

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPILARDA GÜRÜLTÜ DENETİMİ SÜRECİNDEKİ
UYGULAMALARIN KARŞILAŞTIRMALI
DEĞERLENDİRİLMESİ

Işıl İPLİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Fiziği Programı

Danışman

Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ

Nisan, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPILARDA GÜRÜLTÜ DENETİMİ SÜRECİNDEKİ
UYGULAMALARIN KARŞILAŞTIRMALI
DEĞERLENDİRİLMESİ

Işıl İPLİK tarafından hazırlanan tez çalışması 14.05.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Nuri İLGÜREL, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ayşe ERDEM AKNESİL, Üye

Altınbaş Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Yapılarda Gürültü Denetimi Sürecindeki Uygulamaların Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim

Işıl İPLİK

İmza



Aileme
ve
Leyla'ya

TEŞEKKÜR

Lisans, yüksek lisans eğitimlerim ve tez çalışması sürecimin her aşamasında beni yönlendiren, yardımlarını esirgemeyen, güler yüzü ve sabrı ile her zaman beni yüreklendiren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ'a ne kadar teşekkür etsem azdır, emeğiniz çok büyük. Gerek derslerde gerekse tez çalışmamda bana olan yardımları için Sayın Doç. Dr. Mehmet Nuri İLGÜREL'e teşekkür ederim. Bugüne kadar eğitimimde emeği olan tüm hocalarıma da bu vesileyle teşekkür ederim.

Teknik detaylarla ilgili sorduğum sorulara vaktini ayırıp bıkmadan cevap veren arkadaşım M. Akif EMEKLİ'ye, çevirilerimi kontrol eden arkadaşım Senem TÜRKKUL'a, tezimin düzenleme sürecinde bana sabırla destek olan arkadaşım Hürmet SALUR'a, bu yola beraber çıktığım arkadaşlarım Nazlıcan NAZLI, Nesim Doğuş YELEKÇİ, Fatma Belgin GEYYAS, Gökşenay ÖZDEMİR, Şevket Baran YÜCEL, Çiğdem GÖRDÜK, Gizem BORA ve Gül Şeyma KEÇECİ'ye çok teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda olan, sorduğum her soruda, danıştığım her konuda bana zaman ayırıp benden desteklerini esirgemeyen, mühendis kimlikleriyle beni motive eden babam Besim İPLİK ve annem Nesrin İPLİK'e teşekkür ederim. Son olarak; binlerce kilometre uzakta olsa da hep yanımda hissettiğim, tüm zamansızlığına rağmen bana hep zaman ayıran ablam Esin İPLİK'e sonsuz teşekkürler.

Işıl İPLİK

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ.....	xii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xvi
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	4
2 GÜRÜLTÜ ENGELLERİYLE DENETİM.....	6
2.1 Gürültü Engellerinin Tanımı.....	6
2.2 Gürültü Engellerinin Etkinliğinde Önem Taşıyan Faktörler	7
2.2.1 Gürültü Engelinin Fiziksel Boyutları ve Konumu	7
2.2.2 Gürültü Engelinin Biçimi	10
2.2.3 Gürültü Engelinin Niteliği.....	17
2.2.4 Gürültü Engellerinde Kullanılan Malzemeler	18
2.2.5 Atmosferik Koşullar ve Zemin Etkisi	25
3 YAPI KABUĞUNDA DENETİM	27
3.1 Yapı Kabuğunun Ses Geçiş Kaybı.....	28
3.2 Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinde İşitsel Konfor	32
3.3 Türkiye'deki Yönetmeliklerde İşitsel Konfor	33

3.4	Diğer Ülke Yönetmeliklerinde İşitsel Konfor	40
4	MEVCUT BİR KONUT ALANINDA GÜRÜLTÜ DENETİMİ UYGULAMALARI ..	42
4.1	Bölgenin Seçimi.....	42
4.2	Bölgenin Gürültü Açısından Durumunun Belirlenmesi	44
4.2.1	Verilerin Toplanması	44
4.2.2	Gürültü Düzeyi Ölçümlerinin Yapılması.....	46
4.2.3	Gürültü Haritalarının Hazırlanması	48
4.2.4	Yapı Kabuğunun Ses Geçiş Kaybının Hesaplanması	62
4.2.5	Mevcut Durumun İncelenmesi ve Kabul Edilebilir Değerlerle Karşılaştırılması.....	64
4.3	Denetim Önlemlerinin Alınması	67
4.3.1	Optimum Uzaklığın Belirlenmesi	67
4.3.2	Gürültü Engeli ile Denetim	68
4.3.3	Yapı Kabuğunda Denetim	80
4.4	Denetim Önlemlerinin Değerlendirilmesi	82
4.4.1	Gürültü Engeli ile Denetimin Etkinliği	82
4.4.2	Yapı Kabuğunda Denetimin Etkinliği	86
4.4.3	Denetim Önlemlerinin Maliyetlerinin Karşılaştırılması.....	88
5	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	90
A	Maliyet Analizi	92
	Kaynakça	94

SİMGE LİSTESİ

$^{\circ}$	Derece
C_{tr}	Spektrum uyarlama terimi
dB	Desibel, ses basınç düzeyi birimi
dBA	A ağırlıklı ses basınç düzeyi
D_{nT}	Standardize edilmiş düzey farkı
$D_{2m,nT,w}$	Ağırlıklı standardize edilmiş cephe düzeyi farkı
Hz	Hertz
kg	Kilogram
L_{Aeq}	A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi
$L_{AF,max}$	A ağırlıklı en yüksek ses basınç düzeyi
$L_{akşam}, L_e$	Akşam gürültü göstergesi
L_{eq}	Eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi
L_{gag}, L_{den}	Gündüz-akşam-gece gürültü göstergesi
L_{gece}, L_n	Gece gürültü göstergesi
$L_{gündüz}, L_d$	Gündüz gürültü göstergesi
$L'_{nT,w}$	Ağırlıklı Standardize Darbe Sesi Yalıtımı
m	Metre
m^2	Metrekare
mm	Milimetre
R_w	Ağırlıklı ses azaltma indeksi
R'_w	Ağırlıklı görünür ses azaltma indeksi
s	saniye

KISALTMA LİSTESİ

BGKKHY	Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkındaki Yönetmelik
ÇGDYY	Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
EEA	Avrupa Çevre Ajansı
FHWA	Federal Highway Administration
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
NMPB Routes-2008	Road Traffic Noise New French Calculation Method
OG	Orta Düzeydeki Gürültü
PVNB	Photovoltaic Noise Barrier
PVC	Polivinil Klorür
TL	Türk Lirası
TS	Türk Standardı
YG	Yüksek Düzeydeki Gürültü

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Topoğrafya ve bitki örtüsünün etkisi.....	7
Şekil 2.2	Uzaklık farkı	8
Şekil 2.3	Uzaklık farkına göre engelden kaynaklanan azalma	8
Şekil 2.4	Görüş çizgisinin engel etkinliğine etkisi	9
Şekil 2.5	Sınırsız engel olma şartı.....	9
Şekil 2.6	Alan yetersizliği nedeniyle yerleşim yerine doğru kıvrılmış gürültü engeli	10
Şekil 2.7	Gürültü engeli biçimleri.....	11
Şekil 2.8	Üst üste binen gürültü engeli boyutları.....	12
Şekil 2.9	Üst üste binen gürültü engeli.....	12
Şekil 2.10	Zigzag binen gürültü engeli.....	13
Şekil 2.11	Farklı başlık biçimleri	13
Şekil 2.12	Fotovoltaik gürültü engeli	16
Şekil 2.13	Bitkilendirilmiş gürültü engeli	16
Şekil 2.14	Prekast beton gürültü engeli.....	19
Şekil 2.15	Metal gürültü engeli	20
Şekil 2.16	Ahşap gürültü engeli	21
Şekil 2.17	Tuğla gürültü engeli	21
Şekil 2.18	Şeffaf gürültü engeli.....	22
Şekil 2.19	Plastik gürültü engeli.....	23
Şekil 2.20	Biyo-engel	24
Şekil 2.21	Birleşik malzeme kullanılan gürültü engeli.....	25
Şekil 2.22	Birleşik malzeme kullanılan gürültü engeli.....	25
Şekil 3.1	Yeşil bina sertifika sistemlerinde işitsel konfor puanları.....	32
Şekil 3.2	Avrupa ülkelerinde hava doğuşlu sesler için gereken en düşük yalıtım değerleri	40
Şekil 3.3	Avrupa ülkelerinde darbe sesi için gereken en düşük yalıtım değerleri	41
Şekil 4.1	Acıbadem semti ve çevresi	43
Şekil 4.2	Toplu konut vaziyet planı	44
Şekil 4.3	Ölçüm yapılan noktalar	46
Şekil 4.4	Ölçüm noktası	47
Şekil 4.5	Çalışma yapılan bölgenin üç boyutlu modeli	49
Şekil 4.6	Tek nokta gürültü hesabı yapılan noktalar.....	50
Şekil 4.7	Mevcut durumda ortalama gürültü düzeyi (L_{den}) haritası.....	52
Şekil 4.8	Mevcut durumda gündüz gürültü düzeyi (L_d) haritası	53
Şekil 4.9	Mevcut durumda akşam gürültü düzeyi (L_e) haritası	53
Şekil 4.10	Mevcut durumda gece gürültü düzeyi (L_n) haritası	54
Şekil 4.11	Mevcut durumda cephelere gelen ortalama gürültü düzeyi (L_{den}).....	55
Şekil 4.12	Mevcut durumda gündüz saatlerinde cephelerdeki gürültü düzeyi (L_d)	55
Şekil 4.13	Mevcut durumda akşam saatlerinde cephelerdeki gürültü düzeyi (L_e)	56

Şekil 4.14	Mevcut durumda gece saatlerinde cephelerdeki gürültü düzeyi (L_n)	56
Şekil 4.15	Kesit alınan noktalar	57
Şekil 4.16	1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_{den})	58
Şekil 4.17	1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_d)	58
Şekil 4.18	1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_e)	58
Şekil 4.19	1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_n)	59
Şekil 4.20	2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_{den})	59
Şekil 4.21	2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_d)	60
Şekil 4.22	2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_e)	60
Şekil 4.23	2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_n)	60
Şekil 4.24	3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_{den})	61
Şekil 4.25	3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_d)	61
Şekil 4.26	3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_e)	61
Şekil 4.27	3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_n)	62
Şekil 4.28	Mevcut durumda duvarların ses geçiş kayıpları ($D_{2m,nTw} + C_{100-3150}$)	64
Şekil 4.29	Gereken ek ses geçiş kaybı	66
Şekil 4.30	Mevcut durumda yapının üç boyutlu gürültü modeli	67
Şekil 4.31	Optimum uzaklığın belirlenmesi	68
Şekil 4.32	Gürültü engelinin konumu	69
Şekil 4.33	Gürültü engeli sonrası durumda ortalama gürültü düzeyi haritası (L_{den})	71
Şekil 4.34	Gürültü engeli sonrası durumda gündüz gürültü düzeyi haritası (L_d)	71
Şekil 4.35	Gürültü engeli sonrası durumda akşam gürültü düzeyi haritası (L_e)	72
Şekil 4.36	Gürültü engeli sonrası durumda gece gürültü düzeyi haritası (L_n)	72
Şekil 4.37	Gürültü engeli sonrası durumda cephelerdeki ortalama gürültü düzeyi haritası (L_{den})	73
Şekil 4.38	Gürültü engeli sonrası durumda cephelerdeki gündüz gürültü düzeyi haritası (L_d)	74
Şekil 4.39	Gürültü engeli sonrası durumda cephelerdeki akşam gürültü düzeyi haritası (L_e)	74
Şekil 4.40	Gürültü engeli sonrası durumda cephelerdeki gece gürültü düzeyi haritası (L_n)	75
Şekil 4.41	1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_{den})	76
Şekil 4.42	1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_d)	76
Şekil 4.43	1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_e)	76
Şekil 4.44	1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_n)	77
Şekil 4.45	2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_{den})	77
Şekil 4.46	2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_d)	78
Şekil 4.47	2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_e)	78
Şekil 4.48	2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_n)	78
Şekil 4.49	3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_{den})	79
Şekil 4.50	3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_d)	79
Şekil 4.51	3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_e)	79

Şekil 4.52	3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_n)	80
Şekil 4.53	Yeni malzemelerle duvarların ses geçiş kayıpları ($D_{2m,nTw} + C_{100-3150}$)	81
Şekil 4.54	Yapı kabuğunun ses geçiş kaybındaki artış miktarları (dB)	87
Şekil 4.55	Yeni malzemelerle yapının üç boyutlu gürültü modeli.....	87



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	Boşluklardan sızıntı	17
Tablo 3.1	Değişik oranlarda cam/dolu alan kullanılmasının farklı frekanslarda ses geçiş kaybına etkisi	29
Tablo 3.2	Çalışmada kullanılan duvar kesitleri.....	30
Tablo 3.3	Çalışmada kullanılan kesitlerin yapı kabuğunda oluşturduğu ses geçiş kaybı değerleri	30
Tablo 3.4	ÇEDBİK sertifika sisteminde akustik ile ilgili kriterler ve kazanılabilecek puan	33
Tablo 3.5	Konut yapılarının mekan ölçeğinde gürültüye hassasiyet ve gürültülülük dereceleri	35
Tablo 3.6	Dış gürültü düzeylerine ve alıcı odası hassasiyetine göre sağlanacak en düşük yalıtım değeri ($D_{nT,A,tr}$, dB)	35
Tablo 3.7	Konutlarda kaynak ve alıcı oda özelliklerine göre sağlanacak en düşük hava doğuşlu ses geçiş kaybı değerler ($D_{nT,A}$, dB)	36
Tablo 3.8	Konutlarda kaynak ve alıcı odası özelliklerine göre oluşabilecek en yüksek darbe sesi düzeyleri ($L'_{nT,w}$, dB)	37
Tablo 3.9	Konut yapılarında komşu hacimler arasında sağlanacak en düşük hava doğuşlu ses yalıtım değerleri ($D_{nT,A}$, dB)	37
Tablo 3.10	Konut yapılarında kaynak odası döşemelerinde olabilecek en yüksek darbe sesi düzeyleri ($L'_{nT,w}$, dB).....	38
Tablo 3.11	Konut yapılarında akustik performans sınıfına bağlı olarak izin verilen mekan içi en yüksek gürültü düzeyleri (dB).....	38
Tablo 3.12	Konut yapılarında sürekli gürültüye sahip servis ekipmanlarına bağlı izin verilen en yüksek iç gürültü düzeyleri (dB)	39
Tablo 3.13	Konut yapılarında sağlanacak en yüksek reverberasyon süreleri (s)	39
Tablo 4.1	2011 yılında 15 Temmuz Şehitler Köprüsü'nden bir günde geçen taşıt sayısı.....	45
Tablo 4.2	2019 yılında 15 Temmuz Şehitler Köprüsü'nden köprüden bir günde geçen taşıt sayısı.....	45
Tablo 4.3	2019 yılı D-100 karayolunun ilgili bölgesinden saatte geçen taşıt sayısı	45
Tablo 4.4	Yerinde ölçüm sonuçları (dBA).....	47
Tablo 4.5	Kara yolu çevresel gürültü sınır değerleri	48
Tablo 4.6	Simülasyonda kullanılan ses gücü düzeyleri (dBA).....	49
Tablo 4.7	Mevcut durum tek nokta gürültüsü hesap sonuçları (dBA)	50
Tablo 4.8	Farklı alıcı odalar için limit değerler	63
Tablo 4.9	Cephelerde kullanılan duvar ve pencere kesitleri.....	63
Tablo 4.10	Mevcut durum tek nokta gürültüsü ve aşım değerleri (dBA)	64
Tablo 4.11	Engel sonrası tek nokta gürültüsü hesap sonuçları (dBA)	69
Tablo 4.12	Cephelerde kullanılan duvar ve pencere kesitleri.....	81
Tablo 4.13	Mevcut durum ve engel sonrası durumun karşılaştırılması . (dBA)82	

Tablo 4.14	Engel Sonrası ÇGDYY'deki sınır değerlere göre yapılan aşımalar (dBA)	83
Tablo 4.15	Gürültü engelinin alıcı noktalardaki etkinlik düzeyi (dBA)	85
Tablo 4.16	Denetim önlemlerinin maliyetlerinin karşılaştırılması	88



Yapılarda Gürültü Denetimi Sürecindeki Uygulamaların Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi

Işıl İPLİK

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ

Rahatsız edici ve istenmeyen ses olarak tanımlanan gürültünün, teknolojik gelişmeler ve nüfus artışının etkisiyle büyüyen bir çevresel kirlilik olduğu bilinen bir gerçektir. Gürültü, insan sağlığı üzerinde çeşitli fiziksel, fizyolojik ve psikolojik etkilere neden olup insanın günlük hayatındaki verimliliğinin düşmesine yol açabilir. Gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkileri, gürültüye maruz kalma süresi ve gürültünün düzeyine göre değişiklik gösterir. Gürültünün çeşitli kaynakları olmakla birlikte kentsel ortamlarda trafik gürültüsü, insanları diğer gürültülere kıyasla daha fazla rahatsız etmektedir.

