyutta uygulanabilirse, gürültü düzeyleri 45 – 55 dBA arasında değişmektedir.

Dolayısıyla, bu bölgede kaynaktan çıkıp, alıcıya doğru gelen gürültünün denetlenmesi için önerilen gürültü engelinin, gürültü düzeylerinde 15 dBA'ya varan azalmalar sağladığı çok açık bir şekilde görülmektedir. Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nün kenarına yerleştirilen gürültü engeli sayesinde gürültü düzeylerinin kabul edilebilir değerlere yaklaşması, engellerin gürültünün kaynak ile alıcı arasındaki ortamda denetlenmesinde çok etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Sosyal Tesisi'ndeki gürültü rahatsızlığının giderilmesi için önerilen gürültü engelinin akustik açıdan etkinliğinin değerlendirilmesinin yanı sıra, engellerin yaratacağı görsel etkilerin de örneklenebilmesi amacıyla, 3D StudioMAX ve Photoshop programları yardımıyla bölgenin özelliklerine göre üç boyutlu olarak tasarlanan gürültü engelleri, Şekil 5.50'de yer almaktadır.





Şekil 5.50 Yıldız Teknik Üniversitesi Hisar Tesisi için önerilen engellerin yaratacakları görsel etkilerin örnekleme

Bölgedeki gürültünün azaltılmasına yönelik olarak getirilen engel önerilerinin etkinliğinin değerlendirilmesine ilişkin gerçekleştirilen bütün bu çalışmalar; gürültü engelleri uygulaması ile, kişilerin maruz kaldığı gürültü düzeylerinin, kabul edilebilir gürültü düzeylerine yaklaştığını ve gürültü açısından konfor koşullarının sağlandığını açıkça ortaya koymakla birlikte, görsel açıdan etkili görüntüler yaratılabileceğini de net bir şekilde göstermektedir.

## 6. SONUÇLAR

Bilindiği gibi, her geçen gün etkisi giderek artan çevre gürültülerinin; kişilerin işitsel anlamda konfor koşullarında olması, rahatsızlıkların ortadan kaldırılabilmesi ve gürültü düzeylerin belirlenmiş ölçütler doğrultusunda kabul edilebilir değerlere yaklaştırılması amacıyla, kent planlama ve yapı planlama aşamalarında denetlenmesi gerekir. Bununla birlikte AB'ye tam üye olmaya çalıştığımız bu günlerde, gürültünün sorununa yönelik olarak, planlamanın başlangıcından itibaren, tasarım, yapım ve uygulama aşamalarında gereken çözümlerin üretilmesi zorunlu hale gelmektedir.

Gürültü sorununun önemini vurgulamak, toplumun bilgi sahibi olmasıyla gereken tepkileri yaratmak ve engellerin etkinliğini göstermek amacıyla gerçekleştirilen bu tez çalışmasında, belirlenen çalışma alanlarında, gürültü engellerinin sağladığı yararlar, örnekleme yoluyla ortaya konmuştur. Seçilen çalışma alanlarının, gürültü düzeyleri ve dağılımı açısından mevcut durumunu ortaya koymak amacıyla, gerçekleştirilen gözlemler ve anket çalışmalarının ardından gürültü ölçmeleri ve gürültü haritaları oluşturulmuştur. Yapılan bu öznel ve nesnel değerlendirmelerin ardından, gürültünün kaynak ile alıcı arasındaki ortamda denetlenmesi aşamasında öncelikli olarak uygulanması gereken, gürültü engelleri önerilmiştir. Bölgelerin engel uygulamalarından sonraki durumlarına ilişkin olarak hazırlanan gürültü haritaları yardımıyla, gürültüden etkilenen kişi yüzdelерinin oldukça azaldığı, gürültü düzeylerinin büyük oranda kabul edilebilir değerler içinde kaldığı görülmüştür. Dolayısıyla engellerin, gürültünün kaynak alıcı arasındaki ortamda denetlenmesinde çok etkili olduğu çok net bir biçimde ortaya konmuştur.

Bu tez çalışması, örnek çalışma alanlarında yapılan öznel çalışmaların yanı sıra, gerçekleştirilen gürültü ölçmelerinin ve kent ölçeğinde hazırlanan gürültü haritaları vasıtasıyla, gürültü kirliliğinin boyutlarının saptanarak, kaynak alıcı arasındaki ortamda gürültü engelleri uygulanarak denetlenmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca, bu çalışmada örneklendiği gibi, söz konusu öznel ve nesnel değerlendirmeler yardımıyla, mevcut ve engel uygulandıktan sonraki duruma ilişkin veriler kolayca saptanabilmektedir. Bu nedenle bu tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların, diğer kent bölgeleri için de örnek olması, belirlenen önlemlerin uygulamaya geçirilmesi ve gürültünün kent planlama ölçeğinde denetiminin vurgulanarak, engel etkinliğini ortaya koyması açısından son derece yararlı olacağı düşünülmektedir.

**KAYNAKLAR**

Akdağ, N., (1989), "Kent Akustiğinde Gürültünün Denetlenmesinde Değişik Koşullarda Engel Etkinliği ve Bir Uygulama Önerisi", YTÜ Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği Bilim Dalı Semineri, 23 Ekim 1989, Yıldız/İstanbul.

Akdağ, N., (1996), "Gürültüden Etkilenme ve Gürültü Kontrol Yönetmeliği", Yapı Endüstri Merkezi Yapıda Ses ile İlgili Problemler ve Çözüm Önerileri Semineri, 26 Şubat 1996, İstanbul.

Akdağ, N., (1999), "Ses, Fiziksel Özellikleri ve Etkileri", İZOCAM yalıtım eğitim Semineri, İstanbul.

Akdağ, N., (2000), "Kent Akustiğinde Gürültünün Denetlenmesinde Engel Kullanımı", Mimar ve Mühendis, 80-81-82.

Akdağ, N., (2003), "Kent Planlamada Gürültü Haritalarının Önemi", Mimarlık Dergisi, Mimarlar Odası, 312:56-62.

Aknesil, A., (1992), Havayolu Gürültüsü, YTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, İstanbul.

Aktürk, N., Üzkurt, İ. ve Karaçay, T., (2003), "Karayolu Kaynaklı Çevresel Gürültünün Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi", 2. Ulusal Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, 7-9 Mayıs 2003, Maltepe/Ankara.

Alfredson, R. J. ve Du, X., (1995), "Special Shapes and Treatment for Noise Barriers", Internoise95, July 1995, Newport Beach/California.

Alim, A.O. ve Zaki, N. A., (1990), "Effects of Some Architectural Elements on the Road Traffic Noise", Noise-CON 90, 15-17 October 1990, Texas.

Alkan, M., (2003), Karayolu Trafik Gürültüsünün Ölçülmesi ve Çevresel Açından Değerlendirilmesi, YL Tezi Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Amundsen, I. ve Marstein, U.A., (1990), "Methodes and Principles to Reduce the Nuisance of Road Traffic Noise Based on Noise Barriers", Noise-CON 90, 15-17 October 1990, Texas.

Anon, (1986a), Fighting Noise, OECD, Paris.

Anon, (1986b), Gürültü Kontrol Yönetmeliği, Resmi Gazete Sayı:19308, Türkiye.

Anon, (1996), Future Noise Policy, European Commission Green Paper, COM(96), Commission of EC, Brussels/ Belgium.

Anon, (1998), SoundPLAN User's Book, Germany.

Anon, (2000); Guidelines for Community Noise, World Health Organization, Geneva.

Antunano, M.J, ve Spanjers, J.P., (1998), "Hearing and Noise in Aviation", FAA Civil Aerospace Medical Institute Aeromedical Education Division, Oklahoma City.

Avlar, Y. ve Gönüllü, T., (1999), "Mecidiyeköy Bölgesi Gürültü Düzeyi ve Gürültü Haritasının Çıkarılması", Kent Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 17-19 Şubat 1999, İstanbul.

Avşar, Y., (1998), Yıldız Teknik Üniversitesi Merkez Kampüsü ve Civarının Gürültü Haritasının Çıkarılması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü YL Tezi, İstanbul.

Babisch, W., (2005), "Noise and Health", Environmental Health Perspectives, 113 (1).

Bay, F. ve Güney A., (1998), "Lastik Yol Gürültüsü", 4. Ulusal Akustik Kongresi, 29-31 Ekim 1998, Kaş/Antalya.

Bayer Corporation, (2000), "Concrete Products Noise Barrier Walls Enchace Interstates", Primedia Busines Magazines & Media Inc., USA.

Bendtsen, H., (1994), "Visual Principles for The Design of Noise Barriers", The Science of The Total Environment, 146-147: 67-71.

Berglung, B. ve Lindvall, T., (1995), Community Noise, Archieves of the Center for Sensory Research, Stockholm.

Bischoff, D.L., (1997), Durisol Noise Barriers Federal Experimental Project Final Report, Wisconsin Department of Transportation Infrastructure Development Bureau of Highway Construction, Madison.

Boothby T.E., Burroughs, C.B., Bernecker, C.A., Manbeck, H.B., Ritter, M.A., Grgurevich, S., Cegelka, S. ve Lee, P.H., (2001), "Design of Wood Highway Sound Barriers", USDA Forest Service, Madison.

Brainard, J., S., Jones, A.P., Bateman, I.J. ve Lovett, A.,A., (2003), Modelling Environmental Equity: Exposure to Environmental Urban Noise Pollution in Birmingham, UK, CSERGE Working Paper, UK.

Brick Industry Association, (1991), Technical Notes on Brick Construction-Volume Changes and Effects of Movement, Brick Industry Association, Virginia.

Brüel&Kjaer Sound&Vibration Measurement A/S., (2000), Environmental Noise, Denmark.

Cheuk, P., Ng, P.S. ve Chan, K.S., (2002), "Approach to Abate Road Traffic Noise in Hong Kong", International Congress on Sound and Vibration, July 2002, Orlando/USA.

Cohn, L.F. ve Harris, R.A., (1995), Supplement to Special Noise Barrier Applications: Phase II, WA – RD Barrier Design Files, Washington.

Crocker, M.J. ve Kessler, F.M., (1982), Noise and Noise Control, CRC Pres, Florida..

Crombie, D. H. ve Hothersall, D. C., (1994), "The Acoustic Performance of Multiple Edge Noise Barriers", Internoise94, August 1994, Yokohama/Japan.

Çelikyurt, C., (1996), "Gürültünün Oluşturduğu Tinnitus", 2. Ulusal Akustik ve Gürültü Kongresi, 23-25 Ekim 1996, Antalya.

Çınar, E., (2001), Taşıtlarda Gürültü ve Gürültünün Kontrolü, Taşıt Gürültüsünün İnsan Üzerindeki Etkileri, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, İstanbul.

Davis B., (2002), Reducing Noise From Forges and Foundries, The Handbook of the Black Country Forging and Foundring Project, ISVR University of Southampton.

Day, B.F., Ford, R.D. ve Lord, P., (1969), Building Acoustics, Elsevier, Amsterdam.

DEFRA, (1999), Noise and Nuisance Policy, Noise Climate Assessment: A Review of National and European Practices, DEFRA, UK.

Degn, U., Villefrance, L., Maxon, C., Masoero, M., Krüger, F., Kalivoda, M. ve Buna, B., (2002), A Study of European Priorities and Strategies for Railway Noise Abatement, EU Commission, Directorate-General for Energy and Transport, Bruxelles, Belgium.

Demirel, G., Selimoğlu, B. ve Kırıcı, M., (1996a), “Gürültü Azaltıcı Önlemler ve Karayollarındaki Uygulamalar”, 2. Ulusal Akustik Kongresi, 23-25 Ekim 1996, Antalya.

Demirel, G., Selimoğlu, B. ve Kırıcı, M., (1996b), “Karayolundan Kaynaklanan Gürültü”, 2. Ulusal Akustik ve Gürültü Kongresi, 23-25 Ekim 1996, Antalya.

Dixon M., Bloomfield, A., Anderson, V., Goode, D., Hutchinson, D. Ve Duffy, J., (2004), Highlights of the Major’s Ambient Noise Strategy, Greater London Authority, London.

Duhamel, D ve Sergent, P., (1998), “Sound Propagation Over Noise Barriers With Absorbing Ground”, Journal of Sound and Vibration, 218(5): 799-823.

Dülgeroğlu, A., (2002), “Trafik ve Çevre Etkisi”, Uluslar arası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, 8-12 Mayıs 2002, Ankara.

en Health Council, (2004), The Health Effects of Environmental Noise-other Than Hearingloss, Department of Health and Ageing Population Health Division, Australia.

Environmental Protection Department Highways Department, (2003), Guidelines on Design of Noise Barriers, Government of the Hong Kong SAR, Hong Kong.

EEA, (1999), Environment in the European Union et the Turn of the Century, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.

EEA, (2001), Traffic Noise: Exposure and Annoyance, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.

Farnham, J. ve Beimborn, E., (1990), Noise Barrier Design Guidelines, U.S. Department of Transportation, Washington.

FHWA The Organization for Environmental Growth, (1979), A Guide to Visual Quality in Noise Barrier Design, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.

FHWA Office of Natural Environment and Planning, U.S.DOT Research and Special Programs Administration, John A. Volpe National Transportation Systems Center Acoustics Facility, (2000), FHWA Highway Noise Barrier Design Handbook, Cambridge.

FHWA Office of Natural Environment Noise Team, (2000a), Highway Traffic Noise Barrier Construction Trends, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.

FHWA Office of Natural Environment Noise Team, (2000b), Summary of Noise Barriers Constructed by December 31, 1998, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.

Flindall, I., Mc Kenzie, A., (2000), An Inventory of Current European Methodologies and Procedures for Environmental Noise Management, EEA.

Forssén, J., (2001), The Influence of Atmospheric Turbulence on Barrier Sound Reduction, Report F 01-04 (Ph.D. thesis.) Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.

Fortner, B., (2003), "Transparent Sound Wall Added to Woodrow Wilson Bridge", American Society of Civil Engineers, Civil Engineering News, 73(7) : 29.

Fujiwara, K., Ohkubo, T., ve Omoto, A., (1995), "A Note on the Noise Shielding Efficiency of a Barrier with Absorbing Obstacle at the Edge", *Internoise95*, July 1995, Newport Beach/California.

Gharabegian, A., (1995), "Improving Soundwall Performance Using Route Silent", *Internoise95*, July 1995, Newport Beach/California.

Grgurevich, S., Boothby T.E., Manbeck, H.B., Burroughs, C.B., Cegelka, S., Bernecker, C.A. ve Ritter, M.A., (2002), "A Comparative Study of Wood Highway Sound Barriers", *Forest Products Journal*, 52(3): 35 – 43.

Grötzer, R., Khutter, W. ve Kreutzsch, E., (1989), *Lärmbekämpfung in Wien, Entwicklung – Stand – Tendenzen*, Magistratsabteilung 22, Umweltschutz, Gistel Druck, Wien.

Hankard Environmental Acoustical Consultants/ Wilson Company, (2000), North End Neighbourhood Noise Study, CDOT, Colorado.

Hasebe, M., (1995), "Study on Noise Reduction by T-profile Barrier," *Proceedings of Inter-noise 95*, Newport Beach, California, July 1995.

Hawker, T., Jenkins, H ve Millward, J, (1999), Millcreek Area Noise Barrier Surveys, 10 Data Corporation, Utah.

Heimann, D., (2003), "Meteorological Aspects in Modeling Noise Propagation Outdoors", *Euronoise 2003*, 19 – 21 May 2003, Naples.

Highways Agency, (1994), Design Manual for Roads and Bridges, Volume 10 - Environmental Design, HMSO, London.

Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), (2001), Horizontal Guidance for Noise, Noise Control Techniques and Technologies, UK.

Ishizuka, T ve Fujiwara, K, (2003), "Performance of Noise Barriers With Various Edge Shapes and Acoustical Conditions", *Applied Acoustics*, 65: 125-141.

Jensen A., Ballisager, S, Sørensen, P.L., Paag H., Svarpliene, A. ve Baltmiskiene, I., (2002), Manual on Noise Barriers, Lithuanian Road Administration / Tetra Plan A.S./ Acoustica – Carl Bro a.s., Denmark.

Karabiber, Z., (1988), Mimari Akustikle İlgili Başlıca Tanım, Terim, Formül ve Büyüklükler, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, Yıldız.

Karabiber, Z., (1990), "Dış Çevre Gürültüsünün Belirlenmesinde Gürültü Ölçmeleri", Konya Büyükşehir Belediyesi Gürültü Sempozyumu, 16 Haziran 1990, Konya.

Karabiber, Z., (1992), Mimari Akustikte Ses Ölçmeleri, YTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, İstanbul.

Karabiber, Z., (1999), "Gürültü Denetiminde Ulusal ve Uluslar arası Politikalar", 3. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 25-26 Kasım 1999, İzmir.

Kluijver, H.D. ve Stoter, J, (2000), "Noise Mapping and GIS: Optimizing Quality Accuracy and Efficiency of Noise Studies", Internoise2000, 20-30 August 2000, Nice.

Knauss, D., (2002), "Noise Mapping and Annoyance", Noise and Health, 4(15): 7-11.

Koçal, E., (2004), "Kent Gürültüsü Hasta Ediyor", Sabah Gazetesi, 23 Nisan 2004, İstanbul.

Kopec, J.W., (1990), "Pushing the Limits of Acoustical Barrier Performance", Noise-CON 90, 15-17 October 1990, Texas.

Kotzen, B.,(2004), "Plants and Environmental Noise Barriers", International Conference on Urban Horticulture, 31 January 2004, Waedenswil / Switzerland.

Koyasu, M. ve Yamashita M., (1980), "Development and Application of Sound Barrier for the Control of Traffic Noise", Internoise, 8-10 December 1980, USA.

Krezel, Z.A., McManus, K.,(2001), "Ecologically Sustainable Acoustic Barriers", 20 th Australian Road Research Board Conference, 19-21 March 2001, Melbourne.

Kurra, S., (1978), Binalardan Gürültü Engeli Olarak Faydalanmada Trafik Gürültüsüne İlişkin Kriterler Birimlerinin Saptanmasında Kullanılabilecek Bir Yöntem, İTÜ Mimarlık Fakültesi Doktora Tezi, İstanbul.

Kurra, S., (1981), "İstanbul'da Çevre Gürültüsü Koşullarının Saptanması ve Gürültü Denetimi Ölçütlerinin Belirlenmesi", Tübitak Proje No. 524/A, İstanbul.

Kurra, S. (1982), "Çevre ve Yapı Tasarımında Kent Gürültüsü Kontrolü ve İstanbul Örneği", İTÜ Mimarlık Fakültesi Doçentlik Tezi, İstanbul.

Kurra, S. ve Bayazıt, N., (1996), "TEM Gürültüsünden Etkilenme Analizleri ve Bulgular", 2. Ulusal Akustik ve Gürültü Kongresi, 23 – 25 Ekim 1996, Antalya.

Kurra, S., (2000), "Köprüler, Çevre Yolları ve Gürültü Kirliliği", 5. Ulusal Akustik Kongresi, 25 Mayıs 2000, Yıldız/İstanbul.

Lambert, J. ve Vallet, M., (1994), Study Related to the Preparation of a Communication on a Future EC Noise Policy, INTRETS, LEN Report no. 9420, Bron Cedex, France.

Linscott, Law and Greenspan, (2003), Noise Attenuation by Barriers, EIR, USA.

Manvell, D., (2004), "The Use of Measurements&GPS for Noise Mapping", Joint Baltic-Nordic Acoustics Meeting, 8-10 June 2004, Mariehamn, Aland.

Manvell, P., Henning, P., Winberg, L. Ve Larsen, P., (2001), "Managing Urban Noise in Cities", Brüel&Kjaer Magazine, 1.

Matsumoto, T., Yamamoto, K., Iimura, K., ve Sakamoto, G, (1994), "Scale Model Studies of New Type Highway Noise Barriers," Proceedings of Inter-noise 94, Yokohama, Japan, August 1994.

May D.N. ve Osman, M.M., (1980), "Highway Noise Barriers – New Shapes", Journal Sound and Vibration, 71(1):73-101.

Menge, C.W., (1978), Sloped Barriers For Highway Noise Control, Proceedings of Internoise 78, San Francisco.

Miedema, H.M.E., (2001), "Noise& Health: How Does Noise Affect Us?", Internoise 2001, 27 -30 August 2001, Netherlands.

Mitsubishi Heavy Industrial Ltd., (2003), Environmental Report, MHI Ltd., Japan.

Mongeau, L., Sanghoon, S. ve Bolton S., (2004), Performance of Roadside Sound Barriers With Sound Absorbing Edges, School of Mechanical Engineering Purdue University, Ohio.

Nas, B., Berktaş, A., Ertuğrul, T., Aygün, A. Ve Işık, M., (2004), "Konya Kenti Yol Trafik Gürültüsü Seviyeleri'nin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Görüntülenmesi", 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, 6-9 Ekim 2004, İstanbul.

National Environment Agency, (1999a), Environmental Pollution Control Act, Environmental Pollution Control (Boundary Noise Limits for Factory Premises) Regulations, Singapore.

National Environment Agency, (1999b), Environmental Pollution Control Act, Environmental Pollution Control (Control Of Noise At Construction Sites) Regulations, Singapore.

Nordic Noise Group, (2002), Nordic Environmental Noise Prediction Methods Nord 2000 Summary Report, DELTA (Danish Electronics, Light&Acoustics), Denmark.

Nunez, D.G., (1998), Cause and Effects of Noise Pollution, Interdisciplinary Minor in Global Sustainability, University of California, Irvine.

Ohnishi, K., Nishimura, M., Ohnishi, H. ve Yesaka, K., (1998), "Development of the Noise Barrier Using Active Controlled Acoustical Soft Edge - Phase 1: Basic Concept", Internoise 98, 16-18 November, New Zealand.

Önen, L., (1996), "Şehir İçi Gürültülerin Zihni Fonksiyonlar Üzerine Etkisi", 2. Ulusal Akustik ve Gürültü Kongresi, 23-25 Ekim 1996, Antalya.

Örgen, M., (1997), Propagation of Sound-Screening and Ground Effect Part I: Non-refracting Atmosphere, SP Report 1997:44, Boras.

Özen, M., (2003), Karayolu Kaynaklı Çevresel Trafik Gürültüsünün Modellenmesi ve Gürültü Tahminleri, YL Tezi Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Öztürk, Z., (1996), "Kara Taşımacılığı Sistemlerinin Yayıdığı Gürültü Farklılıklarının İrdelenmesi", 2. Ulusal Akustik ve Gürültü Kongresi, 23-25 Ekim 1996, Antalya.

Öztürk, Z., (1997), "Karayolu ve Demiryolunda Taşıt Gürültüsünü Etkileyen Önemli Faktörlerin İncelenmesi", 3. Ulusal Akustik Kongresi, 16-17 Ekim 1997, YTÜ/İstanbul.

Öztürk, Z., (1998), "Karayolu ve Demiryolunda Yol Yakınında Alınabilecek Önlemlerin İncelenmesi", 4. Ulusal Akustik Kongresi, 29-31 Ekim 1998, Kaş/Antalya.

Pelton, H.K., (1993), Noise Control Management, Van Nostrand Reinhold, NewYork.

Pinckney, E., (2003), Odot Experiences with Respect to Aesthetics, The Purdue Road School of Purdue University, Ohio.

Precast Concrete Association of NewYork, (2001), "Precast Walls and Traffic Noise Management", 12 (10): 3-4.

Polcak, K.D., (2003), "Highway Traffic Noise Barriers in the U.S. Construction Trends and Cost Analysis", Noise/News, 11(3):96-105.