Gürültü denetiminin temel prensipleri arasında, gürültünün öncelikli olarak kaynakta denetlenmesi ilkesi vardır. Bunun mümkün olmadığı ya da kaynakta denetimin yeterli gelmediği durumlarda ise gürültünün alıcıya ulaşırken yayıldığı ortamda denetlenmesi gerekmektedir. Yapı dışı gürültüler ele alındığı zaman, gürültünün yapıya ulaşmadan denetlenmesi, yapı kabuğuna düşen yükü önemli ölçüde azaltmaktadır. Gürültünün alıcı ile kaynak arasında denetimi sırasında kullanılan en yaygın araç, gürültü engelleridir. Topoğrafik yapının ya da bitki örtüsünün doğal engeller olarak kullanıldığı akustik olarak korunmuş bölgeler elde edilebileceği gibi, gürültü kaynağı ile alıcı arasındaki bir yapı, duvar ya da levha gibi değişik nitelikteki elemanlar da yapay gürültü engelleri olarak kullanılabilir. Gürültü engellerinin etkinliği engelin boyutlarına, konumuna, niteliğine, malzemesine, biçimine ve atmosferik koşullar ile zemin etkisine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Bu çalışmada, İstanbul ili Üsküdar ilçesi Acıbadem semtinde, D-100 karayolu kenarında bulunan bir toplu konutta, trafik gürültüsünün etkilerinin belirlenmesi ve denetimine yönelik önlemlerin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçla,

belirlenen alanda gürültü düzeyi ölçmeleri yapılmış, aynı zamanda Soundplan simülasyon programı yardımı ile bölgenin gürültü haritaları hazırlanmıştır. Değerlendirmeler sonucunda, Türkiye’de yürürlükte bulunan, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’nde belirtilen sınır değerlerin aşıldığı bölgeler tespit edilmiştir. SONArchitect simülasyon programı ile hacme gelen gürültü düzeyi hesaplanarak yapı kabuğunun gürültü denetimindeki etkinliği belirlenmiştir. Her iki simülasyonun sonucu, gürültünün denetlenmesi gerektiğini göstermiştir. Gürültüden etkilenme düzeyini azaltmak amacı ile, Soundplan simülasyon programında karayolu kenarına gürültü engeli yerleştirilmiş ve yapılara gelen gürültü düzeyinde oluşan değişimler gözlemlenmiştir. SONArchitect simülasyon programında ise, yapı kabuğundaki değişimin, hacme gelen gürültü düzeyi üzerindeki etkisi tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, yapı kabuğunda denetim önlemlerinin gürültü engelinden daha etkin bir çözüm olduğu saptanmıştır. Ancak maliyet karşılaştırması yapıldığında gürültü engeli ile denetimin yapı kabuğunda denetimden daha ekonomik olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gürültü, gürültü denetimi, gürültü engelleri ile denetim, yapı kabuğunda gürültü denetimi.

Comparative Analysis of Noise Control Application Processes for Buildings

Işıl İPLİK

Department of Architecture

M. Sc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ

Noise is defined as a disturbing and undesirable sound and noise pollution is a growing environmental problem due to technological developments and population growth. Next to its effects on daily life, noise pollution may cause a variety of physical, physiological and psychological problems. The severity of these problems depends on the duration of noise exposure and the level of noise. Although there are various sources, the noise pollution due to traffic disturbs people more than any other source does in urban environments.

The fundamental principles of noise control include the principle of controlling the noise primarily at the source. In case this is not possible or enough the control actions must be taken before it reaches the receiver either outside of the building or on the building envelope. To reduce the load on the building envelope noise barriers are widely used. From a topographical structure or a vegetation as natural obstacles to walls and plates as artificial barriers a variety of elements might be used to serve this purpose. However the effectiveness depends not only on the barrier size, location, material or shape; atmospheric conditions and ground effect should also be taken into consideration.

In this study, it was aimed to determine the effects of traffic noise in a social housing located in the Acıbadem district of Üsküdar, Istanbul and to present the control measures. For this purpose, noise level measurements were taken in the mentioned area and noise maps of the region were prepared with the help of Soundplan simulation program. Resulting values showed that the limit values of Regulation of Assessment and Management of Environmental Noise is exceeded. The noise level that is received in the inner spaces was calculated by SONArchitect simulation program and the effectiveness of the building envelope in noise control was estimated. The result of both simulations showed that noise should be

controlled. In order to reduce the level of noise impact, a noise barrier was placed on the roadside in the Soundplan simulation program and changes in noise level were recalculated and with SONArchitect the effect of this change is simulated for inner spaces. As a result, it was found that the control on the building envelope is more effective than the noise barrier. However, the cost comparison study proved that the noise barrier is a more economical solution.

Keywords: Noise, noise control, noise control with barriers, noise control in building envelope.



1.1 Literatür Özeti

Gürültünün standart tanımı istenmeyen sestir. Bu tanım, gürültüyü duyan bir gözlemcinin bazı faktörlere bağlı olarak duyduğu sesi istemediği yargısına varması anlamına gelir. Bu yargıya; ses, çok yüksek olduğu, rahatsız edici olduğu ya da hoş olmayan bir kalitede olduğu için varılmış olabilir [1]. Çevresel gürültü giderek büyüyen bir çevresel kirliliktir. Çeşitli kaynakları olabilmekle birlikte sadece yoğun kentsel ortamlarda değil doğal ortamlarda da yaygındır. Çevresel gürültü nedeniyle ekosistemlerimizin sağlığı da risk altındadır. Nüfusun artması, şehirleşme ve teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak gürültü kirliliği artmaya devam edecektir [2], [3].

Trafik gürültüsü, ana karayolu civarında topluluklar için en büyük endişe haline gelmiştir ve kullanıcıları diğer kaynaklardan daha fazla rahatsız etmektedir. Trafik gürültüsünün en önemli nedenlerinden biri araç sayısının trafik yoğunluğunu arttırmasıdır. Araştırmalara göre, kentsel bölgelerde trafik gürültüsü başlıca çevresel sorunlardan biridir [4]. Çevresel Gürültü Direktifi ve halkın tepkilerine göre hem coğrafi kapsamı hem de etkilediği kişi sayısı nedeniyle karayolu trafiğinden kaynaklanan gürültünün baskın tehdit oluşturduğu açıktır. Yine aynı kaynaklara göre, şehirlerdeki diğer baskın gürültü, endüstri gürültüsüdür [2].

Gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkileri, gürültüye maruz kalma süresi ve gürültü düzeyine bağlı olarak değişmektedir. Yüksek düzeyde ya da uzun süreli gürültüye maruz kalan insanlarda fiziksel, fizyolojik ve psikolojik rahatsızlıklar meydana gelebilir. Bunlardan en hafifleri; konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku ve konsantrasyon bozukluğudur. Daha uzun süreli maruz kalma durumunda, kan basıncının artması, kalp atışının ve solunumun hızlanması ve ani refleksler gibi fiziksel tepkiler meydana gelebilmektedir. Bazı durumlarda geçici ve kalıcı işitme eşiği yükselmeleri görülebilmektedir. Maruz kalma durumunun

süreklilik kazanmasının ardından işitme duyusunda geri dönülmeyecek tahribatlar meydana gelebilir ve akustik travma denilen belli frekans bölgesinde kalıcı işitme kaybı gerçekleşebilir. Ayrıca sürekli olarak gürültüye maruz kalma durumunda kalp ve damar rahatsızlıkları tetiklenir ve bu da erken ölüme neden olabilir. Avrupa Çevre Ajansı'nın (EEA) yaptığı çalışmalara göre, çevresel gürültü Avrupa'da her yıl en az 10.000 erken ölüm vakasına neden olmaktadır. Çevresel gürültü nedeniyle 20 milyon insanda sinirlilik, 8 milyon insanda uyku bozukluğu görülmektedir. Ayrıca her yıl 900.000'den fazla hipertansiyon vakasının nedeni çevresel gürültüdür [2], [3], [5], [6].

İnsan sağlığı üzerinde bu kadar fazla etkisi olan çevresel gürültü konusu, kent planlama ölçeğinde ya da yapı planlama ölçeğinde ele alınırsa gürültü denetimine gerek duyulmayabilir. Gürültüye karşı hassas ve hassas olmayan yapıların kent planlama ölçeğinde ayrıştırılmaları gerekmektedir. Örneğin; hastane yapıları ile sanayi yapılarının birbirinden planlama aşamasında ayrılması gerekir [7], [8], [9], [10].

Yerleşim ölçeğinde düzenlemeler yapıldığında, gürültü düzeyi sınır değerinin üzerinde ise gürültü denetiminin yapılması gerekecektir. Gürültünün olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılmasında ya da en aza indirgenmesinde, gürültü denetim yönteminin aşamaları önem kazanır. Buna göre gürültünün üç aşamada denetimi söz konusudur. Bunlar; kaynakta denetim, kaynak ile alıcı arasındaki iletim ortamında denetim ve alıcıda denetimdir. Gürültünün kaynakta denetimi çoğu zaman en etkili ve en ekonomik denetim yöntemidir. Gürültü denetiminin temel ilkelerine göre de gürültünün öncelikle kaynakta denetlenmesi gerekmektedir [7], [10], [11].

Kaynakta denetim, gereksiz gürültü kaynaklarının ortadan kaldırılması, daha az gürültülü kaynakların seçilmesi, titreşim kontrolünün yapılarak gürültü kaynağının alanının büyümesinin engellenmesi ve araç ile makinelerin bakımlarının yapılması gibi çeşitli kökten çözümleri kapsar [7], [10], [12], [13]. Kaynakta denetimin mümkün olmadığı ya da yeterli gelmediği durumlarda ise gürültünün kaynak ile alıcı arasında yayıldığı ortamda denetlenmesi gerekir. Yapı

dışı gürültüler ele alındığı zaman, gürültünün yapıya ulaşmadan denetlenmesi yapı kabuğuna düşen yükü önemli ölçüde azaltacaktır. Gürültünün kaynak ile alıcı arasında yayıldığı ortamda denetlenmesinde kullanılan en yaygın araç, gürültü engelleridir. Bu engeller, doğal ya da yapay engeller olabilir. Topoğrafik yapının, bitki örtüsünün ya da her ikisinin kullanıldığı engeller doğal engellere örnektir [14], [15].

Kaynak ile alıcı arasındaki iletim ortamında yapılacak gürültü denetiminde kullanılabilecek bir diğer araç ise yapay gürültü engelleridir. Gürültü kaynağı ile alıcı arasındaki bir yapı, bir duvar ya da bir levha gibi değişik nitelikteki elemanlar, yapay gürültü engelleri olarak kullanılabilir. Gürültü engellerinin etkinliği; engelin boyutlarına, konumuna, niteliğine, malzemesine, biçimine ve atmosferik koşullar ile zemin etkisine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir [9], [10], [15].

Çevresel gürültünün yapı kabuğundan hacme geçerken fon gürültüsünün üzerinde bir düzey oluşturması durumunda, yapı kabuğunun ses geçiş kaybı artırılarak gürültü denetimi yapılabilir. Bu denetim yönteminde, yapı kabuğunun cam ve dolu alanlarının oranları ile bu kesitlerin ses geçiş kaybı önem kazanır. Kesitin değişmesi ses geçiş kaybını değiştirecek ve hacme gelen gürültü düzeyini etkileyecektir [16], [17].

Türkiye’de yürürlükte bulunan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’nde (ÇGDYY) kara yolu çevresel gürültü sınır değerleri, Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkındaki Yönetmelik’te (BGKKHY) ise dış gürültü düzeyi ve alıcı oda hassasiyetine göre sağlanacak en düşük yalıtım değerleri belirtilmiştir. Oldukça önemli bir konu olan gürültü denetimi için, birçok ülke sınır değer belirlemiştir ve bu değerler ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir [18], [19], [20].

1.2 Tezin Amacı

Kentlerin hızlı ve plansız bir şekilde büyümesi birçok çevresel soruna neden olmaktadır. Plansız büyümeden ulaşım da etkilenmektedir. Nüfus artışı ve kentleşmenin etkisi ile artan araç sayısı, trafik yoğunluğunu arttırmakta, bu da

gürültü kirliliğine neden olmaktadır. Yerleşim alanlarının kara yolu yakınlarında olması konutların gürültüden etkilenme düzeyini arttırmaktadır. Gürültüden etkilenmenin bir diğer nedeni ise teknolojik gelişmeler sonucu kullanılan yapı malzemelerinin dolayısıyla yapı kabuklarının hafiflemesidir.

Kullanıcıları giderek daha fazla etkileyen bir çevre sorunu olan gürültünün, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY) ile Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkındaki Yönetmelik'te (BGKKHY) belirtilen sınır değerleri aşması durumunda denetlenmesi gerekecektir. Gürültü denetiminin ilkelerine göre, gürültünün ilk olarak kaynakta denetlenmesi gerekmektedir. Gürültünün kaynakta denetlenmesinin mümkün olmadığı ya da yeterli gelmediği durumlarda, kaynak ile alıcı arasındaki iletim ortamında denetlenmesi gerekir. Gürültünün alıcıya ulaşmadan denetlenmesi alıcının konfor düzeyinin düşmemesi adına önemlidir.

Gürültünün kaynak ile alıcı arasındaki iletim ortamında denetlenmesinin iki yöntemi, gürültü engeli kullanmak ve yapı kabuğunun ses geçiş kaybını arttırmaktır. Bunlardan gürültü engeli kullanmak hem açık alanlardaki hem de yapılardaki kullanıcıları etkileyecekken yapı kabuğunun ses geçiş kaybını arttırmak sadece önlem alınan yapıyı etkileyecektir.

Bu çalışmanın amacı, gürültü denetim yöntemlerinden ikisi olan gürültü engelleri ile denetim ve yapı kabuğunda denetimin etkinliklerinin karşılaştırılmasıdır. Bu çalışma kapsamında, denetim önlemlerinin etkinlikleri ve maliyetleri de karşılaştırılacaktır.