Queensland Environmental Protection Agency, (2000), Queensland's Nuisance Laws, Queensland, Australia.

Renterghem, V.T., Botteldooren, D., Cornelis, M.W., ve Gabriels, D., (2002), Reducing Screen-Induced Refraction of Noise Barriers in Wind by Vegetative Screens, Acta Acustica United with Acustica, 88: 231-238.

Rettinger, M., (1988), Handbook of Architectural Acoustics and Noise Control, TAB Books, Inc., USA.

Roberts, J., ve Fairhall, D. (1988), Noise Control in the Built Environment, Gower Technical, Aldershot.

Rosenberg, E., Ilene J. Bursh- Vishniac, (1997) "Continued Investigation of Noise Reduction by a Random Edge Noise Barrier", Acoustical Society of America 113rd Meeting Lay Language Papers, 16-20 June 1997, Pennsylvania.

RTA (Roads and Traffic Authority of New South Wales), (2001), Environmental Noise management Manual, RTA Environment and Community Policy Branch, Australia.

SAEFL, Environment Switzerland, 2002 Environment Under Pressure: Noise, 165- 172.

Sakuma, T., Kosaka, Y., Yasuda, Y. ve Oshima, T., (2003), "N86 A Numerical Technique for Assessing the Performance of Noise Barriers With 3-D Modelling", Internoise 2003, 25-28 August 2003, Korea.

- Schaper, J., (2002), Towards Healty, Sustainable Transportation –WHO London Charter in Finland, Transport and Communications Programs and Strategies, Finland.
- Schomer, P., (2001), Assessment of Noise Annoyance, Schomer and Associates Inc, Champaign/IL.
- Schutt, J.R., Phillips, K.L., Landphair, H.C., (2004), A New Approach to Aesthetics Design Desicion Making for Texas Highways, Texas Transportation Institute, Texas.
- SEPA, EHS ve Environment Agency, (2001), Horizontal Guidance for Noise Assessment and Control, Environment Agency, Bristol.
- Shima, H., Watanabe, T., Yokoi, T., Mizuno K., Matsumato, K., Yamamoto, M. ve Miyana, T., (1998), "Branched Noise Barriers", Internoise 98, 16-18 November 1998, New Zealand.
- Smith, B.J., Peters, R.J. ve Owen, S., (1996), Acoustics and Noise Control, Addison Wesley Longman, Essex/England.
- Stocker, J, (2002), Noise Mapping Cambridge City Centre Final Report, CERC Ltd, UK.
- Stocker, J.R., Carruthers, D.J., "How Accurate is a Noise Map Created Using Air Quality Source data?", Institute of Acoustics Conference, November 2002, Stratfordupon Avon.
- Sullivan, J.J., (2003), "Walls of Fame", Public Roads Magazine, 66(6).
- Şerefhanoglu, M., (1987), Yapılarda Dış Gürültü Denetimi (Projelendirme Temel İlkeler), Y.Ü. Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları Yıldız/İstanbul.
- Şerefhanoglu, M., (1988a), Gürültünün Açık Havada Yayılmasında Dış Etkenler ve Gürültü Denetimi, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları Yıldız/İstanbul.
- Şerefhanoglu, M., (1988b), Gürültü Denetiminde Kabul Edilebilecek Gürültü Düzeylerinin Belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları YÜ Basımevi, Yıldız/İstanbul.
- Şerefhanoglu, M., (1991), İstanbul Kentsel Tasarım Kılavuzu, YTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Şerefhanoglu, M., Karabiber, Z., Akdağ, Y., N. ve Aknesil, E., A., (1996), "Konutların İşyerine Dönüşümü", İTÜ Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü İstanbul 2020 Metropolün Geleceğine Yönelik Öneriler, 17-19 Nisan 1996, İstanbul.
- Tachibana, H. ve Lang, W., (2002), "Noise Policies and Regulations", Inter noise 2002,19-21 August 2002, Dearborn /USA.
- Tasmania Department of Primary Industries, Water and Environment, (2003), Draft Environment Protection Policy (Noise), Tasmania, Australia.
- Tennekes, M.J., (2002), "Noise Nuisance Created By Catering Establishments In The Netherlands", INECE Sixth International Conference on Environmental Compliance and Enforcement, 15 -19 April 2002, San Jose/Costa Rica.

Thalheimer, E., (2000), "Construction Noise Control Program and Mitigation Strategy at the Control Artery/ Tunnel Project, Noise Control Engineering , Sept-October, 48(5): 162-163.

The Royal Australian Institute of Architects, (1996), Protection From Traffic Noise in Residential Areas, Urban Design – Planning Note 2, Melbourne.

Tosun, İ, Avşar, Y., Sevindir, H.C. ve Beyhan, M., (2003), Isparta'da Gürültü Düzeyi Üzerine Trafik, Endüstri ve Ticari Faaliyetlerin Etkisi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(1):70-79.

Türk Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Vakfı, (2004), Gürültü, TKBBV Yerli Yayınları, İstanbul.

Türkiye Ekonomik ve Toplumsal Tarih Vakfı, (1994), Düünden bugüne İstanbul Ansiklopedisi, Kültür ve Tarih Vakfı, İstanbul.

Türksever, A.N., (2001), Türkiye'de Büyük Şehir Alanlarında Yaşam Kalitesinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yöntem Denemesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, (1980), Highway Traffic Noise, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

Vos, P.H.de, (2004), "New Methods for Noise Mapping in the Harmonoise and Imagine Projects", Internoise 2004, 22-25 August, Prague/Czech Republic.

Watts, D., R., (1995), "Traffic Noise Barriers", TRL Noise & Vibration Group Annual Review, United Kingdom.

Watts, G.R., (1996), "Acoustic Performance of Paralel Traffic Noise Barriers", Applied Acoustics, 47(2): 95-119.

Watts, G.R. ve Godfrey, N.S., (1999), "Effects on Roadside Noise Levels of Sound Absorption Materials in Noise Barriers", Applied Acoustics, 58: 385-402.

Yamamoto, K., Shono, Y., Ochiai, H., and Hirao, Y., (1995), "Measurements of the Noise Reduction by Absorptive Devices Mounted at the Top of the Highway Noise Barriers", Internoise95, July 1995, Newport Beach/California.

Yarlıorpak, Ç., Uluçaylı, M., (1992), "Gürültü Kirliliğinin Kontrolü ve Gürültü Perdeleri", 2. Kent içi Ulaşım Kongresi, 16-18 Aralık 1992, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul.

**İNTERNET KAYNAKLARI**

- [1] [www.acousticassociates.co.uk/envnoise.htm](http://www.acousticassociates.co.uk/envnoise.htm)
- [2] [www.acts.co.za/enviro](http://www.acts.co.za/enviro)
- [3] [www.aepb.gov.cn/news](http://www.aepb.gov.cn/news)
- [4] [www.air-quality-management.co.uk/noise32.pdf](http://www.air-quality-management.co.uk/noise32.pdf)
- [5] [www.akustisk.selskap.com](http://www.akustisk.selskap.com)
- [6] [www.ashreregion7.org/tc2b/pastprograms/Outdoor\\_Noise/barriers.pdf](http://www.ashreregion7.org/tc2b/pastprograms/Outdoor_Noise/barriers.pdf)
- [7] [www.betterroads.com/articles](http://www.betterroads.com/articles)
- [8] [www.bksv.com](http://www.bksv.com)
- [9] [www.bluescopesteel.com.au](http://www.bluescopesteel.com.au)
- [10] [www.bre.co.uk](http://www.bre.co.uk)
- [11] [www.brickinfo.org/pdfs](http://www.brickinfo.org/pdfs)
- [12] [www.camden.gov.uk](http://www.camden.gov.uk)
- [13] [www.carsonite.com](http://www.carsonite.com)
- [14] [www.cerc.co.uk](http://www.cerc.co.uk)
- [15] [www.csigroup.biz](http://www.csigroup.biz)
- [16] [www.ctf.istanbul.edu.tr/kbb](http://www.ctf.istanbul.edu.tr/kbb)
- [17] [www.datakustik.de](http://www.datakustik.de)
- [18] [www.debakom.de/noise.htm](http://www.debakom.de/noise.htm)
- [19] [www.defra.gov.uk/environment/noise/index.htm](http://www.defra.gov.uk/environment/noise/index.htm)
- [20] [www.djc.com/special/design95/10002599.htm](http://www.djc.com/special/design95/10002599.htm)
- [21] [www.dot.state.ak.us/stwddes/dcsenviron](http://www.dot.state.ak.us/stwddes/dcsenviron)
- [22] [www.dot.state.mn.us/metro/tps/htms/noise](http://www.dot.state.mn.us/metro/tps/htms/noise)
- [23] [www.drnoise.com](http://www.drnoise.com)
- [24] [www.eaue.de/publikation/Noise-popp2.pdf](http://www.eaue.de/publikation/Noise-popp2.pdf)
- [25] [www.environment.act.gov.au](http://www.environment.act.gov.au)
- [26] [www.environment.detr.gov.uk/noisemaps/birmingham/report/index.htm](http://www.environment.detr.gov.uk/noisemaps/birmingham/report/index.htm)
- [27] [www.environment.sa.gov.au/epa/noise.html](http://www.environment.sa.gov.au/epa/noise.html)
- [28] [www.environmentalresults.com.au/noisemapping.htm](http://www.environmentalresults.com.au/noisemapping.htm)
- [29] [www.epa.ie](http://www.epa.ie)
- [30] [www.epa.nsw.gov.au](http://www.epa.nsw.gov.au)
- [31] [www.epa.vic.gov.au/Noise/entertainment;noise.asp](http://www.epa.vic.gov.au/Noise/entertainment;noise.asp)
- [32] [www.epanotez.epa.vic.gov.au](http://www.epanotez.epa.vic.gov.au)
- [33] [www.epd.gov.hk/epd/english](http://www.epd.gov.hk/epd/english)
- [34] [www.ergo.human.cornell.edu](http://www.ergo.human.cornell.edu)
- [35] [www.europa.eu.int/comm/environment/noise/home.htm](http://www.europa.eu.int/comm/environment/noise/home.htm)
- [36] [www.fhwa.dot.gov/environment/keepdown.htm](http://www.fhwa.dot.gov/environment/keepdown.htm)
- [37] [www.forster.at](http://www.forster.at)
- [38] [www.herculete.com](http://www.herculete.com)
- [39] [www.hill-smith.co.uk](http://www.hill-smith.co.uk)
- [40] [www.hinsinc.com](http://www.hinsinc.com)
- [41] [www.hkioa.org/policypaper.pdf](http://www.hkioa.org/policypaper.pdf)
- [42] [www.hmmh.com](http://www.hmmh.com)
- [43] [www.ipcforina.eng.unipr.it/public/papers/074-ICA95.pdf](http://www.ipcforina.eng.unipr.it/public/papers/074-ICA95.pdf)
- [44] [www.i-ince.org](http://www.i-ince.org)
- [45] [www.info.gov.hk/yearbook/2003](http://www.info.gov.hk/yearbook/2003)
- [46] [www.laermkontor.de](http://www.laermkontor.de)
- [47] [www.larif.org.uk/NOISE-MAPPING-OF-WESTMINSTER.pdf](http://www.larif.org.uk/NOISE-MAPPING-OF-WESTMINSTER.pdf)
- [48] [www.LondonNoiseMap.com](http://www.LondonNoiseMap.com)
- [49] [www.macronet.org/earth-advocate/acotec/walls.html](http://www.macronet.org/earth-advocate/acotec/walls.html)