1.3 Hipotez

Önemli bir çevre kirliliği olan gürültü, denetlenebilir bir problemdir. Giderek artan gürültü düzeylerine rağmen, yapıların hafiflemesi gürültüden etkilenen kullanıcı sayısını arttırmaktadır. Bu aşamada, gürültünün öncelikle kaynakta denetlenmesi gerekir. Kaynakta denetimin yapılamadığı ya da yeterli gelmediği durumlarda gürültü engeli kullanımı ve yapı kabuğunun ses geçiş kaybının arttırılması önemli yararlar sağlar. Bu iki önlemin etkilediği alan büyüklüğü ve kişi sayısı farklılık

göstermektedir. Aynı şekilde, kullanılan malzemeler ve yapım sistemi için de çok farklı seçenekler vardır. Bu seçimler gürültü denetim önleminin maliyetini etkilemektedir. Bir yapının gürültü engelleri ile gürültüden korunması maliyet açısından yapı kabuğu önlemlerinden daha avantajlıdır.

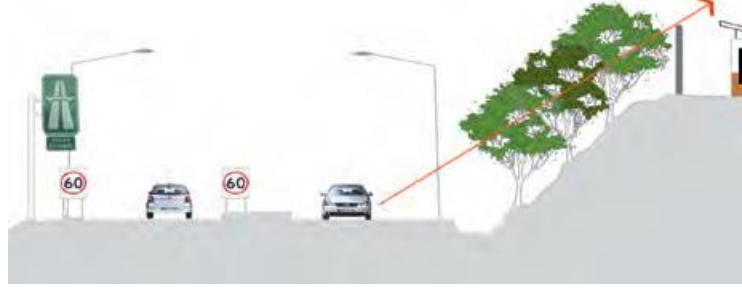


Artan nüfus, gelişen teknoloji ve şehirleşmenin sonucu olarak gürültü kirliliği giderek artan bir sorun olmaya devam edecektir. Şehirlerde gürültü probleminin temel kaynağı karayolu trafiğidir. Karayolu trafiğinin büyük bölümünü otomobiller oluştursa da, kamyon ve otobüsler gibi ağır taşıtların sayısı da azımsanamayacak düzeydedir. Motorlu taşıtlar, hızları ve güçleri oranında ses çıkartırlar. Ancak çıkan ses düzeyini etkileyen başka kriterler de vardır. Bu kriterlerin başında yolun eğimi ve kaplaması gelmektedir. Karayolunun eğimi arttıkça gürültü düzeyi de artmaktadır [6].

Teknolojinin gelişmesi ile motorlu taşıtlar da gelişmekte ve motor güçleri artmaktadır. Motor gücünün artması, taşıtlardan gelen gürültü düzeyini arttırmaktadır. Bu da, kaynakta denetim yapılmasını zorlaştırmaktadır. Kaynakta denetimin yapılamadığı ya da yeterli gelmediği durumlarda, bir sonraki aşama, kaynak ile alıcı arasındaki iletim ortamında gürültünün denetlenmesidir.

2.1 Gürültü Engellerinin Tanımı

Gürültünün kaynak ile alıcı arasındaki ortamda denetlenmesinde kullanılan en yaygın araç gürültü engelleridir. Gürültü engelleri, doğal ya da yapay engeller olabilmektedir. Doğal gürültü engelleri; topoğrafik yapının, bitki örtüsünün ya da her ikisinin kullanıldığı engellerdir. Şekil 2.1’de topoğrafya ve bitki örtüsünün gürültünün azalmasına olan etkisi gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Topoğrafya ve bitki örtüsünün etkisi [21]

Gürültünün kaynak ile alıcı arasındaki iletim ortamında denetlenmesinde kullanılabilecek bir diğer araç, yapay gürültü engelleridir. Gürültü kaynağı ile alıcı arasındaki bir yapı, bir duvar ya da bir levha gibi değişik nitelikteki elemanlar, yapay gürültü engelleri olarak kullanılabilir.

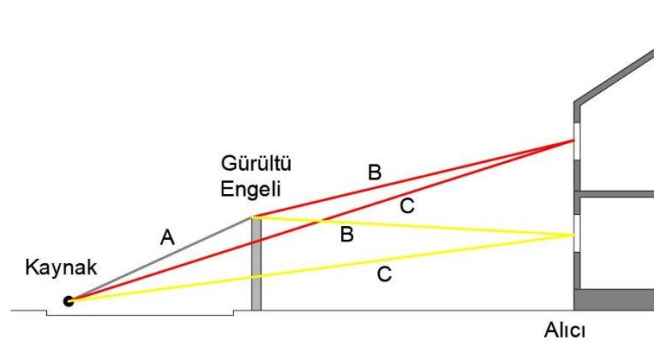
2.2 Gürültü Engellerinin Etkinliğinde Önem Taşıyan Faktörler

Gürültü engellerinin etkinliği bazı kriterlere bağlıdır. Bunlar;

- Gürültü engelinin fiziksel boyutları ve konumu,
- Gürültü engelinin biçimi,
- Gürültü engelinin niteliği,
- Gürültü engelinin malzemesi ve
- Atmosferik koşullar ile zemin etkisidir.

2.2.1 Gürültü Engelinin Fiziksel Boyutları ve Konumu

Gürültü engelinin çalışma prensibi uzaklık farkı hesabına dayanmaktadır. Kaynaktan çıkan sesin kat ettiği mesafenin artması, alıcıya ulaşan sesin azalmasına neden olmaktadır. Yani ses, aldığı yol boyunca sönümlenmektedir. Gürültü engelinin uzaklık farkı hesabı Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

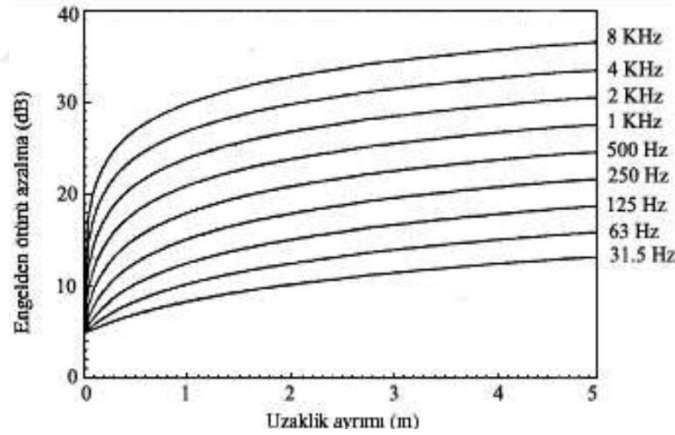


Şekil 2.2 Uzaklık farkı

Gürültü engellerinde uzaklık farkı hesabı yapılırken (2.1) eşitliği kullanılır.

$$\text{Uzaklık Farkı} = A + B - C \quad (2.1)$$

(2.1) eşitliğine göre uzaklık farkı hesabı yapılırken kaynak ile engelin tepe noktası arasındaki mesafe (A) ve engelin tepe noktası ile alıcı arasındaki mesafe (B) toplanıp bundan kaynak ile alıcı arasındaki mesafe (C) çıkarılmalıdır. Sınırsız gürültü engeli için, yapılan uzaklık farkı hesabından çıkan sonucun karşılığı Şekil 2.3'teki grafikten okunarak farklı frekanslardaki gürültü azalması bulunmalıdır.



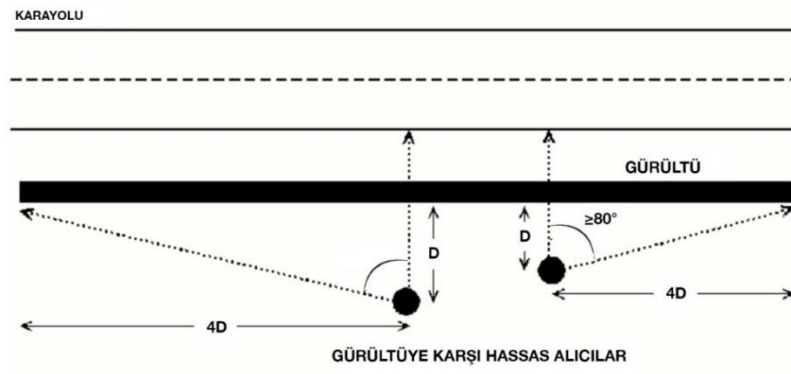
Şekil 2.3 Uzaklık farkına göre engelden kaynaklanan azalma [22]

Şekil 2.3'ten de anlaşılabileceği gibi uzaklık farkının artması sınırsız engellerde, engelden kaynaklanan gürültü azalmasını arttıracaktır. Ayrıca gürültü engelini yüksekliğinin fazla olması uzaklık farkını arttıracığı için gürültü azalmasını da arttıracaktır. Federal Highway Administration'a göre (FHWA) görüş çizgisinden sonra gürültü engeline eklenecek her 1 m, engel etkinliğini 1.5 dB(A) arttıracaktır. Şekil 2.4'te görüş çizgisinin engel etkinliğine olan etkisi gösterilmiştir.



Şekil 2.4 Görüş çizgisinin engel etkinliğine etkisi [23]

Gürültü engellerinin uzunluğu etki edeceği bölgeyi belirlemektedir. Uzunluğu çok fazla olup alıcıyla engelin uç noktaları arasındaki açının 180° 'ye yakın olduğu durumlarda gürültü engeli sınırsız uzunlukta kabul edilip sınırsız engel denilir. Sınırsız engellerde engel uzunluğu önemsiz kabul edilse de sınırlı engellerde önemli bir konudur. Çünkü engel, uzunluğu kadar alana etki edecektir. FHWA'ya göre alıcının gürültü engelinin uç noktasına olan uzaklığı, alıcının engele olan dik uzaklığının en az 4 katı olmalıdır. Başka bir deyişle alıcıdan engele olan dik doğru ile alıcı ile engelin uç noktasını birleştiren doğru arasında kalan açı en az 80° olmazsa, engel yeterli uzunlukta olmayacağından sınırlı engel gibi gürültü azalması sağlayacaktır [23]. Şekil 2.5'te sınırsız engel olma şartı gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Sınırsız engel olma şartı [23]

Bazı durumlarda yerleşim ve karayolunun biçimlenişi nedeniyle uygun uzunlukta bir gürültü engeli için yeterli alan bulunamaz. Böyle durumlarda, engelin uçlarının

yerleşim alanına doğru kıvrılmasıyla istenen gürültü azalması değerine ulaşılabilir [23]. Şekil 2.6'da bunun bir örneği gösterilmiştir.

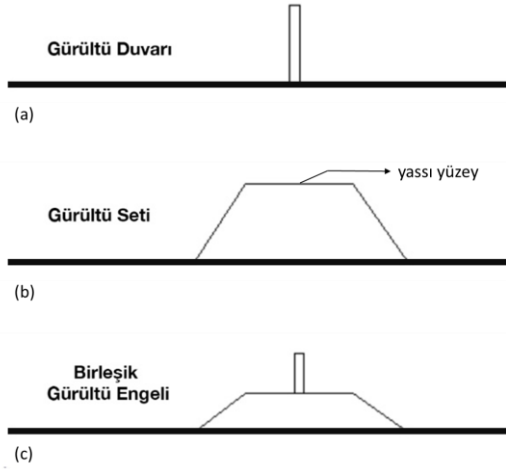


Şekil 2.6 Alan yetersizliği nedeniyle yerleşim yerine doğru kıvrılmış gürültü engeli [24]

Bir gürültü engelinden en iyi performansı elde etmek için engel, kaynağa yakın şekilde konumlandırılır. Aynı etki, gürültü engelinin alıcıya yakın konumlandırıldığı durumda da görülecektir. Ancak bu durum, genellikle kaynaktan uzak konumlandırılmış yapılar için uygulanır. Gürültü engelini, alıcının ve kaynağın ortasında bir konuma yerleştirmek ise gürültü azalmasını ve engel etkinliğini düşürecektir.

2.2.2 Gürültü Engelinin Biçimi

Gürültü engelleri; gürültü seti, gürültü duvarı ya da her ikisinin birleşiminden oluşabilir. Gürültü duvarları, diğerlerinden daha az yer kapladığı için tercih edilmektedir. Gürültü setleri, çimenle ya da yabani çiçeklerle kaplandığında, daha doğal bir görünüm elde edilebilmektedir. Ancak bunların uygulanmasında maliyet, estetik, boyut, çevreye uyum ve kullanıcıların istekleri göz önünde bulundurulmalıdır [23]. Şekil 2.7'de farklı gürültü engeli biçimleri gösterilmiştir.

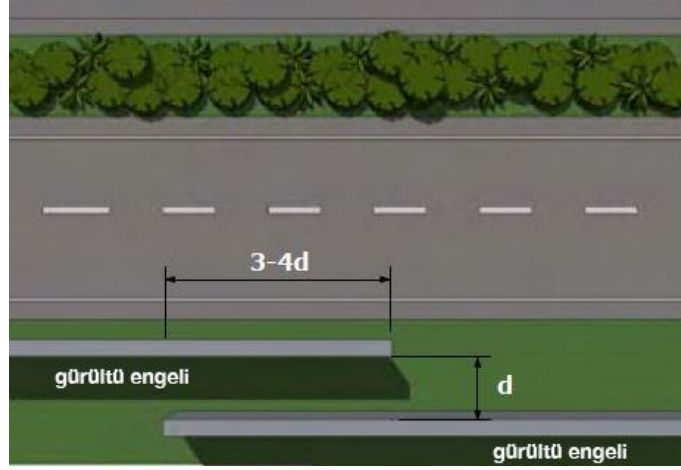


Şekil 2.7 Gürültü engeli biçimleri [23]

Değişen uzunluk ve yüksekliğe bağlı olarak gürültü setleri, gürültü duvarlarından 1-3 dBA daha fazla gürültü azalması sağlamaktadır. Ayrıca gürültü setinin yassı yüzeyinin uzaklık farkını arttırması, gürültü setinin yüzeylerinin toprak olması ya da bitki örtüsü ile kaplı olması ve gürültü setinin gürültü duvarından daha geniş olması da gürültü azalması değerini etkileyecektir [23].

Gürültü duvarı düz bir engel olarak kullanılabileceği gibi plan biçimlerinin değiştirilmesi, başlık eklenmesi, birden fazla engel kullanılması, fotovoltaiik pillerle beraber kullanılması ya da bitkilendirilmesi gibi farklı biçimlerde de kullanılabilir.

Plan Düzleminde Biçimleniş: Gürültü engellerinin etkili olabilmesi için yatay ve düşey düzlemde boşluksuz olması gerekir. Ancak bu durum, uygulamada her zaman mümkün olmayabilir. Yaya yolu ya da bisiklet yolu için, acil durum taşıtlarına yol vermek için ya da bakım yapılması gereken durumlarda erişim sağlayabilmek için gürültü engeline boşluk bırakmak gerekli olabilmektedir. Böyle durumlarda üst üste binen engel tasarımı bir çözüm olarak görülmektedir. Üst üste binen engellerde bini bölgesi, bini boşluğunun en az 3 ila 4 katı uzunlukta olmalıdır [23], [25]. Şekil 2.8’de gerekli boyutlar gösterilmiştir. Şekil 2.9’da üst üste binen engel örneği verilmiştir.



Şekil 2.8 Üst üste binen gürültü engeli boyutları [21]



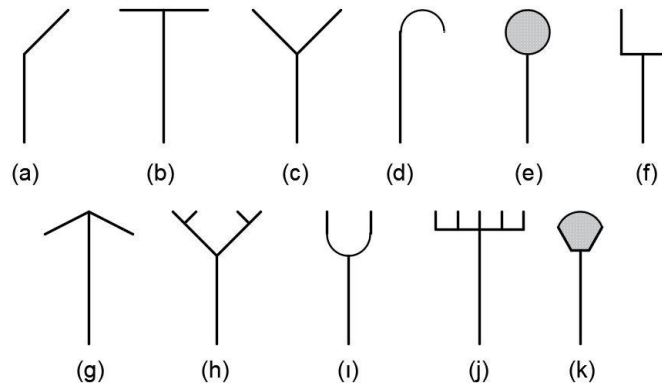
Şekil 2.9 Üst üste binen gürültü engeli [26]

Plan düzleminde farklı bir biçimleniş olan zigzag gürültü engelleri, ilave ses geçiş kaybı sağlamasa da gürültü engelinin monotonluğunu kırdığı için sürücülerin dikkatlerinin dağılmasına engel olmaktadır. Taşıyıcı bakımından bakıldığında, bu tip gürültü engelleri bir temele ihtiyaç duymazlar. Bu nedenlerle avantaj sağlamaktadırlar. Şekil 2.10'da zigzag gürültü engeli örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.10 Zigzag binen gürültü engeli [23]

Gürültü Engellerinde Başlık Biçimlenişi: Gürültü engellerinin en önemli kısmı, başlık kısmıdır. Literatürde çok farklı başlık tipleri bulunmakla birlikte bunların başlıcaları; T başlık, Y başlık, silindirik başlık, U başlık, ok başlık, kadeh başlık, gelişigüzel başlık, çatal biçimli başlık, armut biçimli başlık, baston başlık ve çoklu başlıktır [27], [28]. Farklı başlık biçimlerindeki engeller, aynı yükseklikteki düz engelden daha fazla gürültü azalması sağlayabilmektedir. Bu durumda başlık eklenen gürültü engelleri, daha az yükseklikte düz engelin gerçekleştirdiği gürültü azalmasını sağlayabilecektir. Şekil 2.11’de en sık kullanılan başlık biçimleri gösterilmiştir.



Şekil 2.11 Farklı başlık biçimleri (a. tek yöne eğimli, b. T başlıklı, c. Y başlıklı, d. baston başlıklı, e. silindirik başlıklı, f. U başlıklı, g. ok başlıklı, h. çoklu başlıklı, 1. kadeh başlıklı, j. çatal başlıklı, k. armut başlıklı)

Ekici ve Bougdah, uzaklık farkı metoduyla düz gürültü engellerinin ne kadar etkili olduğunu bulunabildiğini ancak T başlıklı, Y başlıklı, U başlıklı ya da ok başlıklı

gürültü engelleri için bu yöntemin yetersiz kaldığını söylemiştir. Bunu, yapılan hesaplamanın, başlıkların ek yüzeylerinin olumlu ya da olumsuz etkisini ölçememesiyle açıklamışlardır. Bu nedenle; başlık eklenen gürültü engelleri için ölçüm ya da simülasyon yoluna gidilmelidir [28]. Bu tip engellerle ilgili pek çok çalışma mevcuttur; bu çalışmalar hangi tepe biçiminin daha etkili olduğuyla sınırlı kalmayıp bazı çalışmalar başlıkta kullanılan malzemelerle ilgili karşılaştırmaları da içermiştir.

Crombie vd. düz bir gürültü engeline eklenecek başlıkların engel etkinliğini artırabileceğini söylemişlerdir. Ayrıca bu tip gürültü engellerinin en büyük yararının, mevcut bir gürültü engeline sonradan kolayca eklenebilmesi olarak göstermişlerdir. Bu eklemenin kaynak tarafında yer almasının daha verimli olacağını belirtmişlerdir [29].

Söz edilen gürültü engellerinden başka biçimdeki gürültü engelleri de günümüzde kullanılmaktadır. Ekici ve Bougdah (2003) yaptıkları derleme çalışmasında, düzensiz kenarlı gürültü engellerinin kenarlarından dolayı belirli bir frekans bölgesinde fazladan ses kaybına neden olduğunu belirtmişlerdir. 5000 Hz'in üzerinde daha etkili olan bu engellerin ortalama 3-7 dB gürültü azalması sağladığını söylemişlerdir [28].

Yapılan bir çalışmada, farklı başlık biçimleri, düz engelle kıyaslanarak engel etkinliğindeki farklar incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda sırasıyla T başlıklı, kadeh başlıklı, baston başlıklı, çok başlıklı engel tiplerinin düz engelden daha etkili olduğu görülmüştür [7].

Birden Fazla Gürültü Engeli Kullanılması: Karayolunun her iki tarafında yerleşim yeri bulunduğu durumlarda paralel engel kullanımı gerekebilir. Paralel engel kullanımı, tekdüzelik nedeniyle sürücülerde dikkat dağınıklığına neden olabilmektedir. Paralel engel kullanımı ile ilgili öne çıkan nokta, engeller arasındaki çoklu yansımalarıdır. Paralel engellerin en az birisinin eğimli olması çoklu yansımaları engelleyerek engel performansını arttıracaktır.

Watts, yaptığı çalışmada, 34 m aralıklı 2 m yükseklikteki paralel gürültü engellerinin, karayolu kenarındaki tek bir engelle kıyaslandığında 4 dBA

performans kaybına neden olduğunu açıklamıştır. Bu kayıp, gürültü engelinin yüksekliği arttıkça ya da engeller arası mesafe azaldıkça artmaktadır [30].

Paralel engel kullanımının gerekli olduğu durumlarda FHWA bazı önlemler alınmasını önermiştir:

- İki engel arasındaki mesafe, engel yüksekliğinin en az 10 katı olmalıdır. Yapılan çalışmalarda genişlik/yükseklik oranı arttıkça engelin akustik etkinliğindeki kaybın düştüğü görülmektedir.
- Paralel engellerin birinin ya da ikisinin yüzeyinin yutucu malzeme kaplanması maliyeti arttırsa da etkili bir çözüm olacaktır.
- Engellerin birinin ya da ikisinin yoldan dışarı doğru eğilmesi paralellliği bozacaktır. Araştırmalara göre 7° kadar küçük bir açı yeterli olmaktadır [23].

Fotovoltaik Gürültü Engelleri (PVNB): Gürültü engellerinin birden fazla amaçla kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Fotovoltaik gürültü engelleri de bunun örneği olup tek bir yüzeyde hem elektrik enerjisi üretilmekte hem de gürültü denetimi yapılabilmektedir. İlk kez 1989'da İsviçre'de fotovoltaik gürültü engellerinin kullanımını, ilerleyen yıllarda Avusturya, Almanya ve Hollanda izlemiştir. Fotovoltaik gürültü engellerinin tasarımına ve konumuna, cam modülün yola yakın konumlandırılması durumunda, kirlenerek fotovoltaik panelin performansını düşürmesine neden olacağından dikkat edilmesi gerekmektedir [31]. Panelin çalışma prensibine göre, güneş ışınlarının toplaçlara ulaşmasındaki ilk aşama, ışınların saydam yüzeyden içeri girmesi ile başlar. Ancak yüzey kirlendiğinde ışınlar içeri geçmek yerine kirli yüzey tarafından atmosfere yansıtılır. Şekil 2.12'de fotovoltaik gürültü engeli gösterilmiştir.



Şekil 2.12 Fotovoltaik gürültü engeli [32]

Bitkilendirilmiş Gürültü Engelleri: Mevcut gürültü engelinin etkinliğinin artırılması amacıyla bitkilendirilmesidir. Estetik olarak güzel görünmesinin yanı sıra karayolundaki araç trafiğinin neden olduğu hava kirliliğini önlemenin de bir yoludur [33]. Bitki örtüsünün etkinliği karayolu kenarında, kaynağa yakın konumdayken en fazladır. Bu tip engeller gürültü seti ile birlikte kullanıldığında hem estetik olarak güzel görünecek hem de etkinliği artacaktır [28]. Bitkilendirmenin sulama ve kapsamlı bakım gerektirmesiyle ilgili bazı endişeler mevcuttur. Ancak yeni tasarımlarla bu problemler aşılmıştır [33]. Şekil 2.13'te bitkilendirilmiş gürültü engeli gösterilmiştir.



Şekil 2.13 Bitkilendirilmiş gürültü engeli [34]

2.2.3 Gürültü Engelinin Niteliği

Gürültü engellerinin niteliğini belirleyen özellikler, engelin ses geçiş kaybını etkileyecektir. Bu özellikler gereçle veya yapım şekliyle ilgili olabilmekte ve tasarım aşamasında ön plana çıkmaktadır. Bir gürültü engelinin taşıması gereken en önemli niteliklerden biri, hava sızdırmaz olmasıdır. Çünkü, gürültü engelindeki boşluklardan oluşabilecek ses sızıntıları, engel performansını büyük ölçüde azaltabilir. Boşlukların, ses enerjisinin %100'ünü ilettiği kabul edilebilir. Bu nedenle, tasarım veya yapım aşamalarında boşlukların olmamasına, panel birleşimlerine, gerekli durumlarda açılacak boşlukların yapımına özen gösterilmelidir [25].

Tablo 2.1 Boşluklardan sızıntı [25]

Boşlukların Kapladığı Alan %	500 Hz frekansta boşluk olmadığı durumda ses geçiş kaybı			
	10 dB*	15 dB*	20 dB*	25 dB*
	↓ Ses Geçiş Kaybındaki Azalma, dB ↓			
50	10+	15+	20+	25+
25	10	15	20	25
13	8	12	17	22
6	5	10	14	19
3	4	7	11	16
1.5	2	5	9	13
0.78	1	3	6	10
0.39	1	2	4	8
0.20	0	1	3	5
0.10	0	1	1	4
0.05	0	0	1	2

* Önerilen Engel için Gerekli Ses Geçiş Kaybı

Tablo 2.1'e göre 500 Hz için 10 dB'lik ses geçiş kaybı sağlayan bir gürültü engelinde alanın % 3'ünde bir sızıntı olması engel etkinliğini 4 dB azaltmaktadır. Bu durum 20 dB ses geçiş kaybı sağlayan gürültü engelinde ses geçiş kaybının 11 dB azalmasına neden olmaktadır. Alanın %25'inde bir sızıntının olması ise, 10 dB ses geçiş kaybı sağlayan engelin etkinliğinde 10 dB, 20 dB ses geçiş kaybı sağlayan engelin etkinliğinde ise 20 dB azalmaya yol açar. Buna göre 500 Hz frekansta, bir gürültü engelinin alanının %25'inde bir sızıntı olması durumunda engel etkisizdir. Sızıntı arttıkça engel etkinliği azalmaktadır.

Gürültü engellerinin, gerekli gürültü azalmasını sağlayabilmesi için kütle ağırlığının en az 25 kg/m² olan malzemelerden yapılması önerilmektedir. Az

yoğun bir malzemenin kalınlığının yüksek tutulması ya da daha yoğun bir malzemenin daha ince kullanılması ile bu kütle ağırlığına ulaşılabilir [23].

Gürültü engelleri, yapıldıkları malzemeye göre yutucu ya da yansıtıcı özellik gösterebilirler. Herhangi bir yutucu malzeme eklenmemiş engeller, yansıtıcı engellerdir. Bir karayolunun bir tarafına yansıtıcı engel konulduğunda enerjinin bir kısmı yola ve karşı taraftaki alıcılara döner. Teoride, tek bir yansıma için artış fazla olsa da karayolunda yapılan ölçümlerde karşı yöndeki engel dolayısıyla artış 1-2 dBA'yı geçmemektedir. Ses artışının algılanması kolay olmasa da, ses kalitesindeki değişiklik fark edilmektedir [23].

Herman, üç farklı yükseklikte, aynı uzunlukta, yutucu ve yansıtıcı gürültü engelleri üzerinde yaptığı çalışmada, birbirine paralel olarak yerleştirilen yansıtıcı gürültü engellerinin, karşılıklı yansımalarından dolayı gürültünün artması nedeniyle engel performansını düşürdüğünü gözlemlemiştir. Yolun bir tarafına yutucu bir tarafına yansıtıcı gürültü engeli konularak yapılan çalışmada ise gürültü düzeyinde belirgin bir artma görülmemesi engelin performansının arttığını göstermektedir [35].

Kotzen, yansımadan kaynaklanan gürültü artışına çözüm olarak, gürültü engelinin trafiğe bakan yüzünde yutucu özellikteki malzemelerin kullanılmasını önermiştir. Bunlar, gürültü engeline gelen ses enerjisinin çoğunun yutulmasını ve sadece önemsiz bir kısmının yansımaları sağlar. Ayrıca, yutucu engellerin yüzeylerinin gözenekli olması, ses enerjisinin bu boşluklarda da yutulmasını sağlayacaktır. Bu boşluklara mineral yün vb. ses yutucu malzemeler de eklenirse engel etkinliği artacaktır [36].

2.2.4 Gürültü Engellerinde Kullanılan Malzemeler

Gürültü engellerinde en çok kullanılan gereçlerin başında beton, metal, ahşap, tuğla, cam, polikarbon ve plastik gelmektedir. Yapım sistemlerinin geliştiği için bu malzemelerin tek başına ya da bir arada kullanılması mümkündür. Gürültü engelinin; kullanım yeri, çevreye uygunluk, malzemeye erişim, maliyet gibi bazı değişkenlere göre seçilmektedir. Gürültü engelinin inşa edilmesinin birincil

nedeninin fonksiyon olduğuna şüphe olmamakla birlikte görsel bağlam da göz ardı edilmemelidir.

Beton Gürültü Engelleri: Beton, kalıplar yardımıyla istenilen şekil ile boyutta yapılabildiği ve maliyeti düşük olduğu için gürültü engelleri için en çok tercih edilen malzemelerden biridir. Bakımı ve yapımı oldukça kolay olup çeşitli renk ve dokularda üretilmektedir [23]. Yapılan bir çalışmada, bitkilendirme, içi boş beton blok ve ön yapımlı beton panelin gürültü engeli olarak kullanıldığındaki performanslarını karşılaştırmıştır. Bu çalışmaya göre en düşük gürültü azalması bitkilendirme ile sağlanmış olup içi boş olan beton bloklar trafik gürültüsünü azaltmada oldukça etkili bulunmuştur. Bunun yanında, kütle ağırlığı daha fazla olduğundan ön yapımlı beton paneller ile gürültü azalması konusunda en iyi değerler elde edilmiştir [37]. Şekil 2.14'te beton gürültü engeli örneği verilmiştir.



Şekil 2.14 Prekast beton gürültü engeli [38]

Metal Gürültü Engelleri: Gürültü engellerinde, hafif olması sebebiyle tercih edilen metal malzemelerden en çok kullanılanları çelik ve alüminyumdur. Çelik ucuz olduğu için, alüminyum ise kolay işlenebilir olduğu için tercih edilir. Metal malzemeler istenilen renklerde olabildiği gibi istenen yüzey dokusu da verilebilmektedir [23]. 15 yıldan fazla süredir Almanya başta olmak üzere pek çok Avrupa ülkesinde kullanılan metal bariyerler, bu süre boyunca her türlü iklim şartına maruz kaldığı için test ömürlerini tamamlamışlardır. Kotzen, bariyerlerde renk değişimi ya da materyal bozulması gözlenmediğini belirtmiştir [36]. Metal

gürültü engelleri, yansıtıcı ya da yutucu özellik gösterebilmektedir. Eğer ara kesitte mineral yünü benzeri bir yalıtım malzemesi kullanılırsa, bariyer yutucu özellik gösterecektir. Şekil 2.15'te metal gürültü engeli örneği verilmiştir.



Şekil 2.15 Metal gürültü engeli [39]

Ahşap Gürültü Engelleri: Doğaya uyumları nedeniyle kırsal bölgelerde tercih edilen ahşap gürültü engellerinde, kullanılan ağacın cinsine göre engelin yutuculuğu değişim göstermektedir. Bu tip engeller sahada teker teker monte edilebilir ya da fabrikada birleştirilip sahaya getirilebilir. Montajı hızlı bir şekilde yapılabilir. Herhangi bir değişiklik gerektiğinde sökülmesi de kolay olacaktır. Ancak ahşap malzemenin yangın riski olduğundan sahada buna karşı önlem alınmalıdır [23]. Ahşap bariyerlerin uygun maliyetli olmasının yanı sıra bakım ihtiyacının da az olması sebebi ile tercih edilirliliğinin fazla olduğunu, montaj yapılmadan önce uygulanacak koruyucu maddelerle kullanım ömrünün 20-40 yıl arasında olacağı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir [40]. Şekil 2.16'da ahşap gürültü engeli örneği verilmiştir.