- [50] [www.monet.cz/zr/envi95/kap-05.htm](http://www.monet.cz/zr/envi95/kap-05.htm)
- [51] [www.nonoise.org](http://www.nonoise.org)
- [52] [www.nra.ca.za/documents](http://www.nra.ca.za/documents)
- [53] [www.odot.state.or.us/eshtm/noise.htm](http://www.odot.state.or.us/eshtm/noise.htm)
- [54] [www.odpm.gov.uk](http://www.odpm.gov.uk)
- [55] [www.ourhealdsburg.com/noise/healdsburg-noise-ordinance.htm](http://www.ourhealdsburg.com/noise/healdsburg-noise-ordinance.htm)
- [56] [www.pa.op.dlr.de/acoustics/213.pdf](http://www.pa.op.dlr.de/acoustics/213.pdf)
- [57] [www.phel.gov.uk/hiadoos/noise.pdf](http://www.phel.gov.uk/hiadoos/noise.pdf)
- [58] [www.phigroup.co.uk](http://www.phigroup.co.uk)
- [59] [www.plexiglas.de](http://www.plexiglas.de)
- [60] [www.port-o-wall.com](http://www.port-o-wall.com)
- [61] [www.protemmetal.com](http://www.protemmetal.com)
- [62] [www.pvresources.com](http://www.pvresources.com)
- [63] [www.quilite.com](http://www.quilite.com)
- [64] [www.roehm.com/en/plexiglas/applications/overview/larmschutz](http://www.roehm.com/en/plexiglas/applications/overview/larmschutz)
- [65] [www.rshm.saglik.gov.tr](http://www.rshm.saglik.gov.tr)
- [66] [www.saint-gobain.com](http://www.saint-gobain.com)
- [67] [www.soundfighter.com](http://www.soundfighter.com)
- [68] [www.soundsorb.com](http://www.soundsorb.com)
- [69] [www.state.nj.us/turnpike/engsec20.pdf](http://www.state.nj.us/turnpike/engsec20.pdf)
- [70] [www.stuttgart.army.mil/Ducuments/Environmental/Governingstandards/Noise.pdf](http://www.stuttgart.army.mil/Ducuments/Environmental/Governingstandards/Noise.pdf)
- [71] [www.tc.gc.ca/pacific/envt/environmentalservices.htm](http://www.tc.gc.ca/pacific/envt/environmentalservices.htm)
- [72] [www.teco\\_schallschutz.de](http://www.teco_schallschutz.de)
- [73] [www.urbislighting.com](http://www.urbislighting.com)
- [74] [www.usg.com](http://www.usg.com)
- [75] [www.usroads.com/journals/p/rej/9712/re971201.htm](http://www.usroads.com/journals/p/rej/9712/re971201.htm)
- [76] [www.viracon.com](http://www.viracon.com)
- [77] [www.wbm.co.uk/NoiseMapping.htm](http://www.wbm.co.uk/NoiseMapping.htm)
- [78] [www.wsatkins.com/wsainetnet/aboutus/publications/features/londonnoisemap](http://www.wsatkins.com/wsainetnet/aboutus/publications/features/londonnoisemap)
- [79] [www.wsdot.wa.gov/EESC/design/designManual/desEnglish/1140-E.pdf](http://www.wsdot.wa.gov/EESC/design/designManual/desEnglish/1140-E.pdf)
- [80] [www.xs4all.nl](http://www.xs4all.nl)
- [81] [www.yildiz.edu.tr](http://www.yildiz.edu.tr)
- [82] [guevara0.tipod.com/environment/id4.html](http://guevara0.tipod.com/environment/id4.html)
- [83] [lhc-proj-quwg.web.cern.ch/lhc-proj-qawg/CD-ROM-V3-0/safety/A8.pdf](http://lhc-proj-quwg.web.cern.ch/lhc-proj-qawg/CD-ROM-V3-0/safety/A8.pdf)
- [84] [ifcln0001.worldbank.org](http://ifcln0001.worldbank.org)
- [85] [ops.fhwa.dot.gov/wz/workshops](http://ops.fhwa.dot.gov/wz/workshops)

**EKLER**

- Ek 1 Ülkelerin Dış Çevre Gürültüsü ile İlgili Oluşturduğu Standartlar ve Yönetmelikler
- Ek 2 Örnek Çalışma Alanlarında Gerçekleştirilen Anket Çalışmaları
- Ek 3 Çevre Gürültüsünün Ölçmelerinde İzlenen Süreç
- Ek 4 Kente Ait Akustik Bilginin Çıkarılması İçin Gürültü Haritalarının Oluşturulması



## Ek 1 Ülkelerin Dış Çevre Gürültüsü ile İlgili Oluşturduğu Standartlar ve Yönetmelikler

Ülkelerin, dış çevre gürültüsü ile ilgili olarak oluşturduğu standart ve yönetmelikler aşağıda yer almaktadır (Pelton, 1993; Defra, 1999; National Environment Agency, 1999a; 1999b; Queensland, 2000; IPPC, 2001; Sepa vd., 2001; Degn vd., 2002; Flindall ve Mc Kenzie, 2002; Schaper, 2002; Taschibana ve Lang, 2002; Tennekes, 2002; Tasmania, 2003; [2]; [3]; [5]; [19]; [25]; [26]; [27]; [29]; [30]; [31]; [32]; [33]; [35]; [38]; [41]; [44]; [45]; [50]; [51]; [52]; [54]; [55]; [56]; [57]; [63]; [66]; [70]; [71]; [80]; [83]; [84]).

### 1. Almanya – Limit Values According to the Technical Instructions on Noise Abatement, 1984

Gürültü Azaltılmasında Teknik Bilgilere Bağlı Olan Limit Değerler (TA – Lärm), 1984'e göre belirlenen gürültü emisyonları için standart emisyon değerleri Çizelge Ek 1.1'de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.1 Gürültü emisyonları için standart emisyon değerleri

a)	Sadece ticaret ve endüstri alanları	Gündüz /Gece	70 dB(A)
b)	Baskın olarak konut yapılarının olmadığı alanlar	Gündüz /Gece	65 dB(A) / 50 dB(A)
c)	Hiçbirinin baskın olmadığı karışık alanlar	Gündüz /Gece	60 dB(A) / 45 dB(A)
d)	Baskın olarak konut alanları	Gündüz /Gece	50 dB(A) / 40 dB(A)
e)	Sadece konut olan alanlar	Gündüz /Gece	50 dB(A) / 35 dB(A)
f)	Sağlık yapıları, hastane vb. içeren alanlar	Gündüz /Gece	45 dB(A) / 35 dB(A)
g)	Endüstri/ticaret yapılarına bitişik konut yapıları	Gündüz /Gece	40 dB(A) / 30 dB(A)

Not: Gündüz zaman dilimi 6.00 a.m.–10.00 p.m.,gece zaman dilimi 10.00 p.m. – 6.00 a.m. saatleri arasındır.

### 2. Avusturya – ÖAL –Richtlinie ve Railway Noise Immission Ordinance

Yol trafik gürültüsü için yeni federal yollarda ise limit değerler, gündüz 60 dB(A), gece 50 dB(A) olarak belirlenmiştir. Mevcut yollarda 5 dBA daha fazladır. (ÖAL –Richtlinie Nr.23, 1983) Demiryolu gürültüsü için belirlenen LAeq gürültü düzeyleri ise 06.00 – 22.00 saatleri arasında 60 – 65 dB, 22.00 – 06.00 saatleri arasında 50 – 55 dB(A) olarak belirlenmiştir. (Railway Noise Immission Ordinance, 1993) Havayolu gürültüsü için LDN 75 dBA – 65 dBA'dan yüksek gürültü düzeylerinde yeni konut alanına izin verilmemekte, mevcut yapılar için ses izolasyonu gerekmekte, 60 dBA – 50 dBA'dan yüksek gürültü düzeylerinde ses izolasyonu olan yeni gürültüye duyarlı yapılara ve mevcut konut alanlarına izin verilmektedir. (ÖAL– Richtlinie Nr 24,1984) Endüstriyel gürültü için gürültü düzeyleri ise 06.00 – 22.00 saatleri arasında LAeq, 8sa 50 – 55 dB, 22.00 – 06.00 saatleri arasında LAeq, 0.5sa 40 – 45 dB(A) olarak belirlenmiştir. (ÖAL – Richtlinie Nr.3, 1986)

### 3. Belçika

Brüksel'de karayolu ve demiryolu gürültüleri için WHO limit değerleri kullanılmaktadır. Havayolu gürültüsü için belirlenen LSpavion değerleri 7.00 – 23.00 saatleri arasında 55 – 65 dB, 23.00 – 07.00 saatleri arasında 45 – 55 dB arasında, endüstri gürültüleri için ise belirlenen Lsp değerleri, 07.00 – 19.00 saatleri arasında 42 – 60 dB, 19.00 – 22.00 saatleri arasında 36 – 54 dB, 22.00 – 07.00 saatleri arasında 30 – 48 dB arasında değişmektedir. Flandre'de karayolu ve demiryolu için yönetmelik yoktur. Havayolu gürültüsü için %HA=0.0684\*(LDN-42)<sup>2</sup> formülüyle gürültüden etkilenen kişilerin yüzdesi hesaplanabilmektedir. Endüstriyel gürültü için belirlenen gürültü düzeyleri Çizelge Ek 1.2'de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.2 Kılavuz gürültü değerleri dB(A) LA95,1sa

Açıklama	D	E	N
Kırsal alan vb.	40	35	30
Endüstri alanlarına 500m uzaklıkta olan konut ve kırsal alanlar	50	45	45
Ticaret alanlarına 500m uzaklıkta olan konut ve kırsal alanlar ve rekreasyon	50	45	40
Endüstri ve ticaret alanları	60	55	55
Diğer bütün alanlar	45	40	35
Tampon alanlar	55	50	50

Not: 07.00 – 19.00 saatleri arası D harfi ile, 19.00 – 22.00 saatleri arası E harfi ile, 22.00 – 07.00 saatleri arası N harfi ile gösterilmiştir.

Vallon'da ise karayolu ve demiryolu için yönetmelik yoktur.

Havayolu gürültüsü için Ldn 65 – 70 dB'den yüksek gürültü düzeylerinde yeni yapıma izin verilmez ve finansman desteği bulunmazken, 60 – 65 dB arası yeni yapıma sınırlı izin verilir ve finansman desteği olanaklıdır.

Endüstriyel gürültüler için alan kullanımlarına göre izin verilen gürültü düzeyleri Çizelge Ek 1.3'de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.3 Endüstriyel gürültüler için izin verilen LAeq, 1saat gürültü düzeyleri

Alan tipi	Yeni endüstriler			Mevcut endüstri		
	D	T*	N	D	T*	N
Ocak ve endüstriye 500m, ticarete 200m.den yakın alan	60	55	60	50	45	40
Konut ve tarım, orman, yeşil alanlar, parklar	55	50	45	50	45	40
Kamusal alanlar ve halk birimleri ve boş alanlar	60	55	50	55	50	45

Not: 06.00 – 07.00 ile 19.00 – 22.00 saatleri arası ve Pazar tüm gün T\* harfi ile, 07.00 – 19.00 saatleri arası D harfi ile, 22.00 – 06.00 saatleri arası N harfi ile ifade edilmiştir.

#### 4. Çek Cumhuriyeti – Decree of the Ministry of Public Health of the Czech Rep.No. 13/1977-Law Gazette

Çek Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı Yasası, No 13/1977'e göre, basit olarak belirlenen dış gürültü düzeyi LAeq = 50 dB(A) olsa da bu düzeyler zamana ve binanın tipine de bağlı olmaktadır. Mevcut yapılaşmanın olduğu alanlarda: LAeq = 65 dB(A) gündüz, LAeq = 55 dB(A) gece; Yeni yapılaşmanın olduğu alanlarda ise: LAeq = 55 dB(A) gündüz, LAeq = 45 dB(A) gece olarak belirlenebilmektedir.

#### 5. Danimarka – Danish EPA Environmental Guideline No.5, 1984

Karayolları, demiryolları, havayolları, motor sporları, atış alanları, rüzgar türbinleri ve yüksek hızlı feribotlardan kaynaklanan gürültüler için de yönetmelikler bulunmaktadır.