Şekil 2.16 Ahşap gürültü engeli [41]

Tuğla Gürültü Engelleri: Genellikle yerel mimariye uyum sağlamak gerektiğinde kullanılır. Dolu tuğla ile örülen bir gürültü engeli yansıtıcı özellik gösterecektir. Yutucu bir gürültü engeli yapmak için delikli tuğla kullanmak gerekir [36]. Şekil 2.17’de tuğla gürültü engeli örneği verilmiştir.



Şekil 2.17 Tuğla gürültü engeli [42]

Şeffaf Gürültü Engelleri: Lamine edilmiş, sertleştirilmiş, güçlendirilmiş camdan veya akrilik ya da polikarbon levhadan yapılabilen şeffaf gürültü engellerini belirli bir mesafeden bakınca birbirinden ayırt etmek çok zordur. Şeffaf gürültü engeli malzemeleri renkli ya da renksiz kullanılabilir. Daha çok köprü ve viyadüklerde kullanılan şeffaf gürültü engelleri, özellikle manzaranın önemli

olduğu yerlerde görüntü olarak nötr oldukları için tercih edilir. Hava ve sıcaklık değişimlerinden etkilendikleri için her zaman şeffaf değildirler. Örneğin, sabah şeffaf olan bir bariyer, havanın sıcaklığıyla kuruyan çiyden sonra yarı opak olabilir [36]. Şeffaf gürültü engelleri ile ilgili endişelerden bazıları, güvenlik, boyutlandırma, ters taraftaki trafik için kamaşma yaratması, vandalizm, titreşimlerden etkilenme ve bakım-onarımdır. Ancak çeşitli düzenlemelerle bu endişelerin üstesinden gelinebilmektedir. Örneğin, kamaşma probleminin giderilmesi için şeffaf malzemeler opak malzemelerle beraber kullanılmaktadır. Güvenlik problemi için lamine, temperli ya da zırlı cam tercih edilmektedir [23]. Şekil 2.18’de şeffaf gürültü engeli örneği verilmiştir.



Şekil 2.18 Şeffaf gürültü engeli [43]

Plastik Gürültü Engelleri: En çok kullanılan plastik malzemeler polietilen, PVC ve fiberglastır. Plastik geri dönüşümü olan bir malzeme olduğu için giderek yaygınlaşması beklenmektedir. Her türlü renk seçeneğinin olduğu plastik gürültü engelleri diğer malzemelere görünüş olarak benzetilebilmektedir [36]. Ancak bu malzemelerin diğer malzemelerden daha kolay yanabilmesi ve vandalizme çok açık olması bazı güvenlik önlemlerini gerektirmektedir. Yanması durumunda bu malzemelerden zehirli gazlar yayılacaktır. Ayrıca ortaya çıkan kül de zehirli kabul edileceğinden su kaynağına ya da toprağa sızması çevreye zarar verecektir [23]. Şekil 2.19’da plastik gürültü engeli örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.19 Plastik gürültü engeli [44]

Biyo-engeller: Biyo-engeller, bitkilendirmenin gürültüyü azaltması ve estetik amaçlarla kullanıldığı gürültü engeli türüdür. Aynı zamanda ulaşım kaynaklı karbondioksit gibi hava kirletici emisyonların, partiküllerin ve ağır metallerin emilmesi sağlanabilir. Biyo-engeller hakkındaki temel endişeler sulama ve periyodik bakım ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Ancak yeni tasarımlarda bu problemler aşılmıştır [33]. Biyo-engeller tek başına kullanılabildiği gibi diğer engellerle birlikte de kullanılabilir. Yapılan bir çalışmada alüminyum, ahşap, şeffaf akrilik, beton ve biyo-engeller arasında yalnızca işitsel deneyler, yalnızca görsel deneyler ve görsel-işitsel deneyler olmak üzere üç farklı tip deney gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre biyo-engeller, estetik olarak tercih edilip gürültü azaltma önyargılarını kırarak algılanan gürültü engeli performansını arttırmıştır [45]. Şekil 2.20’de biyo-engel örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.20 Biyo-engel [46]

Kompozit Gürültü Engelleri: Gürültü engellerinde, beton, metal, ahşap, cam gibi malzemeler tek başlarına kullanılabileceği gibi bir arada da kullanılabilir. Örneğin, tek başına bir tuğla gürültü engeli ya da tek başına bir şeffaf gürültü engeli tekdüzedir. Ancak tuğla duvarın belli yerlerine yerleştirilen şeffaf bölümlerle hem tekdüzelik kırılmış hem de belli yerlerde manzara için açıklıklar oluşturulmuş olacaktır. Yapılan bir çalışmada, referans düz duvar ile bitkilendirilmiş duvar üzerinde gürültü ölçümleri yaparak bunlardan hangisinin daha etkili olduğunu göstermek istemişlerdir. Bu durumda bitkilendirilmiş engelin gürültüyü azaltmada daha etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca yolun iki tarafına yerleştirilen bitkilendirilmiş engellerle yapılan çalışmada, referans duvara göre maksimum 4 dBA'lık gürültü azalması sağlandığı, bunun da bitkilendirmenin yutuculuğu nedeniyle olduğu söylenmiştir. Birleşik malzeme kullanımında engel etkinliğinin de artabileceği ortaya koyulmuştur [47]. Şekil 2.21 ve 2.22'de birleşik malzeme kullanılan gürültü engeli örnekleri verilmiştir.



Şekil 2.21 Birleşik malzeme kullanılan gürültü engeli [48]



Şekil 2.22 Birleşik malzeme kullanılan gürültü engeli [49]

2.2.5 Atmosferik Koşullar ve Zemin Etkisi

Gürültü engelinin etkinliğini etkileyen atmosferik koşullar, atmosferik yutulma ve atmosferik kırılma. Atmosferik yutulma; ses frekansına, neme ve kaynak-alıcı arasındaki basınç farkına bağlıdır. Yaklaşık 30 m'den daha fazla mesafelerde, özellikle yüksek frekanslarda (5000 Hz ve üstü) atmosferik yutulma nedeni ile önemli ölçüde ses azalması gerçekleşmektedir. Atmosferik kırılma ise rüzgar ve sıcaklık değişimlerine bağlı olarak ses dalgalarının yön değiştirmesidir. Rüzgarın

ses ile aynı ya da ters yönde olması, ses dalgalarının zemine ya da yerden yukarı doğru kırılmasını sağlar. Aynı şekilde gece ve gündüz saatlerindeki sıcaklık farkı dolayısıyla da ses dalgaları zemine ya da yerden yukarı doğru kırılacaktır. Bu kırılmalara bağlı olarak alıcıdaki ses seviyesi artacak ya da azalacaktır [23].

Zemin etkisi, kaynak ile alıcı arasındaki zemin nedeni ile ses seviyesindeki negatif ya da pozitif değişimi ifade eder. Zemin tipi, sert ya da yumuşak olabilir. Bunlardan sert zeminler, yüksek oranda yansıtıcı özellikte olan beton, asfalt gibi zemin tiplerini ifade eder. Yumuşak zeminler ise yutucu özellikteki yoğun bitki örtüsü ya da taze düşen kar gibi zemin tipini göstermektedir [23], [27], [47].



Yapı kabuğunun pek çok farklı tanımı bulunmaktadır. Bu tanımların ortak özelliği, yapı kabuğunun iç ortamla dış ortamı ayıran binanın önemli bir parçası olduğunu söylemeleridir. Daha sonraki tanımlarda; buna, yapı kabuğunun korunaklı bir alan oluşturan opak ve saydam yapı bileşenlerinden oluştuğu, iç alanı konforlu kılmakla yükümlü olduğu ve bina ve çevre arasındaki etkileşimi kontrol ettiği eklenmiştir [50], [51], [52].

Yapı kabuğu, yapıyı kütsel olarak tanımlama olan estetik işlevinin yanı sıra yapının ve kullanıcının bazı gereksinimlerini de yerine getirme görevini gerçekleştirir. Bu gereksinimler sağlık, konfor, güvenlik ve ekonomiklik. Bu kriterlerin önceliği çevreye ve yapının işlevine göre değişir. Konfor kriteri için yapı kabuğundan beklenen, enerji korunumu/kazanımı, gürültü kontrolü, doğal aydınlatma, doğal havalandırma, güneş kontrolü ve ışık kontrolü gibi bazı nitelikler bulunmaktadır [53],[54]. Bu konfor kriterlerinin mimari düzenlemelerle gerçekleştirilmesi, insanların yaşantılarına, fizyolojik ve psikolojik ihtiyaçlarına uygun ortamlar elde edilmesini sağlar. Yapı içinde konfor kriterinin gerçekleşebilmesi için yapı kabuğunun tasarımı önemli bir etken olarak öne çıkmaktadır. Bu tasarımı, belirleyecek olan ise yapı kabuğunda kullanılacak malzemeler, bu malzemelerin nasıl bütünleşik kullanılacağı, kabuktaki cam/dolu alan oranı gibi değişkenlerdir [16].

Endüstri devrimi, toplum üzerinde olduğu kadar yapılar ve mimari yaklaşımda da değişimler yaratmıştır. 19. yüzyıldan itibaren alan ve hacim olarak daha büyük yapılara ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Mevcut malzemelerle ve halihazırdaki yapı teknikleriyle geniş açıklıkların geçilememesiyle de yeni yapı malzemeleri ortaya çıkmıştır. Yeni yapı malzemeleri ve teknikleri ile, duvarların taşıyıcı olma özelliğine gerek kalmamıştır. Bu da, yığma yapı sisteminden uzaklaşıp daha ince kesitler ve hafif malzemelerle yapıların inşa edilebilmesini

sağlamıştır [55]. Yapıların hafiflemesi, gürültüye olan dirençlerini azaltmıştır. Ayrıca yapım tekniklerinin değişmesi ile yapı kabuğunda daha fazla boşluk kullanma imkanı doğmuştur. Bunun sonucunda, cam kullanımı nedeniyle yapı kabuğunun bir kez daha gürültüye karşı direnç kaybettiği söylenebilir.

3.1 Yapı Kabuğunun Ses Geçiş Kaybı

Yapı kabuğu, gürültü denetimi söz konusu olduğunda, alıcı ve kaynak arası denetim aşamasının son kontrol noktasıdır. Bu noktadan sonra alıcıda denetim yapılacağı için, kişinin konfor düzeyi etkilenecektir. Gürültünün yapı kabuğunu geçip hacmi etkilemesinde, yapı kabuğunun niteliği ve yapının ya da hacmin işlevi ön plana çıkmaktadır. Bunun nedeni, hacmin işlevine göre belirlenen bir fon gürültüsü düzeyi olmasıdır. Örneğin, konutların yatak odalarında bu düzey $L_{Aeq} = 34$ dB, eğitim tesislerindeki dersliklerde bu düzey $L_{Aeq} = 39$ dB, müzelerde $L_{Aeq} = 44$ dB, alışveriş merkezlerinde ise $L_{Aeq} = 54$ dB'dir [19]. Yapı kabuğundan iç ortama geçen ses düzeyi, fon gürültüsü düzeyini aşıyorsa bunun denetlenmesi gerekmektedir. Bu aşamada, kullanıcı açısından en konforlu, denetimde en etkili yöntem yapı kabuğunun ses geçiş kaybını arttırmak olacaktır [16].

Ünalan, yapı kabuğunun tüm görevlerini yerine getirecek tek bir malzeme olmadığını, bu yüzden yapı kabuğunun taşıyıcı, örtücü ve aydınlatıcı gibi işlevlerini farklı yapı elemanları ile yerine getirmek gerektiğini belirtmiştir [53]. Bu malzemelerin birleşimlerinde cam/dolu alan oranı gürültü açısından oldukça önemlidir. Ses geçiş kaybı fazla olan bir duvarda, ses geçiş kaybı az olan bir malzeme kullanılarak, örneğin ses geçiş kaybı düşük bir pencere açılarak oluşturulan bir bileşik cidarda tüm kabuğun ses geçiş kaybı azalacaktır [16]. Tablo 3.1'de, değişik oranlarda cam/dolu alan kullanılmasının farklı frekanslarda ses geçiş kaybına etkisi gösterilmiştir.

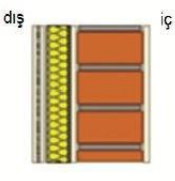
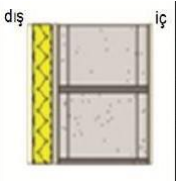
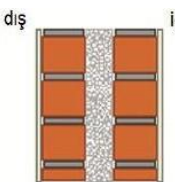
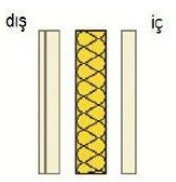
Tablo 3.1 Değişik oranlarda cam/dolu alan kullanılmasının farklı frekanslarda ses geçiş kaybına etkisi [16]

Yapı Kabuğu Cam/Duvar	Ses geçirmezlik (dB)						R ort.
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
1/15	30.2	33.8	37.4	41	44.6	48.2	37.6
1/7.5	26.8	30.4	34	37.6	41.2	44.8	34.2
1/5	25.2	28.8	32.4	36	39.6	43.2	32.6
1/3	23	26.6	30.2	33.8	37.4	42	30.4
1/2	21.2	24.8	28.4	32	35.6	39.2	28.6
2/3	19.4	23	26.6	30.2	33.8	37.4	26.8
Cam	18.2	21.8	25.4	29	32.6	36.2	25.6
Duvar	47.6	51.2	54.8	58.4	62.1	65.7	50.6

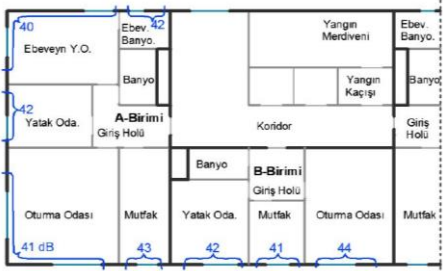
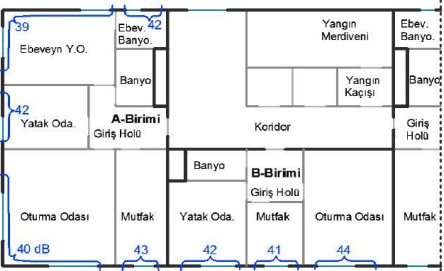
Tablo 3.1'e göre tamamen dolu duvar olan bir kabuğun ses geçiş kaybı 50.6 dB, tamamen cam bir kabuğun ses geçiş kaybı 25.6 dB'dir. Bunların yanı sıra cam/duvar oranı 2/3 olan bir kabukta ortalama ses geçiş kaybı 26.8 dB olup zayıf elemanın ses geçiş kaybına daha yakındır. Bu da, yapı kabuğundaki cam/dolu alan farkının önemini ortaya çıkarmaktadır. Yapı kabuğunun kütlesinin ağırlığı ve malzemenin yoğunluğu ne kadar fazla olursa gürültüye karşı direnci de o kadar fazla olacaktır. Bu nedenle dış gürültünün fazla olup gürültüye karşı hassasiyetin bulunduğu mekanlar için, yüksek ses geçiş kaybı sağlayan yapı kabukları tasarlanmalıdır. Örneğin; otoyol kenarındaki bir konut ile yeşil alan içerisindeki bir konutta sağlanması gereken iç mekan gürültü düzeyi aynı olsa da dış ortam gürültüleri farklı olacağından yapı kabuğu da farklı olmalıdır.

Tekinbaykal, konut yapıları için, gerekli ses geçiş kaybı değerlerinin değişik gereçlerle sağlanmasına yönelik bazı çalışmalar yapmıştır. Çalışmada kullanılan kesitler Tablo 3.2'de gösterilmiştir. Parantez içinde kesitlerin kütle ağırlıkları ile ortalama ses geçiş kaybı değerleri de verilmiştir [8]. Kullanılan kesitlerin oluşturduğu ses geçiş kaybı değerleri Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.2 Çalışmada kullanılan duvar kesitleri (kütle ağırlığı-ortalama ses geçiş kaybı) [8]

KESİT 1 (219 kg/m²-66 dB)  12.5 mm cephe kaplaması 5 mm membran 12.5 mm alçı panel 5 mm boşluk 45 mm cam yünü 15 mm sıva 125 mm tuğla 15 mm sıva	KESİT 2 (213 kg/m²-51 dB)  12 mm cephe kaplaması 15 mm alçı panel 48 mm mineral yünü 12.5 mm alçı panel 215 mm gazbeton 12.5 mm alçı panel
KESİT 3 (350 kg/m²-53 dB)  20 mm sıva 125 mm tuğla 80 mm ekstrüde polistren köpük 125 mm tuğla 20 mm sıva	KESİT 4 (63 kg/m²-67 dB)  12.5 mm cephe kaplaması 25 mm alçı panel 25 mm hava boşluğu 50 mm yalıtım 25 mm hava boşluğu 25 mm alçı panel

Tablo 3.3 Çalışmada kullanılan kesitlerin yapı kabuğunda oluşturduğu ses geçiş kaybı değerleri [8]

KESİT 1 	KESİT 2 
KESİT 3 	KESİT 4 

Kesit 1 ve 2’de kullanılan pencereler 8 mm cam-19 mm argon gazlı hava boşluğu- 8 mm cam; kesit 3 ve 4’te kullanılan pencereler ise 13 mm akustik lamine cam- 12 mm hava boşluğu- 13 mm akustik lamine cam kullanılarak oluşturulmuştur. Kesit 1 ve 2’de kullanılan pencere kesitinin ortalama ses geçiş kaybı değeri 44 dB iken kesit 3 ve 4’te kullanılan pencere kesitinin ses geçiş kaybı değeri 46 dB’dir [10].

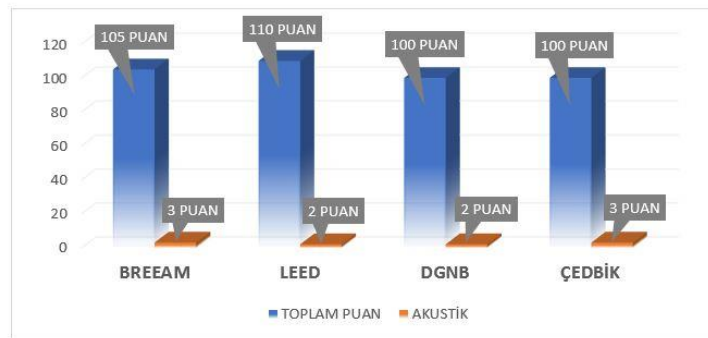
Tablo 3.3’te gösterilen sonuçlardan da anlaşılacağı gibi yapı kabuğunda kullanılan malzemeler değişikçe yapı kabuğunun ses geçiş kaybı da değişmektedir. 1. kesitte kullanılan kesitin toplamda sağladığı ses geçiş kaybı değeri $R_{w(C;Ctr) 100-3150 \text{ Hz}} = 66 \text{ dB}$ iken, yapı kabuğundaki zayıf alanlar (pencereler) hesaba katıldığında bu değer $D_{2m,nT,w+Ctr,50-3150} = 40-44 \text{ dB}$ aralığına gerilemiştir. Bu da bileşik cidarlardaki ses geçiş kaybı değerinin zayıf olan yapı elemanının ses geçiş kaybı değerine daha yakın olduğunu göstermektedir.

Yapılan bir çalışmada tuğla, gazbeton ve betonarme yapı kabukları yalıtımsız, içten yalıtımlı, dıştan yalıtımlı ve çift duvar arası yalıtımlı olmak üzere toplamda 12 farklı kesitin işitsel konfor üzerindeki etkisi test edilmiştir. Sonuçlar önce tek malzemeden oluşturulan kesitler arasında, sonrasında ise tüm malzemeler bir arada değerlendirilmiştir. Bütün malzemeler değerlendirildiğinde, tuğla ve gazbeton duvarlarda içten ve dıştan yalıtımlı kesitlerde en iyi değerler elde edilmiştir. Betonarmede ise, çift duvar arası yalıtım malzemesi kullanıldığında en iyi değerlere ulaşılmıştır. Tüm duvar kesitleri değerlendirildiğinde ise betonarme kesitlerde en iyi sonuçlara ulaşılmış olup bunu tuğla duvar kesitleri takip etmiştir. Gazbetonda elde edilen ses geçiş kaybı değeri daha düşük çıkmıştır [17]. Oysa; enerji korunumu için, gazbeton tuğladan daha iyi bir malzemedir. Bunun nedeni ise; gazbetonun yoğunluğunun tuğladan daha düşük olmasıdır. Günümüzdeki tasarım problemlerinden biri tam da bu aşamada ortaya çıkmaktadır. Enerji korunumu için tasarlanan hafif yapı kabukları nedeniyle gürültü, bu mekanlarda yaşayanlar için problem haline gelmektedir. Oysa yapı, tüm negatif etkileri en aza indirecek bir yapı sistemini ile üretilmelidir [56].

3.2 Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinde İşitsel Konfor

Gelişen teknoloji ve hızla artan nüfusun bir etkisi olarak doğal kaynaklara ve enerjiye olan talep artmıştır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının azalması, talebi yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Bu noktada sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı, 1972 yılında ortaya çıkıp yıllar içinde kullanılmaya devam edilse de, tanımı 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayımlanan Ortak Geleceğimiz (Our Common Future) olarak adlandırılan ve Bruntland Raporu olarak da bilinen raporda yapılmıştır [57]. Raporda sürdürülebilirlik, “Bugünün gereksinim ve beklentilerini, gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılama olanaklarını tehlikeye atmaksızın karşılamaktır.” şeklinde tanımlanmıştır [58]. Bu tanım günümüzde de geçerliliğini korumaktadır. Sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkmasından sonra çevreye daha duyarlı üretimlerin yapılması yeşil bina kavramını ortaya çıkarmıştır. Erdede ve Bektaş yeşil binayı, “Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelen, atık suların geri kazanımını sağlayan, gün ışığından olabildiğince faydalanan, etkin ısı yalıtımı olan ve yapının gerekli enerjiyi kendisinin ürettiği binalardır.” şeklinde tanımlamışlardır. Daha sonra ortaya çıkan sertifika sistemleri ise, yeşil binanın sadece bir kavram olarak kalmayıp gerçeklik kazanmasını sağlamıştır [57].

Yeşil bina sertifika sistemlerinde pek çok değerlendirme kriteri bulunmaktadır. Yenidoğan, yaptığı çalışmada yeşil bina sertifika sistemlerinde işitsel konforun yerini incelemiştir [59]. Şekil 3.1’de yeşil bina sertifika sistemlerinde işitsel konfor puanları gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Yeşil bina sertifika sistemlerinde işitsel konfor puanları [59]

Şekil 3.1’de görüldüğü üzere, dört farklı sertifika sisteminde işitsel konfor koşulları için puanlar oldukça düşüktür. Yüzdelik dilime bakılırsa %1.8 ile %3 arasında değişen değerler görülmektedir.

Türkiye’de üretilmiş bir yeşil bina sertifika sistemi olan ÇEDBİK, sadece konutlara sertifika veren bir sistemdir. Bu sertifika sisteminin değerlendirme kriterlerine bakıldığında akustik ile ilgili iki kriter görülmektedir. Bu kriterler ve puan değeri karşılıkları Tablo 3.4’te verilmiştir.

Tablo 3.4 ÇEDBİK sertifika sisteminde akustik ile ilgili kriterler ve kazanılabilecek puan [60]

DEĞERLENDİRME KRİTERİ	KAZANILABİLECEK PUAN
Dışarıdan gelen gürültünün azaltılması	1 PUAN
Bina içinde işitsel konforun sağlanması	2 PUAN

Sertifika sistemlerinde sağlanması istenen değerler, sertifika sisteminin kendi içerisinde tanımlansa da, öncelikli olarak gerekli ulusal standarda sahip olunması gerekmektedir [16]. Türkiye’de, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği ile Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkındaki Yönetmelik işitsel konfor şartlarını belirlemektedir [19].

3.3 Türkiye’deki Yönetmeliklerde İşitsel Konfor

Tasarım aşamasının doğru yönetilmesi için sınır değerlerin belirlendiği yönetmelikler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanmaktadır. 4 Haziran 2010 tarihinde yayımlanan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY) çevresel gürültü ile ilgili sınır değerleri belirtirken 31 Mayıs 2017’de yayımlanan Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik’te (BGKKHY) farklı binaların farklı iç mekanlarında aşılması gereken gürültü düzeyleri, mekanların kaynak olmaları durumundaki gürültülülük düzeyleri ile alıcı olmaları durumundaki hassasiyet dereceleri, hava ve katı doğuşlu sesler için gereken en düşük yalıtım değerleri verilmiş olup akustik performans sınıfları yer almaktadır.

Ayrıca, bir bodrum katı ve çatı arası hariç yedi kattan daha yüksek konutlar, toplam inşaat alanı 2000 m²'yi geçen iki kattan yüksek konut dışı yapılar, bir işlevden daha fazlasını içeren yapılarla konser ve dinlenme salonu gibi özel akustik tasarım gerektiren kullanımı içeren binalar için de, 31 Mayıs 2018 tarihinde BGKKHY'de yapılan revizyona göre akustik proje hazırlanma zorunluluğu vardır [62].

BGKKHY'de 6 adet akustik performans sınıfı derecesi tanımlanmıştır. Bunlar A, B, C, D, E ve F'dir. A, en yüksek performansı; F, en düşük performansı ifade etmektedir. BGKKHY'de belirtilen yalıtım ya da aşılmasını gereken gürültü düzeyleri akustik performans sınıfına göre belirlenmektedir. Yeni yapılacak binalarda en az C akustik performans sınıfı sağlanması gerekmektedir. Kullanım amacı değişikliğinde ya da esaslı tadilat gereken binalarda ise etkilenen yapı elemanlarında en az D akustik performans sınıfı sağlanması beklenmektedir. A ve B akustik performans sınıfının sağlanması için akustik proje çizilmesi zorunlu hale gelmiştir. BGKKHY'ye göre konut yapıları bina ölçeğinde kaynak olmaları durumunda orta düzeyli gürültü üretirler, alıcı olmaları durumunda ise gürültüye karşı çok hassas yapılardır. Konut yapılarının mekan ölçeğinde gürültüye hassasiyet ve gürültülülük dereceleri Tablo 3.5'te verilmiştir. Tablo 3.5'teki OG, orta düzeyli gürültü üretimini; YG, yüksek düzeyli gürültü üretimini tanımlamaktadır. Hassasiyet derecesi olarak ise I, gürültüye karşı çok hassas; II, gürültüye karşı hassas; III ise gürültüye karşı az hassas kullanımı tanımlamaktadır [19].

Tablo 3.5 Konut yapılarının mekan ölçeğinde gürültüye hassasiyet ve gürültülülük dereceleri [19]

MEKAN	Kaynak Olması Durumu	Alıcı Olması Durumu
	Gürültülülük Derecesi	Hassasiyet Derecesi
Yatak Odaları	OG	I
Yaşam Alanları	OG	II
Mutfaklar/Banyolar	OG	III
Sirkülasyon Alanları	OG	III
Teknik Merkezler	YG	III

Tablo 3.6’da dış gürültü düzeylerine ve alıcı odası hassasiyetine göre sağlanacak en düşük yalıtım değerleri verilmiştir. Tablo 3.6’ya göre yeni yapılan bir binanın yapı kabuğuna gelen gürültü seviyesinin ortalama 70 dB olduğu bir ortamda, yapı kabuğunun yatak odası için sağlaması gereken en düşük yalıtım değeri 48 dB, yaşam alanı için sağlaması gereken en düşük yalıtım değeri 45, mutfak/banyo için sağlaması gereken en düşük yalıtım değeri ise 42 dB’dir. Bu değerlendirmede yapının en az C sınıfı olması gerektiği göz önünde bulundurulmuştur.

Tablo 3.6 Dış gürültü düzeylerine ve alıcı odası hassasiyetine göre sağlanacak en düşük yalıtım değeri, ($D_{nT,A,Tr}$ dB) [19]

ALICI ODASI HASSASİYET	AKUSTİK PERFORMANS SINIFI					
	A	B	C	D	E	F
I	$L_{gag} -14$	$L_{gag} -18$	$L_{gag} -22$	$L_{gag} -26$	$L_{gag} -30$	$L_{gag} -34$
II	$L_{gag} -17$	$L_{gag} -21$	$L_{gag} -25$	$L_{gag} -29$	$L_{gag} -33$	$L_{gag} -37$
III	$L_{gag} -20$	$L_{gag} -24$	$L_{gag} -28$	$L_{gag} -32$	$L_{gag} -36$	$L_{gag} -40$

BGKKHY’de belirtilen kaynak ve alıcı oda özelliklerine göre sağlanacak en düşük hava doğuşlu ses yalıtım değerleri Tablo 3.7’de verilmiştir. Tablo 3.7’ye göre yaşam alanları ile yatak odası arasında, yaşam alanlarının kaynak odası olması

durumunda aradaki duvarın hava doğuşlu sesler için sağlaması gereken en düşük ses yalıtım değeri, C akustik performans sınıfındaki bir bina için 49 dB, B akustik performans sınıfındaki bir bina için 55 dB ve A akustik performans sınıfındaki bir bina için ise 59 dB olmalıdır.

Tablo 3.7 Konutlarda kaynak ve alıcı oda özelliklerine göre sağlanacak en düşük hava doğuşlu ses geçiş kaybı değerleri ($D_{nT,A}$, dB) [19]

KAYNAK ODASI GÜRÜLTÜLÜLÜK DERECESİ	ALICI ODASI HASSASİYET	AKUSTİK PERFORMANS SINIFI					
		A	B	C	D	E	F
Yüksek Seviye Gürültü (YG) $L_{AF,max} > 75$ dB	I	68	64	58	54	50	46
	II	65	61	55	51	47	43
	III	62	58	52	48	44	40
Orta Seviye Gürültü (OG) $75 \geq L_{AF,max} > 55$ dB	I	62	58	52	48	44	40
	II	59	55	49	45	41	37
	III	56	52	46	42	38	34
Düşük Seviye Gürültü (DG) $L_{AF,max} \leq 55$ dB	I	56	52	46	42	38	34
	II	53	49	43	39	35	31
	III	50	46	40	36	32	28

Tablo 3.8’de kaynak ve alıcı odası özelliklerine göre oluşabilecek en yüksek darbe sesi düzeyleri verilmiştir. Buna göre konutlarda oluşabilecek en yüksek darbe sesi düzeyi 54 dB’dir. Eğer bina B akustik performans sınıfında ise bu düzey 50, A akustik performans sınıfında ise 46 dB’dir.

Tablo 3.8 Konutlarda kaynak ve alıcı odası özelliklerine göre oluşabilecek en yüksek darbe sesi düzeyleri ($L'_{nT,w}$, dB) [19]

KAYNAK ODASI GÜRÜLTÜLÜLÜK DERECESİ	AKUSTİK PERFORMANS SINIFI					
	A	B	C	D	E	F
Yüksek Seviye Gürültü (YG)	40	44	48	52	56	60
Orta Seviye Gürültü (OG)	46	50	54	58	62	66
Düşük Seviye Gürültü (DG)	50	54	58	62	66	70

Tablo 3.9’da konut yapılarında komşu hacimler arasında sağlanacak en düşük hava doğuşlu ses yalıtım değerleri verilmiştir. Farklı konutların birbirine komşu hacimlerinin ortak duvarlarının hava doğuşlu sesler için en az 52 dB ses geçiş kaybı sağlaması gerekmektedir. Aynı konut içindeki farklı yatak odalarının ortak duvarlarının ise hava doğuşlu sesler için en az 44 dB ses geçiş kaybı sağlaması gerekmektedir.