Danimarka EPA Çevresel Yasalar No.5, 1984: Kaynaklardan Gelen Çevresel Gürültü'de alanlar için önerilen limit gürültü düzeylerinin değerleri Çizelge Ek 1.4'de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.4 Alan tiplerine göre önerilen limit gürültü düzeyleri (LAeq)

Alan tipi	Pazartesi – Cuma 7.00 am–6.00 pm, Cumartesi 7.00 am–2.00 pm	Pazartesi – Cuma 6.00 pm–10.00 pm, Cumartesi 2.00 pm–10.00 pm, Pazar ve tatiller 7.00 am–10.00 pm	Tüm günler 10.00 pm–7.00 am
	1.Ticaret ve endüstri alanları	70 dB	70 dB
2.Kirliliğin yasak olduğu ticaret ve endüstri alanları	60 dB	60 dB	60 dB
3.Karışık konut /ticaret	55 dB	45 dB	40 dB
4.Çok katlı yapı alanları	50 dB	45 dB	40 dB
5.Açık ve tek katlı konutların bulunduğu konut alanları	45 dB	40 dB	35 dB
6.Tatil evi ve kamusal rekre	40 dB	35 dB	35 dB

Not: Gürültü, işitilebilir tonlardan ve impulslardan oluşuyorsa, LAeq ya 5 dB eklenmelidir.

### 6. Finlandiya – Finnish Noise Abatement Policy, 1999

Finlandiya Gürültü Azaltım Politikası, 1999'a göre dış alan kullanımlarına ve günün zamanına bağlı olarak belirlenen gürültü düzeyleri Çizelge Ek 1.5'de görülmektedir.

Çizelge Ek 1.5 Belirlenen gürültü düzeyleri LAeq

Dış Alan	Belirlenen gürültü düzeyleri	
	07.00 – 22.00	22.00 – 07.00
Konut, rekreasyon alanları, eğitim ve sağlık yapıları,	55	50
Yeni yapılacak konut, eğitim, rekreasyon sağlık yapıları	55	45
Tatil yapıları (kamp alanları vb.)	45	40

### 7. Fransa – Protection Against Noise – Safety Code, 1993

Çevresel Koruma'ya göre belirlenen gürültü düzeyleri Çizelge Ek 1.6'da görülmektedir.

Çizelge Ek 1.6 İzin verilen ortalama gürültü düzeyleri dB(A)

Alanlar	Günün Zamanı		
	Gündüz (7.00–20.00)	Orta süreç (6.00–7.00/20.00–22.00) Pazar ve tatiller(6.00–22.00)	Gece (22.00–6.00)
Alan 1 Hastaneler, dinlenme alanları, şehir dışı	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)
Alan 2 Kırsal / kent konut alanları, hafif trafik alanları	50 dB(A)	45 dB(A)	40 dB(A)
Alan 3 Kent konut alanları	55 dB(A)	50 dB(A)	45 dB(A)
Alan 4 Alışveriş merkezlerinin ve iş yerlerinin olduğu kent konut alanları	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)
Alan 5 Endüstri alanları	65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)
Alan 6 Ağır endüstri alanları	70 dB(A)	65 dB(A)	60 dB(A)

### 8. Hollanda – Noise Nuisance Act, 1979

Gürültü Sorunu Yasası'na göre, limit gürültü değerleri Çizelge Ek 1.7'de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.7 Kaynağa göre limit gürültü değerleri

Kaynak	Önerilen Düzey	Koşullarla karşılaşırsa maksimum izin verilenler dB(A)			
		Yeni konut al.	Yeni kaynak	İkisi de yeni	İkisi de mevcut
Trafik(yerel)	50 (+5)	65 (+5)	65 (+5)	60 (+5)	70 (+5)
Trafik(oto yol)	50 (+3)	55 (+3)	60 (+3)	55 (+3)	70 (+3)
Endüstri	50	55	55	55	65
İmpuls gürültü	50 (-5)	50 (-5)	50 (-5)	55 (-5)	65 (-5)
Tren yolu	57	70	70	70	73
Aviation Act					
> 6000 kg uçak (kosten – unit)	35 Ku	45 Ku	45 Ku	45 Ku	65 Ku

Not: Değerler, 7.00-19.00, akşam 19.00-23.00 ve 23.00-7.00 saatleri arası için hesaplanmıştır.

### 9. İngiltere – Planning Policy Guidance: “Planning and Noise”, 1994

İngiltere Planlama Politikası Kılavuzu (PPG) 24 “Planlama ve Gürültü”, 1994’e göre iskan gelişimi için belirlenen gürültü kategorileri Çizelge Ek 1.8’de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.8 İskan gelişimi için gürültü kategorileri LAeq,T dB

Gürültü Kategorisi	Zaman	L <sub>AeqT</sub> Karayolu	L <sub>AeqT</sub> Demiryolu	L <sub>AeqT</sub> Havayolu	L <sub>AeqT</sub> Karışık
A Planlama izni verilirken, gürültü düzeyleri belirleyicidir.	7.00–23.00	< 55	< 55	< 57	< 55
	23.00–7.00	< 45	< 45	< 48	< 45
B Planlama kararları verilirken, gürültü göz önüne alınmalıdır.	7.00–23.00	55 – 63	55 – 66	57 – 66	55 – 63
	23.00–7.00	45 – 57	45 – 59	48 – 57	45 – 57
C Daha sessiz alan alternatifinin olmadığı zamanlarda koşullara bakılarak izin verilebilir.	7.00–23.00	63 – 72	66 – 74	66 – 72	63 – 72
	23.00–7.00	57 – 66	59 – 66	57 – 66	57 – 66
D Planlama izni normal olarak kabul edilmemelidir.	7.00–23.00	> 72	> 74	> 72	> 72
	23.00–7.00	> 66	> 66	> 66	> 66

### 10. İspanya – Propuesta de Leg. para el control de los niveles de ruido ambientales

Mevcut/yeni alıcı ve kaynaklara göre gürültü düzeyleri Çizelge Ek 1.9’da gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.9 Belirlenen gürültü düzeyleri LAeq

Alıcı	Mevcut kaynak		Yeni kaynak		Mevcut kaynak		Yeni kaynak	
	Mevcut alıcı	Mevcut alıcı	Mevcut alıcı	Mevcut alıcı	Yeni alıcı	Yeni alıcı	Yeni alıcı	Yeni alıcı
	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece
Hastane, okul, park	60	50	55	45	50	40	50	40
Konut, otel, rekreasyon	65	55	60	50	60	45	55	40
Ofis alışveriş, restoran	70	60	65	60	70	60	65	55
Endüstri alanları	75	75	75	70	75	70	70	65

Not: Gündüz zaman dilimi 07.00 – 22.00 saatleri, gece 22.00 – 07.00 saatleri arasındır.

### 11. İsveç – National Action Plan Against Noise, 1993

İsveç'te trafik gürültüsü için belirlenen gürültü düzeyleri Çizelge Ek 1.10'da gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.10 Yol trafik gürültüsü için belirlenen gürültü düzeyleri LAeq,24sa dB

Yerleşim /Dış	LAeq, 24sa
Konutlar, bakım merkezleri, eğitim yapıları, rekreasyon alanları	55
İş yapıları	65
Düşük gürültü düzeyi olan açık hava rekreasyon alanları	40
Düşük gürültü düzeyi olan konut alanları	45 – 50

Demiryolu gürültüsü için yeni hatlar ve yeni konut alanlarında belirlenen LAeq,24sa gürültü düzeyi 60dB(A), mevcut demiryolu hatları içinse 75dB(A)'dır. Endüstri gürültüleri için yeni ve mevcut yapım alanlarında belirlenen gürültü düzeyleri ÇizelgeEk 1.11'de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.11 Yeni ve mevcut yapım alanlarında belirlenen gürültü düzeyleri LAeq, dB(A)

Alan tipi	Yeni yapım			Mevcut yapım		
	D	E	N	D	E	N
Endüstri alanları	60	55	50	65	60	55
Konut, hastane ve okul alanları	50	45	40	55	50	45
Dış rekreasyon alanları	40	35	35	45	40	40

Not: 07.00–18.00 saatleri arası D harfi ile; 18.00–22.00 saatleri arası E harfi ile; 22.00–07.00 saatleri arası N harfi ile ifade edilmiştir.

### 12. İtalya – Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore G.U. n.280, 1997

Alan kullanımlarına bağlı olarak belirlenen düzeyler, Çizelge Ek 1.12'de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.12 Belirlenen gürültü düzeyleri LAeq

Alan	Belirli kaynak		Bütün kaynaklar	
	06.00 – 22.00	22.00 – 06.00	06.00 – 22.00	22.00 – 06.00
Gürültüye duyarlı alanlar	45	35	50	40
Baskın konut	50	45	55	45
Karışık konut / ticaret	55	45	60	50
Ticaret	60	50	65	55
Baskın endüstri	65	55	70	60
Endüstri	65	65	70	70

### 13. Portekiz – The General Noise Regulation Decree-Law n.251/87

Portekiz Genel Gürültü Yönetmeliği Yasası'na göre, gürültü kaynakları için belirlenen gürültü sınıflandırması Çizelge Ek 1.13'de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.13 Gürültü kaynakları için belirlenen gürültü sınıflandırması LA50

Sınıflandırma	Gündüz (07.00 – 22.00)	Gece (22.00 – 07.00)
Sessiz	< = 65	< = 55
Gürültülü	< = 75	< = 65

#### 14. Türkiye – Gürültü Kontrol Yönetmeliği, 1986

Gürültü Kontrol Yönetmeliği, 1986'ya göre yerleşim bölgelerinde yol trafik gürültüsü için bölge tanımına bağlı olarak belirlenen gürültü düzeyleri Çizelge Ek 1.14'de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.14 Bölge tanımına bağlı olarak belirlenen gürültü düzeyleri

Bölge tanımı		Kriter Leq: 35 – 45 dBA
I	Şehir dışı konut alanları (trafikten uzak)	0
II	Şehir kenarı konut alanları	+5
	Şehir konut alanları (trafik akımına 100m. uzaklıkta)	+10
III	Şehir konut alanı, anayolları, işyerleri (trafik akımına 60m. uzakta)	+15
	Şehir merkezi konut alanı, anayolları, işyerleri (trafiğe 20m. uzakta)	+20
IV	Endüstri bölgesi veya ağır vasıta ve otobüslerin geçtiği anayollar	+25

Not : Günün zaman dilimine bağlı olarak gündüz (06.00 – 19.00) 0, akşam (19.00 – 22.00) -5, gece (22.00 – 06.00) -10 düzeltme değerleri uygulanır.

Diğerleri için yapıların 1m. uzağındaki gürültü seviyeleri ÇizelgeEk 1.15'de gösterilmektedir.

Çizelge Ek1.15 Gürültü kaynakları için yapıların 1m uzağındaki gürültü seviyeleri Leq (dBA)

Gürültü kaynağı	Gündüz (06.00 – 22.00)	Gece (22.00 – 06.00)
Demiryolu gürültüleri	65	55
Endüstri gürültüleri * Sürekli – * Ani	65 - 70	55 - 60
Şantiye gürültüleri* Bina yapımı(sürekli) – * Yol yapımı (geçici) – * Darbe	70 – 75 – 100 (Lmax)	-
Havaalanları (veya bunlara karşılık WECPNL değerleri)	70	60

#### 15. Yunanistan – Ministerial Decision 17252 – Official Gazette 395/B19, 1992

Resmi Gazete'ye göre yol trafik gürültüsü için bina yüzlerinde belirlenen  $L_{Aeq,12sa}$  (08-20) gürültü düzeyi 67 dB'i ya da  $L_{A10,18sa}$  (06-24) gürültü düzeyi 70 dB'i geçmemelidir. Okul ve hastane vb. yüzeylerinde limit 5-10 dB(A) düşürülebilmektedir. Endüstriyel gürültüler için belirlenen maksimum gürültü düzeyleri Çizelge Ek 1.16'da gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.16 Endüstriyel gürültüler için belirlenen maksimum gürültü düzeyleri

Alan	$L_{Amax}$
Endüstriyel	70
Karışık (baskın endüstri)	65
Karışık (baskın konut)	55
Kent (sadece konut) & kırsal	50

### 16. Dünya Bankası Grubu Genel Çevresel Kılavuzu, 1998

Endüstriyel projeler için Dünya Bankası Grubunun (The World Bank Group General Environmental Guideline) belirlediği gürültü düzeyleri Çizelge Ek 1.17’de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.17 Dünya Bankası Grubunun belirlediği gürültü düzeyleri

Alıcı	Zaman	Leq	DNL
Konut, eğitim	Gündüz	55	55
	Gece	45	
Endüstri, ticaret	Gündüz / gece	70	-

### 17. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Gürültü Kılavuzu, 2000

Dünya Sağlık Örgütü Gürültü Kılavuzu (World Health Organization Noise Guidelines) uyarınca, belirli alanlar için etkileri ve düzeyleri Çizelge Ek 1.18’de gösterilmektedir.