Tablo 3.9 Konut yapılarında komşu hacimler arasında sağlanacak en düşük hava doğuşlu ses yalıtım değerleri ($D_{nT,A}$, dB) [19]

KOMŞULUK İLİŞKİSİ		AKUSTİK PERFORMANS SINIFI					
Kaynak Odası	Alıcı Odası	A	B	C	D	E	F
Ticari İşletme Teknik Merkez	Bağımsız Birim	68	64	58	54	50	46
Bağımsız Birim Ortak Alan	Bağımsız Birim	62	58	52	48	44	40
Yatak Odası Yaşam Alanları Mutfak/Banyo	Aynı bağımsız birimde bulunan; Yatak Odası Yaşam Alanları	54	50	44	40	36	32

Tablo 3.10’da kaynak odası döşemelerinde olabilecek en yüksek darbe sesi düzeyleri verilmiştir. İki farklı konutun komşu olması durumunda üst kattan alt kata gelebilecek en yüksek darbe sesi düzeyi 54 dB’dir. İki katlı bir konutun içindeki iki birimden üst katta olandan alt kata geçebilecek en yüksek darbe sesi düzeyi ise 62 dB’dir.

Tablo 3.10 Konut yapılarında kaynak odası döşemelerinde olabilecek en yüksek darbe sesi düzeyleri ($L'_{nT,w}$, dB) [19]

KOMŞULUK İLİŞKİSİ	AKUSTİK PERFORMANS SINIFI					
Kaynak Odası (üst kat)	A	B	C	D	E	F
Bağımsız Birim - Ortak Alan	46	50	54	58	62	66
Ticari İşletme Teknik Merkez, Çatı üstü ekipmanı	40	44	48	52	56	56
Aynı bağımsız birime ait mekanlar arası döşemeler	54	58	62	66	70	74

Tablo 3.11’de konutlar için akustik performans sınıfına bağlı olarak izin verilen mekan içi en yüksek gürültü düzeyleri gösterilmiştir. Buna göre konut yapılarının yatak odalarında gece saatlerinde izin verilen en yüksek iç mekan gürültü düzeyi 34 dB, yaşam alanları ve mutfaklarda ise 24 saat boyunca izin verilen en yüksek gürültü düzeyi 39 dB’dir.

Tablo 3.11 Konut yapılarında akustik performans sınıfına bağlı olarak izin verilen mekan içi en yüksek gürültü düzeyleri (dB) [19]

MEKAN	ZAMAN DİLİMİ Gece: 23.00-07.00 Akşam: 19.00-23.00 Sabah: 07.00-19.00	İç Gürültü Düzeyi (L_{Aeq})					
		AKUSTİK PERFORMANS SINIFI					
		A	B	C	D	E	F
Yatak Odaları	Gece	26	30	34	38	42	46
Yaşam Alanları	24 Saat	31	35	39	43	47	51
Mutfaklar	24 Saat	31	35	39	43	47	51

Tablo 3.12’de konut binalarında sürekli gürültüye sahip servis ekipmanlarına bağlı izin verilen en yüksek iç gürültü düzeyleri verilmiştir. Tablo 3.12’ye göre servis ekipmanlarının gürültü düzeyinden yatak odaları en fazla 30 dB etkilenebilirler. Yaşam alanları ve mutfaklar ise 24 saat boyunca servis ekipmanlarının gürültü düzeylerinden 35 dB’den fazla etkilenmemelidir.

Tablo 3.12 Konut yapılarında sürekli gürültüye sahip servis ekipmanlarına bağlı izin verilen en yüksek iç gürültü düzeyleri (dB) [19]

MEKAN	ZAMAN DİLİMİ Gece: 23.00-07.00 Akşam: 19.00-23.00 Sabah: 07.00-19.00	Servis Ekipmanı Gürültü Düzeyi ($L_{Aeq,nT}$)					
		AKUSTİK PERFORMANS SINIFI					
		A	B	C	D	E	F
Yatak Odaları	Gece	22	26	30	34	38	42
Yaşam Alanları	24 Saat	27	31	35	39	43	47
Mutfaklar	24 Saat	27	31	35	39	43	47

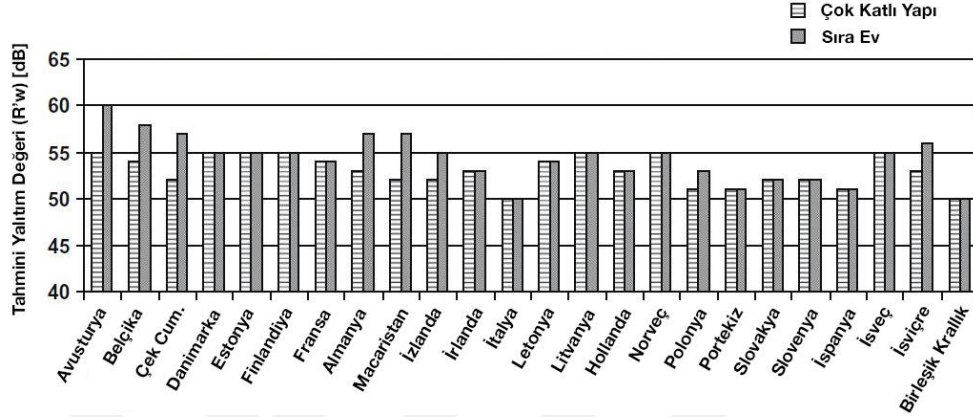
Tablo 3.13’te akustik performans sınıfına bağlı olarak konut yapılarında sağlanacak en yüksek reverberasyon süreleri verilmiştir. Tablo 3.13’e göre konut yapılarının sirkülasyon alanlarındaki en yüksek reverberasyon süresi 1.2 s, yatak odalarında 0.5 s, yaşam alanları ile mutfaklarda ise 0.8 s olmalıdır.

Tablo 3.13 Konut yapılarında sağlanacak en yüksek reverberasyon süreleri (s) [19]

MEKAN	AKUSTİK PERFORMANS SINIFI
	C-D
Sirkülasyon Alanları	1.2
Yatak Odaları	0.5
Yaşam Alanları, Mutfak	0.8

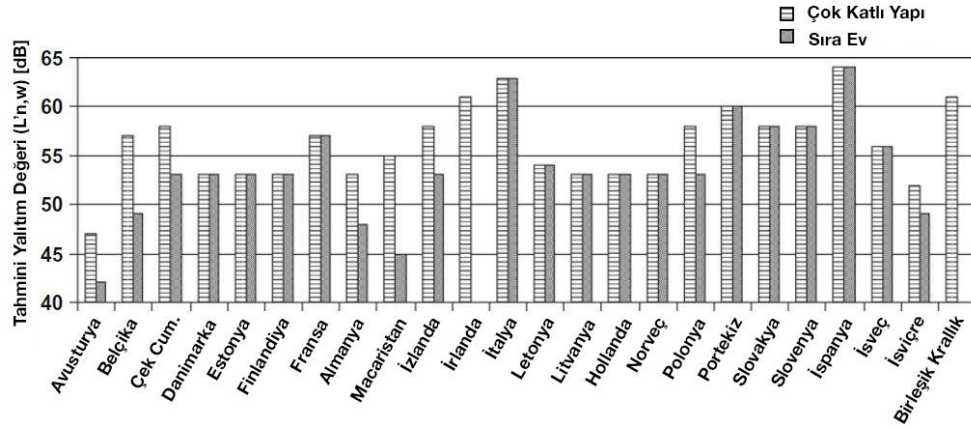
3.4 Diğer Ülke Yönetmeliklerinde İşitsel Konfor

Türkiye’de olduğu gibi başka ülkelerde de gürültü için sınır değerler belirlenmiştir. Rasmussen, yaptığı bir çalışmada 24 Avrupa ülkesinin gürültü ile ilgili yönetmelik ve düzenlemelerini incelemiş ve bunları bir araya getirmiştir [20]. Şekil 3.2’de bu ülkelerde hava doğuşlu sesler için gereken en düşük yalıtım değerleri verilmiştir.



Şekil 3.2 Avrupa ülkelerinde hava doğuşlu sesler için gereken en düşük yalıtım değerleri (dB) [20]

Şekil 3.2’ye göre hava doğuşlu sesler için sağlanması gereken en düşük yalıtım değeri Avusturya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Litvanya, Norveç ve İsveç’te çok katlı yapılar için 55 dB’dir. Bu değer 24 ülke içindeki en yüksek değerdir. İtalya ve İngiltere’de ise bu değer 50 dB olup karşılaştırılan ülkeler arasındaki en düşük yalıtım değeridir. Sıra evler için bakıldığında gerekli yalıtım değerinin çok katlı yapılara eşit ya da daha yüksek olduğu görülür. Bunun nedeni sıra evlerde komşu binalardan da ses geçişi olması ihtimalidir. Sıra evler için öngörülen en yüksek yalıtım değeri 60 dB ile Avusturya yönetmeliklerinde belirtilmiştir. İtalya ve İngiltere’de çok katlı yapılarda olduğu gibi sıra evlerde de hava doğuşlu sesler için gerekli en düşük yalıtım değeri 50 dB’dir. Şekil 3.3’te aynı ülkelerde darbe sesi için gereken en düşük yalıtım değerleri verilmiştir.



Şekil 3.3 Avrupa ülkelerinde darbe sesi için gereken en düşük yalıtım değerleri (dB) [20]

Grafiğe göre darbe sesleri için çok katlı yapılarda sağlanması gereken en düşük yalıtım değeri İspanya'da 64 dB'dir. Bu değer, 24 ülke içindeki en yüksek değerdir. İspanya'yı 63 dB ile İtalya, 61 dB ile İrlanda ve İngiltere, 60 dB ile Portekiz izlemektedir. Sıra evlerde katı doğuşlu sesler için sağlanması gereken en düşük yalıtım değeri İrlanda ve İngiltere için belirtilmemiştir. Bu değer en yüksek olduğu ülkeler 64 dB ile İspanya ve 63 dB ile İtalya'dır. Avusturya'da bu değer çok katlı yapılarda 47 dB, sıra evlerde 42 dB ile değerlendirmeye alınan 24 ülkenin en düşük değerleridir. Sıra evlerde katı doğuşlu sesler için gerekli yalıtım değerlerinin çok katlı yapılardaki gerekli yalıtım değerlerine eşit ya da daha düşük olduğu grafikten okunmaktadır.

MEVCUT BİR KONUT ALANINDA GÜRÜLTÜ DENETİMİ UYGULAMALARI

D-100 karayolu gürültüsünün bir toplu konuta olan etkisinin incelenip etkin gürültü denetim yönteminin belirlenmeye çalışıldığı bu çalışmada aşağıda yer alan yöntem sırası izlenmiştir.

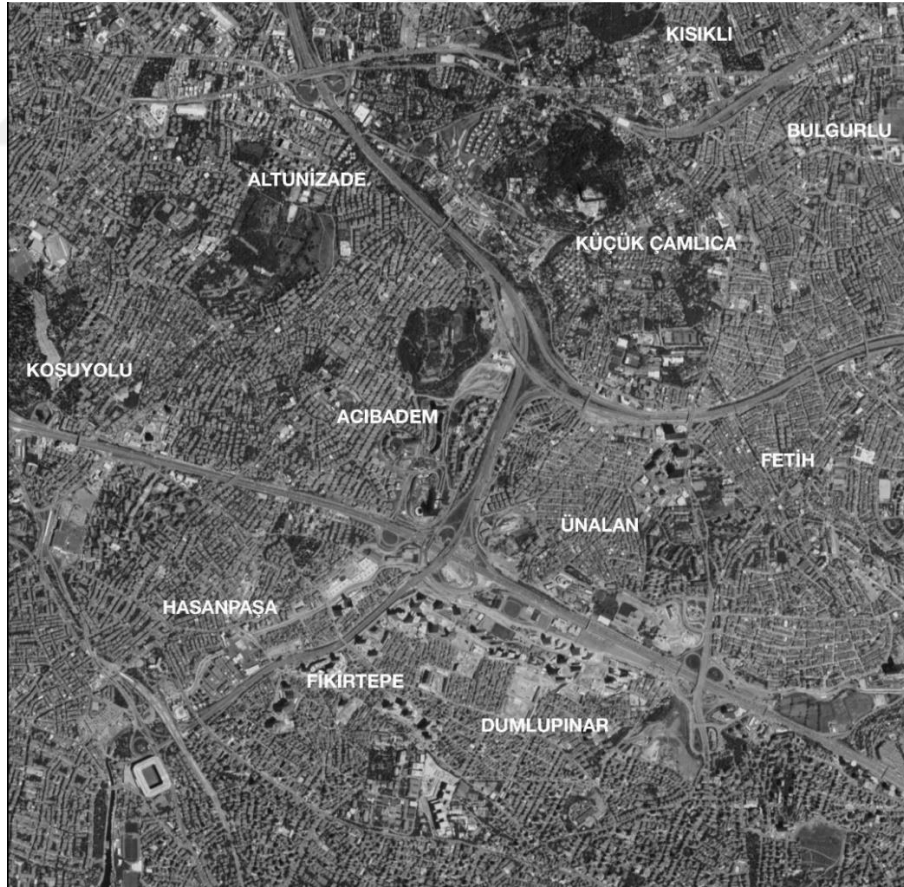
1. Bölgenin seçimi
2. Verilerin toplanması
3. Bölgenin gürültü açısından durumunun belirlenmesi
 - Gürültü düzeyi ölçümlerinin yapılması
 - Gürültü haritalarının hazırlanması
 - Yapı kabuğunun ses geçiş kaybının hesaplanması
4. Mevcut durumun incelenmesi ve kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması
5. Yapılan değerlendirmeler doğrultusunda denetim önlemlerinin oluşturulması
 - Optimum uzaklığın hesaplanması
 - Gürültü engeli ile denetim
 - Yapı kabuğunda denetim
6. Denetim önlemlerinin etkinliklerinin ve maliyetlerinin karşılaştırılması

4.1 Bölgenin Seçimi

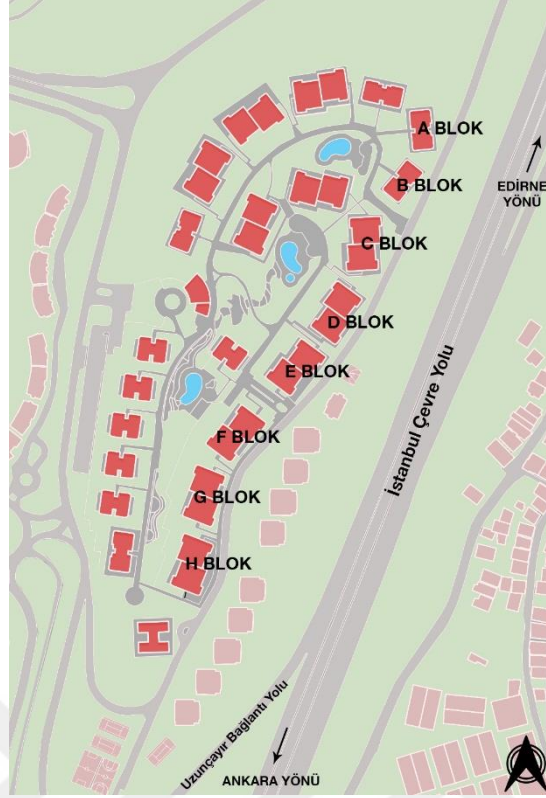
Üzerinde çalışılan alan; İstanbul Anadolu Yakası'nda, İstanbul-Ankara D-100 karayolu üzerinde Üsküdar ilçesi Acıbadem semtinde yer alan ve aynı karayolunun gürültüsünden etkilenen bir toplu konuttur. D-100 karayolunun bu alanında ağırlıklı olarak konutlar yer almakta olup yer yer ticarethaneler de bulunmaktadır.