Çizelge Ek 1.18 Belirli çevrelerde toplum gürültüsü için kılavuz değerler

Özel Çevre	Kritik sağlık etkileri	LAeq [dB]	Zaman [saatler]	LAmaz, hızlı [dB]
Dış yaşam alanları	Ciddi sıkıntı, gündüz ve akşam	55	16	-
	Orta sıkıntı, gündüz ve akşam	50	16	-
Yatak odası dış	Uyku bozukluğu, pencere açıkken	45	8	60
Okul oyun alanları, dış	Rahatsızlık (dış kaynak)	55	Oyunda	45
Endüstriyel, ticari, alışveriş ve trafik alanları, iç ve dış	İşitme bozukluğu	70	24	110
Seremoni, festival ve eğlenceler	İşitme bozukluğu (koruma < 5 kez/yıl)	100	4	110
Anons sistemleri, iç ve dış	İşitme bozukluğu	85	1	110
Kulaklıkları müzik dinleme	İşitme bozukluğu (serbest alan)	85 #4	1	110
Oyuncak & havai fişek impulsları	İşitme bozukluğu (yetişkin)	-	-	140 #2
	İşitme bozukluğu (çocuklar)	-	-	120 #2
Parklar ve koruma alanları	Huzurun dağılması	#3		

Notlar:

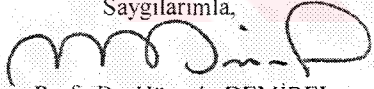
#2 : Kulaktan 100 mm uzakta ölçülen zirve ses basıncı (LAF, max değil)

#3 : Mevcut dış sessiz alanlar korunmalı ve doğal fon gürültüsü düşük tutulmalıdır.

#4 : Kulaklık altında, serbest alan değerlerine adapte edilmiştir.

## Ek 2 Örnek Çalışma Alanlarında Gerçekleştirilen Anket Çalışmaları

Belirlenen bölgelerde anket çalışması gerçekleştirilmeden önce, aşağıda görüldüğü gibi ilgili bölümden gereken izinler alınmıştır.

<b>T.C.</b>	
<b>YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ</b>	
<b>Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü</b>	<b>Yıldız Kampüsü Yıldız/İstanbul 80750</b>
	<b>Tel : 0 (212) 260 35 51</b>
	<b>Fax : 0 (212) 227 44 70</b>
	<b>Tarih : 02.07.2004</b>
	<b>Sayı : B.30.2.YIL.0.C1.00.00-1363</b>
İlgili makama,	
Enstitümüz Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği yüksek lisans öğrencisi 2536002 no'lu Eylem İşler "Kentsel Ölçekte Gürültü Azaltılmasında Engel Etkinliğinin İncelenmesi" konulu tez çalışması ile ilgili olarak "Bağdat Caddesi Çevresi", "E5 Karayolu (Küçükyalı semti)" ve "Yıldız Teknik Üniversitesi Hisarüstü Tesisi"nde gürültü rahatsızlığının belirlenmesine yönelik anket çalışması yapacaktır.	
Adı geçen öğrenciye gerekli kolaylığın gösterilmesi hususunda yardımlarınızı arz ve rica ederim.	
Saygılarımla,  Prof. Dr. Hüseyin DEMİREL Enstitü Müdürü	

Örnek çalışma alanlarından Bağdat Caddesi Şaşkınbakkal Bölgesi ve İstanbul-Ankara Asfaltı D-100 (E-5) Karayolu Küçükyalı Bölgesi'nde gerçekleştirilen anket çalışmalarında ilgililere yöneltilen sorular aşağıda yer almaktadır.

### ANKET SORULARI

**Soru 1)** Cinsiyetiniz nedir?

- a) Kadın
- b) Erkek

**Soru 2)** Eğitim durumunuz nedir?

- a) İlköğretim
- b) Lise
- c) Yüksekokul

**Soru 3)** Burada kendinize ait eviniz ya da işyeriniz var mı?

- a) Evet var
- b) Hayır yok

**Soru 4)** Ne zamandan beri bu bölgede yaşıyorsunuz?

- a) 1 yıldan az
- b) 1 – 5 yıl
- c) 5 – 10 yıl
- d) 10 yıldan fazla

**Soru 5)** Bu bölgede yaşamaktan memnun musunuz?

- a) Evet memnunum
- b) Hayır memnun değilim
- c) Bilmiyorum

**Soru 6)** Burayı sevme nedeniniz nedir?

- a) Huzurlu, sakin olması
- b) Sesli, canlı ve gürültülü olması
- c) Diğer.....

**Soru 7)** Bu bölgedeki gürültü sizi olumsuz etkiliyor mu?

- a) Hiç etkilemiyor
- b) Bazen biraz etkiliyor
- c) Çok fazla etkiliyor

**Soru 8)** Hangi saatler arasında gürültüden daha fazla etkileniyorsunuz?

- a) 06.00 – 18.00
- b) 18.00 – 22.00
- c) 22.00 – 06.00
- d) Değişiyor, belli bir zamanı yok

**Soru 9)** Gürültüden dolayı uyuyamadığımız

oluyor mu?

- a) Evet uyuyamıyorum
- b) Hayır uyuyabiliyorum

**Soru 10)** Rahatsızlığınız pencerenin açık ya da kapalı olma durumuna göre değişiyor mu?

- a) Rahatsızlığım artıyor
- b) Rahatsızlığım azalıyor
- c) Bilmiyorum

**Soru 11)** Aşağıdaki gürültü kaynaklarının hangisinden daha fazla rahatsız oluyorsunuz?

- a) Kamyon, otobüs, minibüs, özel araç
- b) Hızlı giden araç gürültüsü, fren
- c) Araç kornası, alarmı veya polis, ambulans sireni
- d) Araçlarda çalınan müzik ve yüksek sesli insan sesleri

**Soru 12)** Sizce son 5 yıl içinde bu bölgedeki trafik gürültüsünde artış ya da azalma oldu mu?

- a) Gürültü arttı
- b) Gürültü azaldı
- c) Gürültü değişmedi

**Soru 13)** Gürültü engelinin ne anlama geldiğini biliyor musunuz?

- a) Evet biliyorum
- b) Hayır bilmiyorum

**Soru 14)** Sizce burada yol kenarına yapılacak olan gürültü engeli gürültüyü azaltır mı?

- a) Evet azaltır
- b) Hayır azaltmaz
- c) Bilmiyorum

**Soru 15)** Burada bir gürültü engeli yapılırsa bundan rahatsızlık duyar mısınız?

- a) Evet rahatsız olurum
- b) Hayır rahatsız olmam
- c) Bilmiyorum

### Ek 3 Çevre Gürültüsünün Ölçmelerinde İzlenen Süreç

#### 1. Gürültü Ölçmelerinin Öncesinde İzlenen Yöntem ve Süreç

Çalışma alanlarında çevre gürültüsü ile ilgili kentsel, çevresel ve bölgesel faktörlere bağlı olarak mevcut gürültü düzeyinin belirlenmesi için seçilen alanlarda hem gürültü ölçümlerinin yapılması, hem de bilgisayar programları yardımıyla sonuçların ortaya konması gerektiğinden, ölçmelerin öncesinde izlenmesi gereken süreç aşağıda gösterilmektedir.

##### 1.1 Kentsel Gürültülere Yönelik Yönetmelik ve Standartların İncelenmesi

Ölçmelere başlamadan önce çevre ve fon gürültüleri ile ilgili kentsel, çevresel ve bölgesel faktörlere bağlı olarak mevcut gürültü düzeyinin belirlenmesine yönelik olan yönetmeliklerin incelenmesi gerekmektedir. Gürültünün yarattığı rahatsızlıkların ortadan kaldırılabilmesi, toplumun bilinçlendirilerek gürültüye karşı gereken tepkinin sağlanabilmesi ve gürültü kaynaklarının kontrol altına alınabilmesi için, gürültü ile ilgili yasa ve yönetmeliklerin oluşturulması gerekmektedir.

##### 1.2 Gürültü Kaynağının Tanımlanması

Ölçmelerin amacına bağlı olarak gürültü kaynaklarının tanımının yapılması gerekmektedir. Gürültü kaynağının; ulaşım gürültüsü, endüstri gürültüsü, inşaat gürültüsü, ticari gürültü ya da açık hava etkinliklerinden oluşan gürültüleri içeren hangi kentsel gürültü kaynağı olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca gürültü ölçmelerinde, gürültü kaynağının yerinin, konumunun ve yerleşim biçiminin de belirlenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, gürültü kaynağının oluşturduğu ses sinyallerinin zamansal değişimleri ile durağan, aralıklı ve impulsif olmasını belirleyen zaman aralıklarının belirlenmesinin yanında gürültü kaynağının oluşturduğu sesin tayfsal yapısının da saptanması gerekmektedir.

##### 1.3 Ölçmenin Nerede ve Hangi Noktalarda Yapılacağını Saptanması

Ölçmenin amacına bağlı olarak ölçmenin hangi noktalarda yapılacağını saptanması için, alan kullanım haritaları ve halihazır haritalar yardımıyla, potansiyel olarak gürültüye duyarlı alanların belirlenmesi gerekmektedir. Belli özellikleri nedeniyle; eğitim yapıları, (okul, kütüphane vb.) sağlık yapıları, (hastane, poliklinik vb.) dini yapılar (cami, kilise vb.) gibi yapı grupları gürültü etkilerine duyarlı olmaktadır. Bu gürültüye duyarlı özel yapılara konut alanları da eklenmektedir. Alan seçiminde, bu noktaların çevresel ve yapısal (topoğrafik, meteorolojik vb.) özelliklerinin unutulmaması, seçilen bu alanlarda harita, çizim, fotoğraf ve bilgisayar programları kullanılarak gerekli analizlerin yapılması gerekmektedir.

##### 1.4 Ölçme Yerine Göre Akustik Çevrenin Özelliklerinin Tanımlanması

Ölçme yerine göre, ölçüm yerindeki elemanların tanımının yapılarak, alanın algılanabilmesi için alandaki binaların, ağaçların, yüzeylerin ve yansıtıcı nesnelere gibi elemanların bir şema üzerinde gösterilmesi gerekmektedir. Ayrıca, ölçüm yerinin zemin yüzeyinin fiziksel özellikleri, malzemesi ve topoğrafik yapısı gibi akustik çevrenin özelliklerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Yani alan nitelik olarak hem iki boyutlu hem de üç boyutlu olarak algılanabilecek hale getirilmelidir.

##### 1.5 Ölçme Yerinin Çevresel Koşullarının Tanımlanması

Ölçmelere ilişkin sıcaklık, rölatif nem, rüzgar hızı ve doğrultusu gibi bütün atmosferik etkilerin belirlenebilmesi gerekmektedir. Bunun için kullanılan meteorolojik ekipman, anemometre (yelölçer), termometre, hidrometre ve psychrometerden oluşmaktadır.

Anemometre (Yelölçer), rüzgar hızını ölçmeye yarayan bir aygıttır. Sıcak telli anemometre, elektrik akımıyla ısıtılmış platin veya nikel bir telin üzerinden hava akımı geçirilip, telin soğutulup, bu akımın ölçülmesi ve ayarlanması prensibine bağlı olarak çalıştırılmakta ve özellikle türbülansın ileri gelen rüzgar hız çalkantılarının ölçülmesinde kullanılmaktadır. Eğer amper ölçer yazıcı ise alete, anemograf veya yelyazar denmektedir.

Ses kaynağı ile alıcı arasında ki mesafe 30 m den azsa, rüzgar hızını ölçmek için anemometre kullanılabilirken, 30 m den fazla ise, meteoroloji istasyonlarından profesyonel yardım almak gerekmektedir. Ayrıca, rüzgar hızı yerden en az 1.8 m ye kadar ölçülmesi gerekmekte ya da daha da iyisi, sesin kaynaktan çıkıp alıcıya ulaşırken çıkabileceği maksimum yüksekliklere kadar ölçüm yapılması tercih edilmektedir.

Termometre, altı hazne biçiminde olan cam bir tüpün kısmen bir sıvı (civa, alkol vb) ile doldurulması ile oluşturulan, sıcaklığın ölçülmesine yarayan alettir. Hidrometre, ortamdaki rölatif nemin ölçülmesine yarayan bir alettir. Psychrometre ise, hem ıslak hem kuru sıcaklık ölçebilecek özellikte alettir. Ama özel ve yüksek donanım isteyen ölçme koşullarında, meteoroloji istasyonlarına başvurmak gerekmektedir.

Buna ek olarak, ulaşım ile ilgili yapılan gürültü ölçmelerinde ayrıca, araç yoğunluğu, araç sayısı, trafik hacmi vb. gibi trafik ile ilgili ölçmelerin gerçekleştirilebilmesi için, trafik ekipmanına ihtiyaç duyulmaktadır. Trafik ile ilgili verilerde kullanılan ekipman, trafik hacminin daha sonra sayılması, tespit edilmesi vb. nedenlerle kaydedilmesine yarayan, video kamera kaydedici, araç tiplerinin sayılmasına yarayan sayma tablosu ve yine trafik hacmini belirlemeye yarayan panömatik çizgiden oluşmaktadır.

Atmosferik etkilerin yanı sıra, parazit ve mikrofonik etki gibi manyetik alan etkilerinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca, kaynak-mikrofon uzaklığının değişmesi ile sesin artıp/azalması sonucu duran dalga etkisi ile aygıt, gözlemci, ses kaynağı yerleşimi ve aralarındaki mesafelerin etkileri gibi uzaklıkların oluşturacağı etkilerin de unutulmaması gerekmektedir. Örneğin, gürültü kaynağı ile mikrofon arasında 30 m mesafe varsa, hava türbülansı gibi etkilerin, akustik verileri etkileyebileceğinin unutulmaması gerekmektedir.

## 2. Kentsel Gürültü Ölçmeleri Sırasında İzlenen Yöntem ve Süreç

Kentsel gürültünün ölçülmesinden önce yapılan hazırlıkların ardından, ölçmenin amacına bağlı olarak izlenmesi gereken yöntem aşağıda gösterilmektedir.

### 2.1 Ölçmenin Amacına Göre Ses Ölçme Sisteminin Seçilmesi

Ölçmelerde bazı durumlarda önemli olan ölçüt, gürültünün düzeyiyken, bazı durumlarda tayfsal bilgiler ya da zamana bağlı istatistikler olabilmektedir. Ölçmenin amacına bağlı olarak, duruma uygun olan ses ölçme sisteminin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu ses ölçme sistemlerinden eşdeğer sürekli ses düzeyi anlamına gelen  $L_{eq}$ , gürültü düzeyinin A ağırlıklı enerjisinin, ölçme süresine oranlamasıyla; gündüz-gece ortalama ses düzeyi anlamına gelen  $L_{DN}$ , 22.00 – 07.00 saatleri arasında oluşan gürültülerin  $L_{eq}$  değerinin 10 dB artırılmasıyla; gürültü kirliliği düzeyi anlamına gelen  $L_{NP}$ ,  $L_{eq}$  ve bu düzeydeki değişimler nedeniyle ortaya çıkan rahatsızlığın artmasıyla; trafik gürültüsü birimi olan TNI, 24 saatlik periyotlarda ölçülen dış gürültünün A ağırlıklı düzeyinin  $L_{10}$  ve  $L_{90}$ 'a bağlı olarak belirlenmesiyle; tek olay gürültüde kalma düzeyi anlamına gelen  $L_{AX}$ , zaman içinde düzeyi değişen bir sesle bir saniyelik sürelerde aynı A ağırlıklı ses enerjisi olan durağan sesin düzeyinin bulunmasıyla elde edilmektedir.

Bunlardan biraz daha farklı gürültü kaynakları için kullanılan, algılanan gürültü düzeyi olan PNL, özellikle tek başına uçan uçak gürültüleri için kişilerin duyduğu rahatsızlığın belirlenmesiyle; gürültüden etkilenme oranı olan NEF, 24 saatlik periyotlarda bir yerleşim bölgesinin yanıt indeksinin hazırlanmasıyla; gürültü ve sayısı birimi olan NNI, uçak gürültüsünün insanlar üzerinde oluşturduğu etkilerin belirlenmesiyle; R indeksi ortalama en yüksek algılanan gürültü düzeyinin ve 24 saat içinde inen ve kalkan uçak sayılarının bulunmasıyla; birleşik gürültü derecesi olan CNR, etkin algılanan gürültü düzeyi ile gece-gündüz uçuş sayılarının belirlenmesiyle; eşdeğer toplum gürültü düzeyi olan CNEL ise, gün içinde yapılan uçuş sayılarının ve gürültü düzeyinin belirlenmesiyle elde edilmektedir (Aknesil, 1992).

Her gürültü kaynağı için farklı ses ölçme sistemi ve buna bağlı olarak skala ve indeksler kullanılmaktadır. Örneğin, trafik gürültüsü için  $L_{Aeq}$ ,  $L_{Amax}$ ,  $L_T$ ,  $L_{DN}$ ,  $L_{A10}$ ,  $L_{A50}$ ,  $L_{A90}$ ,  $L_{NP}$ ,  $TNI$ ; demiryolu gürültüsü için  $L_{Aeq}$ ,  $L_{PAeq}$ ,  $L_{Amax}$ ,  $L_T$ ,  $L_{DN}$ ,  $L_{A50}$ ; havayolu gürültüsü için;  $L_{Aeq}$ ,  $L_{max}$ ,  $L_{evt}$ ,  $L_T$ ,  $L_{A50}$ ,  $L_{dn}$ ,  $NEF$ ,  $NNI$ ,  $R$ ,  $CNR$  ve  $CNEL$ ,  $B$  ya da  $Ke$ ; endüstri gürültüleri için;  $L_T$ ,  $L_{Aeq}$ ,  $L_{max}$ ,  $L_{Apeak}$ ,  $L_{Ax}$ ; inşaat gürültüleri için  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AT}$ ,  $L_{Amax}$ ,  $L_{DN}$  kullanılmaktadır.

## 2.2 Ses Ölçme Sisteminin Amacına Uygun Olan Alet ve Ekipmanın Seçilmesi

Belirlenen ses ölçme sisteminin amacına uygun olarak ölçmelerde kullanılacak; ses düzeyi ölçer, integralli ölçer, akustik kalibratör, amplifikatör, tayf analizörü, mikrofon, kaydedici gibi alet ve ekipmanın belirlenmesi gerekmektedir.

**Gürültü Kaynağı:** Ölçmenin özelliklerine göre, beyaz yada pembe gürültü ve değişik bant genişliklerinde, dar tayflı sesler üreten kaynaklardan yararlanılmaktadır (Karabiber, 1992). Genellikle 30 saniye pembe gürültü ölçülerek ve kaydedilerek, bu sinyallerin yanıtları belirlenmektedir.

**Kalibratör:** Akustik ekipmanın kontrolünü sağlayan alettir. Kalibratörün referans düzeyi olarak bilinen genelde 1 kHz te 94 ya da 114 dB ile 250 Hz de 124 dB bilinen ses basınç düzeyleri verilerek, akustik ekipmanın duyarlılıkları kontrol edilmektedir (FHWA, 2000). Bu tür bir alet, sistemin duyarlılığını her ölçme setinden önce ya da sonra ölçebilmektedir. En çok kullanılan kalibratörler, pistonfon ve transduser tipleridir (Karabiber, 1992). Pistonfon, kalibre edilecek mikrofonun, kapalı bir boşlukta hareket eden pistonlara yerleştirilmesi yoluyla, bilinen bir ses basınç düzeyi üreterek, iletim sistemli kalibratörler (transduser tip kalibratör) ise, elektronik bir osilatörde üretilen, durağan bir sinyalle uyarılan, küçük bir hoparlör yoluyla, boşlukta bilinen bir ses basınç düzeyi üreterek, atmosfer basıncına uygun düzeltmeler yapabilmektedir.

**Mikrofon Simulatörü:** Akustik ekipman sisteminin elektronik ses düzeni, ölçme mikrofonun yerine yapay mikrofon yerleştirilerek ve 30 saniye kaydedilerek oluşturulmaktadır. Yapay mikrofon, gerçek mikrofona benzer belli özellik göstererek, ölçme sisteminin elektronik ses düzenine oturtulmasını sağlamaktadır.

**Rüzgarlık:** Açık hava ölçmelerinde, mikrofona gelen rüzgarın ölçmelerin doğruluğunu etkilememesi için, mikrofona giydirilen, delikli köpük plastikten yapılan, küresel toplardır. Rüzgarlıkların, temiz, kuru ve uygun biçimde tasarlanıp imal edilmeleri gerekmektedir. Rüzgarlıklar sayesinde, ses basınç düzeylerinin ölçmelerinde akustik ekipman korunur.

**Mikrofon:** Ses dalgalarını elektrik dalgalarına çevirirler. Bir mikrofonun ürettiği elektrik dalgasının, ses dalgasının tam bir kopyası olması, mikrofon varlığı ile ses alanının bozulmaması ve duyarlılığı da zaman içinde, yada çevre koşulları ile değişmemesi gerekir.

Kimi zaman, sapmaların varlığı durumunda, kesinliği arttırmak için düzeltmeler yapılmaktadır. Yanıt, doğrultululuk, stabilite, çevre koşullarının etkisi, lineer olmayan distorsiyon ve elektriksel empedans gibi mikrofon karakteristikleri, üreticiler tarafından aygıtla verilen, belli bir tip mikrofonun seçiminde yada özel bir tür gürültü ölçmesi için mikrofon seçiminde, yönlendirici niteliklerdir. Ses ölçmelerinin büyük çoğunluğunda kullanılan mikrofonlar, mikrofondaki ses basıncına orantılı bir voltaj üreten mikrofonlar, “basınç mikrofonları” olarak sınıflandırılırken, ses dalgalarını, elektrik dalgalarına çevirmekte kullanılan kondansatör, piezoelektrik ve elektret mikrofon vb. olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte, ses alanında yalnızca mikrofonun bulunması gereken durumlarda bağlantı kabloları kullanırken, yerden belli yüksekliğe yerleştirebilmek ve dış etkilerden etkilenmesini önlemek için üç ayak üzerine oturtulmaktadır. Bazı durumlarda mikrofon çıkışını amplifiye etmek ve kabloyu beslemek için, mikrofonda, önampifikatör adı verilen küçük bir elektronik amplifikatör kullanılmaktadır. Ayrıca ölçmelerde, mikrofonun konumuna, mikrofonun yönlendirilmesine, duran dalgalar, atmosferik etkiler, manyetik alanlar gibi çevre koşullarının etkisine de dikkat etmek gerekmektedir.

**Grafik Düzey Kaydediciler:** Ses düzeyi ölçer yada analizör gibi bir aygıtın gösterdiklerinin, sürekli ve kalıcı kaydı, aygıtın çıktısını bir grafik düzey kaydedici aygıtla bağlamak yoluyla elde edilebilmektedir. Grafik düzey kaydedici, logaritmik skalası olan, kaydedici bir voltmetredir. Düzeyler, bir motor tarafından belli bir hızda hareket ettirilen bir kağıt şerit üzerinde, desibel cinsinden lineer olarak çizilmektedir. Bazı kaydediciler, doğrudan ses ölçen aygıtın çıktısına bağlıyken, bazıları için ilave bir amplifikatör gerekmektedir.

**Manyetik Teyp Kaydediciler:** Sinyalleri teybin bir yüzündeki, bölünmüş partikülleri olan, manyetik teyp üzerinde depolayan kaydedicilerin, değişen ve sürekli sinyalleri teyp üzerine kaydeden analog kaydediciler ve “1s”-“0s” çiftlerin birleşimlerinin sinyallerini saklayan dijital kaydediciler olmak üzere iki ana tipi bulunmaktadır. Bir kaydedicinin frekans yanıtı karakteristikleri, teyp hızı, teyp tipi, amplifikatör, kayıt ve playback kafasının fiziksel özellikleri, gibi öğelere bağlıdır. Ayrıca sağlıklı ve kesin ölçmelerin gerçekleşebilmesi için, periyodik performans ölçmelerinin ve bakımının yapılması gerekmektedir.

**Üçte Bir Oktav Bant Analizörler:** Analizörler, ses ölçmelerinin en önemlilerinden biri olan frekans dağılımı, yani, ses düzeylerinin işitilir frekans alanına dağılımının belirlenmesinde kullanılan aygıtlardır (Karabiber, 1992).

**Ses Düzeyi Ölçer:** Sese yaklaşık olarak, insan kulağı ile aynı yanıtı verebilecek biçimde tasarlanan ve ses basınç düzeyinin nesnel ve yinelenebilir olarak ölçülmesini amaçlayan bu aygıtlar, temelde mikrofon, işlem bölümü ve çıkış ünitesinden oluşmaktadır. Ses düzeyi ölçerlerde, sesin incelemesi gereken değişik öğelerine ilişkin, ses basıncı yada genliğin belirlenme biçimi, örnekleme yapılıdığı zaman aralığı ve sesin frekans yapısı ile ilgili belirlemeler olmak üzere üç temel belirleme biçimi bulunmaktadır (Karabiber, 1992).

### 2.3 Seçilen Alet ve Ekipmanın Yerleşiminin Kontrolünün Yapılması

Ölçme sistemine ve amacına uygun olarak seçilen ekipmanın yerleşiminin, konumunun ve doğrultusunun prosedürlere uygun olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir.

### 2.4 Ölçmelerin Niteliğine Bağlı Olarak Gereken Düzeltme Değerlerinin Uygulanması

Ölçmelerin sistemine bağlı olarak ölçme yapılırken, mikrofon konumu, mikrofon kablosu ve fon gürültüsü gibi gereken düzeltme değerlerinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, proje alanının durumuna uygun olarak saptanmış olan akustik aletlerin üreticiler tarafından ya da sertifikalı laboratuvarlarda kalibre edilmesi gerekmektedir.

## 2.5 Ölçmelerin Sayısının Belirlenmesi

Ses alanının üniformluğuna, oluşan sapma ve ayrımlara göre, ölçmelerin doğru ve sağlıklı olması için gereken ölçme sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Değişik kaynaklar farklı örnekleme süresine gerek duymaktadırlar. Birçok kaynağın olduğu durumlarda daha uzun süreye ihtiyaç olmaktadır. Tipik ölçme süresi 2-30 dakika arası olurken, kimi özel durumlarda bu süre 1-24 saate de çıkabilmektedir. Aynı koşullarda ölçmeler minimum 3 kez olmak üzere 6 kez tekrar edilmektedir.

## 3. Kentsel Gürültü Ölçmelerinden Sonra İzlenen Yöntem ve Süreç

Kentsel gürültüye ilişkin ölçmeler tamamlandıktan sonra verilerin kaydedilmesi gerekmektedir. Kayıtlı olması gereken bilgiler aşağıda gösterilmektedir. Ayrıca, insan kulağında işitsel duyulanma yaratan maddesel ortam titreşimleri anlamına gelen sesin; fizyolojik, psikolojik vb. pek çok veriden etkilenen insanın ya da işitsel algının ve elektro akustik yapısı ile sınırları olan ölçme sistemlerinin; gürültü ölçmelerinin kapasitesini ve niteliği belirleyen üç temel etken olduğunun unutulmaması ve kayıt işlemini takiben ölçmelere ilişkin izlenen yöntemde son aşama olarak, elde edilen ölçüm sonuçlarının olması gereken değerlerle karşılaştırılması gerekmektedir.

### 3.1 .Ses Kaynakları İle İlgili Verilerin Kaydedilmesi

Ses kaynaklarının kullanım amacı, yeri, konumu, yerleşim biçimi ve tesbit durumu, oluşturdukları ses sinyallerinin zamansal değişimleri, zaman aralıkları, oluşturdukları sesin tayfsal yapısı gibi belirlenen özelliklerin kaydedilmesi gerekmektedir.

### 3.2 Mekana ve Çevreye İlişkin Verilerin Kaydedilmesi

Ölçme yerine göre, şema üzerinde gösterilen binaların, ağaçların, yüzeylemlerin ve yansıtıcı nesnelere gibi elemanların ve ölçüm yerinin zemin yüzeyinin fiziksel özellikleri, malzemesi ve topoğrafik yapısı gibi akustik çevre özelliklerinin de kayıt edilmesi gerekmektedir.

### 3.2 Ölçme Yerinin Çevresel Koşullarına İlişkin Verilerin Kaydedilmesi

Ölçme yerinin belirlenen sıcaklık, basınç, nem, rüzgar gibi atmosferik etkilerinin ve parazit, mikrofonik etki gibi manyetik alan etkileri gibi çevre koşullarının kayıt edilmesi gerekmektedir.

### 3.3 Ölçmelerde Kullanılan Alet ve Ekipmanın Özelliklerinin Kaydedilmesi

Kullanılan aygıtların markaları, tipleri, seri numaraları ve üreticileri, analizörün kalibratör cinsi ve akustik kalibratör cinsi gibi verilerin kaydedilmesi gerekmektedir.

### 3.4 Ölçmelere İlişkin Verilerin Kaydedilmesi

Gözlemcilerin konumu, mikrofon ve mikrofon doğrultusu konumları, akustik kalibrasyon sonuçları, ağırlıklı ölçme ve gösterge yanıtı (hızlı, yavaş), her bir mikrofon konumunda ağırlıklı ölçme düzeyleri, her bir mikrofon konumunda fon gürültüsü değerleri, mikrofon, kablo ve fon gürültüsü için dB cinsinden düzeltmeler, her bir mikrofon konumu için düzeltilmiş ağırlıklı düzeyler, tarih ve zaman, gözlemcilerin adları gibi ölçme bilgilerinin de kaydedilmesi gerekmektedir.

#### **Ek 4 Kente Ait Akustik Bilginin Çıkarılması İçin Gürültü Haritalarının Oluşturulması**

Gürültü haritaları, bir kente ait gürültünün belirlenmesine yönelik olarak yapılan kestirim yöntemlerinden biridir. Günümüzde, pek çok ülke tarafından, çeşitli amaçlar için kullanılan gürültü haritaları, özellikle yeni planlama ve yapılaşma alanları için büyük önem taşımaktadır. Herhangi bir alanın, bölgenin ya da kentin akustik bilgilerinin, ayrıntılı bir şekilde, belirli bir sistematik dahilinde, eş düzey eğrileri, renklendirme sistemi ya da sayısal değerler olarak, iki boyutlu ya da üç boyutlu olarak ifade edilmesi olarak tanımlanan gürültü haritalarının başlıca kullanım alanları aşağıda yer almaktadır (Avşar, 1998; Kluijver ve Storer, 2000; Thalheimer, 2000; Manvell vd., 2001; Knauss, 2002; Stocker, 2002; Stocker vd., 2002; Brainard vd., 2003; Manvell, 2004; Nas vd., 2004; Vos, 2004; [1]; [4]; [8]; [10]; [12]; [14]; [17]; [18]; [24]; [28]; [43]; [47]; [48]; [77]; [78]).

- **Gürültü Sorununun Kentsel Ölçekte Tanımlanması ve Boyutlarının Ortaya Konması:** Gürültü haritaları yardımıyla gürültü sorununun boyutları somut olarak ifade edilmekte, dolayısıyla gürültüden etkilenen kişi sayısı, yapı sayısı ve alan büyüklüğü gibi veriler saptanabilmektedir.
- **Gürültü Sorunu Hakkında Toplumun, Kurum, Kuruluş ve Yönetim Birimlerinin Bilgilendirilmesi:** Gürültü haritaları vasıtasıyla, gürültü sorunundan ciddi boyutlarda etkilenen kişi yüzdeleri, alan büyüklüğü somut olarak ifade edilerek, kişi, kurum ve kuruluşların bilinçlendirilmesi ve soruna ciddi bir biçimde yaklaşmaları sağlanabilmektedir.
- **Ulaşım İle İlgili Düzenlemelerin ve Yeniliklerin Gerçekleştirilebilmesi İçin Verilerin Oluşturulması:** Gürültü haritaları yardımıyla, ulaşım gürültüsünden ciddi boyutta etkilenen bölgelerin ulaşım akslarında gürültü sorununun giderilmesine yönelik önlemler (yol güzergahlarının değiştirilmesi, ağır taşıtların sınırlı olarak trafiğe sokulması, ciddi kontrollerin getirilmesi, vb.) alınabilmektedir.
- **Yapı Dışı Açık Hava Kullanım Alanlarında Ya Da Yapı İçi Alanlarda Gereken Önlemlerin Oluşturulması:** Gürültü haritaları vasıtasıyla, yapıların kullanım amaçlarına yönelik olarak sağlanması gereken gürültü düzeylerinin aşılmadığı belirlenerek, yapı ve kent ölçeğinde gereken önlemlerin alınması sağlanabilmektedir.
- **Kentsel Tasarım Ölçeğinde Yeni Kentlerin ve Yeni Trafik Yollarının Planlaması İçin Verilerin Oluşturulması:** Gürültü haritalarından alınacak veriler yardımıyla, mevcut yerleşimlerde yapılacak yeni tasarım ve planlamalar ile yeni yerleşimlerin tasarımı ve planlaması daha kolay ve sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Ulaşım planlamasından, kullanım alanlarına kadar her türlü planlamanın yapılmasında kullanılır.
- **Gelecekteki Gelişmelerin Oluşturabileceği Olası Gürültü Konusunda Önceden Saptamaların Yapılarak Gereken Önlemlerin Alınması:** Araç sayısı, dağılımı, trafik hacmi, taşıt yoğunluğu gibi ulaşım alanlarına ilişkin planlanan gelişmeler, gürültü haritalarına işlenerek, gelecekte bu gelişmelerin oluşturabileceği olası gürültü ile ilgili verilere ulaşabilmektedir.
- **Gürültü Yönetmelik ve Standartlarına İlişkin Yapılması Gereken Düzeltme, Ekleme ve Yenilemelerin Yapılabilmesi İçin Verilerin Oluşturulması:** Gürültü haritaları yardımıyla, gürültüden etkilenmenin boyutları her yönüyle ortaya konarak, sorunun giderilmesine yönelik olması gereken yaptırımların, ilgili yasa ve yönetmelikler çerçevesinde sağlanabilmesi, gelecekteki olası gelişmelerin bu standart ve yönetmeliklere yansarak, güncelleştirilmesi sağlanabilmektedir.

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	01.02.1979	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1989 – 1991	Özel Ortadoğu Lisesi
	1991 – 1996	Burak Bora Anadolu Lisesi
Lisans	1996 – 2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	2002 – 2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı

**Çalıştığı kurumlar**

1999 – Devam Ediyor MİP Mimarlık İnşaat Planlama San. Tic. Ltd. Şti