Yolun İstanbul-Ankara yönünde genellikle kentsel dönüşüm geçirmiş toplu konutlar bulunmaktadır. Yeni yapılan binaların bazılarının, çevredeki genel yapılaşmanın aksine yaklaşık 45 kata kadar yükseldiği belirlenmiştir. Oysa çevredeki genel yapı yüksekliği 7-8 kat civarındadır. Ankara-İstanbul yönünde ise sıklıkla 3-4 katlı bitişik nizam yapılar ile bazı yerlerde kentsel dönüşüm geçirmiş toplu konutlar yer almaktadır. Bu kısımda yeni yapılan binalar genellikle 7-8 katlıdır. Şekil 4.1’de çalışma yapılan bölgenin planı verilmiştir.

Çalışma yapılan bölgenin alanı 105.000 m², etkilenilen karayolunun uzunluğu ise yaklaşık 1 km’dir. İncelenen toplu konut 712 dairenin yer aldığı 33 bloktan oluşmaktadır. Bu bloklardan 22 tanesi ikiz blok olarak konumlanmaktadır. Her blok 8 katlı olup 24 m yüksekliğindedir. Toplu konutun bulunduğu arazi sınırları dolayısıyla ilk etapta gürültüden etkilenen blokların D-100 karayoluna uzaklıkları 65 ila 113 m arasında değişmektedir. Çalışma yapılan toplu konutun vaziyet planı Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Acıbadem semti ve çevresi



Şekil 4.2 Toplu konut vaziyet planı

4.2 Bölgenin Gürültü Açısından Durumunun Belirlenmesi

D-100 karayolunun şehrin anayollarından biri olması ve boğaz köprülerine bağlantı sağlaması bu yolun yoğun olarak kullanılmasına neden olmaktadır. Özellikle mesai başlangıcı ve bitişinde trafik yoğunluğu artmaktadır. Yüksek düzeydeki trafik gürültüsü gerek konut içindeki gerekse açık alandaki insanları oldukça rahatsız etmektedir.

4.2.1 Verilerin Toplanması

D-100 karayolunun Ankara-İstanbul yönü, 15 Temmuz Şehitler Köprüsü'ne bağlanmaktadır. Bu nedenle çalışma alanından geçen araçların bir kısmının da köprüye gideceği düşünülebilir. 2011 yılında yapılan bir çalışmaya göre köprüden bir saatte geçen taşıt sayısı Tablo 4.1'de verilmiştir [11].

Tablo 4.1 2011 yılında 15 Temmuz Şehitler Köprüsü’nden bir günde geçen taşıt sayısı [11]

Ölçüm Yapılan Zaman Dilimi	Ölçüm Saati	Hafif Taşıt	Ağır Taşıt	Toplam Taşıt
Gündüz	17-18	9.475	225	9.700
Akşam	00-01	11.500	240	11.740
Gece	04-05	3.500	45	3.545

Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü’nden alınan verilere göre 15 Temmuz Şehitler Köprüsü’nden bir günde geçen taşıt sayısı Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2 2019 yılında 15 Temmuz Şehitler Köprüsü’nden köprüden bir günde geçen taşıt sayısı

Taşıt Tipi	Hafif Taşıt	Ağır Taşıt	Toplam Taşıt
Taşıt Sayısı (gün)	187.036	18.542	205.578
Taşıt Sayısı (saat)	7.793	772	8.565

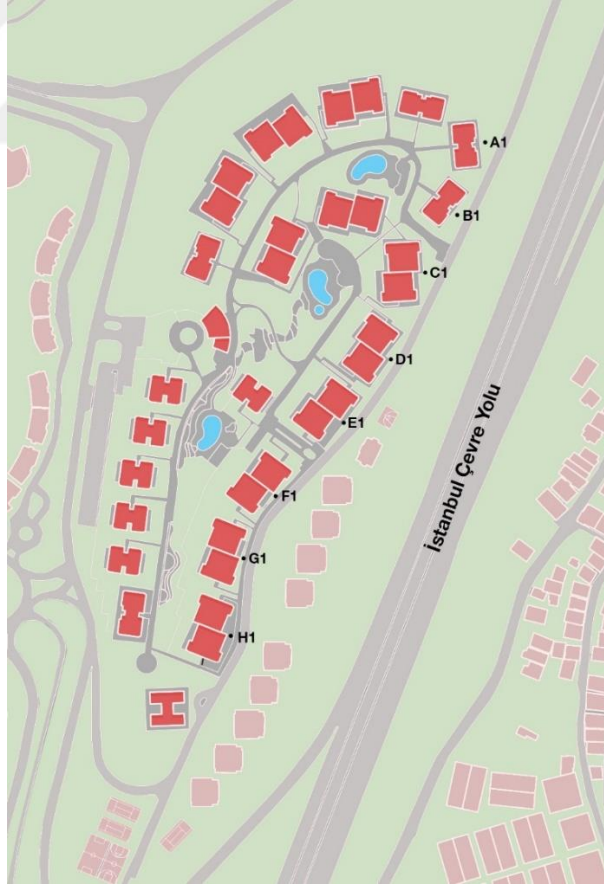
Seçilen alan İstanbul Büyükşehir Belediyesi’nin çalışma alanı içinde kalmaktadır. İBB Ulaşım Yönetim Merkezi’nden alınan, D-100 karayolunun bu bölgesinden saatte geçen taşıt sayıları Tablo 4.3’te verilmiştir.

Tablo 4.3 2019 yılı D-100 karayolunun ilgili bölgesinden saatte geçen taşıt sayısı

Zaman Dilimi	ANKARA YÖNÜ		EDİRNE YÖNÜ		TOPLAM TAŞIT SAYISI
	Toplam Taşıt Sayısı	Ağır Taşıt Sayısı	Toplam Taşıt Sayısı	Ağır Taşıt Sayısı	
Gündüz (07.00-19.00)	8.280	240	2.640	120	10.920
Akşam(19.00-23.00)	8.880	180	2.100	60	10.980
Gece (23.00-07.00)	3.720	60	840	60	4.560

4.2.2 Gürültü Düzeyi Ölçümlerinin Yapılması

Üsküdar ilçesi Acıbadem semti sınırları içerisinde kalan bir toplu konutta, D-100 karayolundan kaynaklanan gürültünün etkilerinin anlaşılabilmesi için gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan inceleme sonucunda, çalışma yapılacak olan toplu konutun bloklarının D-100 karayoluna bakan cephelerinin orta noktaları ölçüm için uygun bulunmuştur. Toplu konutun arsa sınırında 1 m yüksekliğinde bahçe duvarı bulunmaktadır. Bu duvar kısmen de olsa gürültü engeli işlevi görmektedir. Şekil 4.3'te İBB'den alınan hali hazır harita üzerinde ölçüm noktaları gösterilmiştir. Tüm ölçmeler Brüel&Kjaer Tip 2236 ses düzeyi ölçer kullanılarak yapılmıştır. Ölçüm; TS 9798 standardında belirtildiği gibi yapıdan 2 m uzaklıkta, yerden 1.5 m yükseklikte, mikrofonda rüzgarlık kullanılarak yapılmıştır. Her ölçüm noktasında beşer dakikalık L_{Aeq} değeri ölçümü yapılmıştır. Gürültü ölçümleri 12.11.2018 Pazartesi günü saat 11.00-14.00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.4'te ölçüm noktalarından biri gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Ölçüm yapılan noktalar



Şekil 4.4 Ölçüm noktası

Ölçüm sonuçları Tablo 4.4'te verilmiştir. ÇGDYY'de verilen kara yolu çevresel gürültü sınır değerleri Tablo 4.5'te yer almaktadır. Çalışma yapılan alan, ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar tanımına uymaktadır. Tablo 4.5'te yönetmeliğin çalışma yapılan alanıyla ilgili sınır değerleri işaretlenmiştir. Tablo 4.4'te ise Tablo 4.5'te belirtilen sınır değerlerin aşıldığı noktalar gri taralı olarak işaretlenmiştir.

Tablo 4.4 Yerde ölçüm sonuçları (dBA)

Ölçüm Noktaları	Gürültü Düzeyi (L_{Aeq})
A1	64.5
B1	66.5
C1	64.2
D1	65.2
E1	65.5
F1	64.1
G1	62.8
H1	58.2

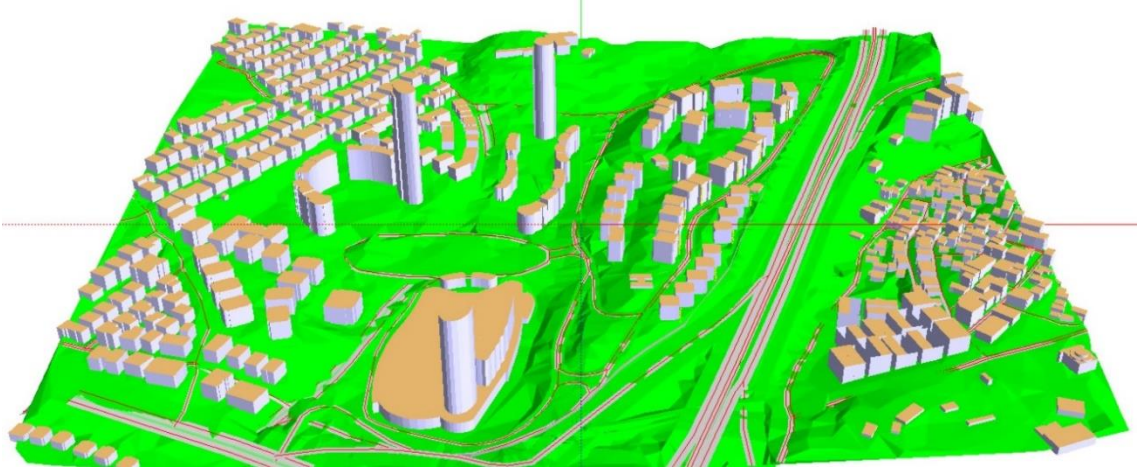
Tablo 4.5 Kara yolu çevresel gürültü sınır değerleri [18]

Alanlar	Planlanan/Yenilenmiş/Onarılmış yollar			Mevcut yollar		
	Lgündüz (dBA)	Lakşam (dBA)	Lgece (dBA)	Lgündüz (dBA)	Lakşam (dBA)	Lgece (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar	60	55	50	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	63	58	53	68	63	58
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55	70	65	60

4.2.3 Gürültü Haritalarının Hazırlanması

Çalışma kapsamında, toplu konutta yapılan gürültü düzeyi ölçümlerinden yola çıkılarak bölgenin gürültü haritaları oluşturulmuştur. Gürültü haritalarının hazırlanma sürecinde aşağıda belirtilen adımlar takip edilmiştir.

- Haritalama için SoundPLAN gürültü modelleme programı kullanılmıştır. Bu programda, ızgara gürültü haritalarının yanı sıra, yapı yüzeyine gelen gürültü düzeyi hesaplaması yapıp cephe gürültü haritasının oluşturulması, işaretlenen noktadan kesit alınarak kesit gürültü haritalarının oluşturulması ve yerleştirilen tekil alıcılarla tek nokta gürültüsü hesaplaması yapılmıştır.
- Gürültü haritalarının oluşturulmasında kullanılan altlık, 1/1000 ölçekli hali hazır harita olup İBB Harita Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bilgisayar ortamındaki hali hazır haritalar SoundPLAN programına aktarılmış ve 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Şekil 4.5'te SoundPLAN programından üç boyutlu model yer almaktadır.



Şekil 4.5 Çalışma yapılan bölgenin üç boyutlu modeli

- Modelleme yapılırken programa yapıların kat adetleri ve yükseklikleri girilmiştir.
- Tablo 4.3'te verilen, karayolundan geçen taşıt sayıları, Tablo 4.4'te verilen yerinde ölçüm sonuçları ile kalibre edilerek Tablo 4.6'daki ses gücü düzeyleri elde edilmiş olup simülasyonda kullanılmıştır.

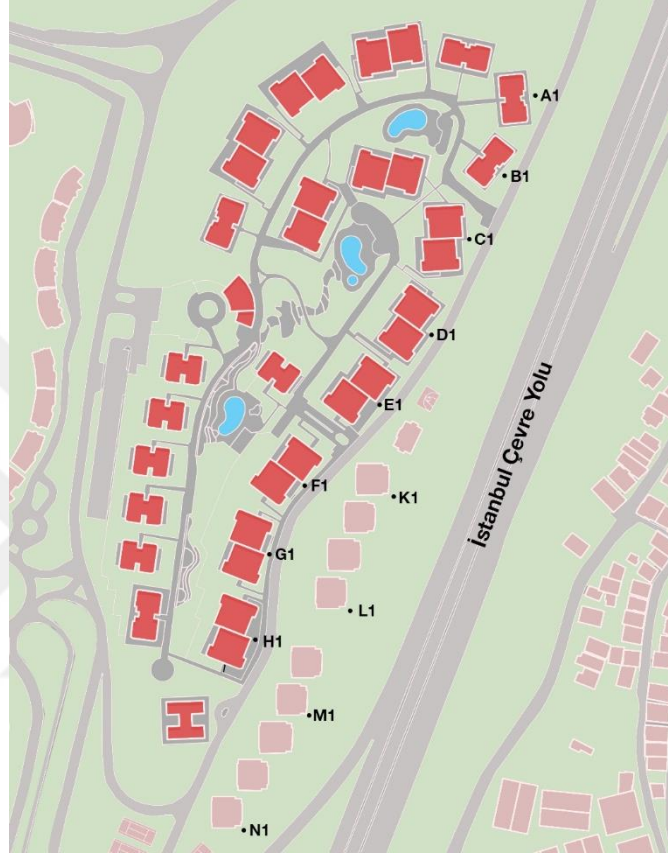
Tablo 4.6 Simülasyonda kullanılan ses gücü düzeyleri (dBA)

SAAT	E-5 KARAYOLU ANKARA YÖNÜ	E-5 KARAYOLU EDİRNE YÖNÜ	METROBÜS YOLU	DİĞER YOLLAR
07.00-19.00	100	90	75	60
19.00-23.00	100	90	75	50
23.00-07.00	70	70	50	45

- Gürültü kaynağı kara yolu olduğundan hesaplamalarda NMPB Routes-2008 (Guide de Bruit) standardı kullanılmıştır. Genel değerlendirmeler ise L_{den} parametresi üzerinden yapılmıştır.

Programa veriler girilip standartlar tanımlandıktan sonra, belirlenen nokta alıcılarda tek nokta gürültüsü hesabı yapılmıştır. Bu hesap yapılırken hem yerinde ölçüm yapılan alıcı noktalar hem de karşılaştırma yapılabilmesi açısından belirlenen, kara yoluna daha yakın alıcılar kullanılmıştır. Tek nokta gürültü hesabı

yapılan alıcılar Şekil 4.6’da gösterilmiştir. Yapının üst katlarındaki durumun da değerlendirilebilmesi için A, B, C, D, E, F, G ve H blokların zemin, 4. ve 7. katlarında, K, L, M ve N blokların ise zemin, 3. ve 5. katlarında hesaplar yapılmıştır. Tek nokta gürültüsü hesap sonuçları Tablo 4.7’de verilmiş, ÇGDYY’de verilen sınır değerleri aşan noktalar gri taralı olarak belirtilmiştir.



Şekil 4.6 Tek nokta gürültü hesabı yapılan noktalar

Tablo 4.7 Mevcut durumdaki tek nokta gürültüsü hesap sonuçları (dBA)

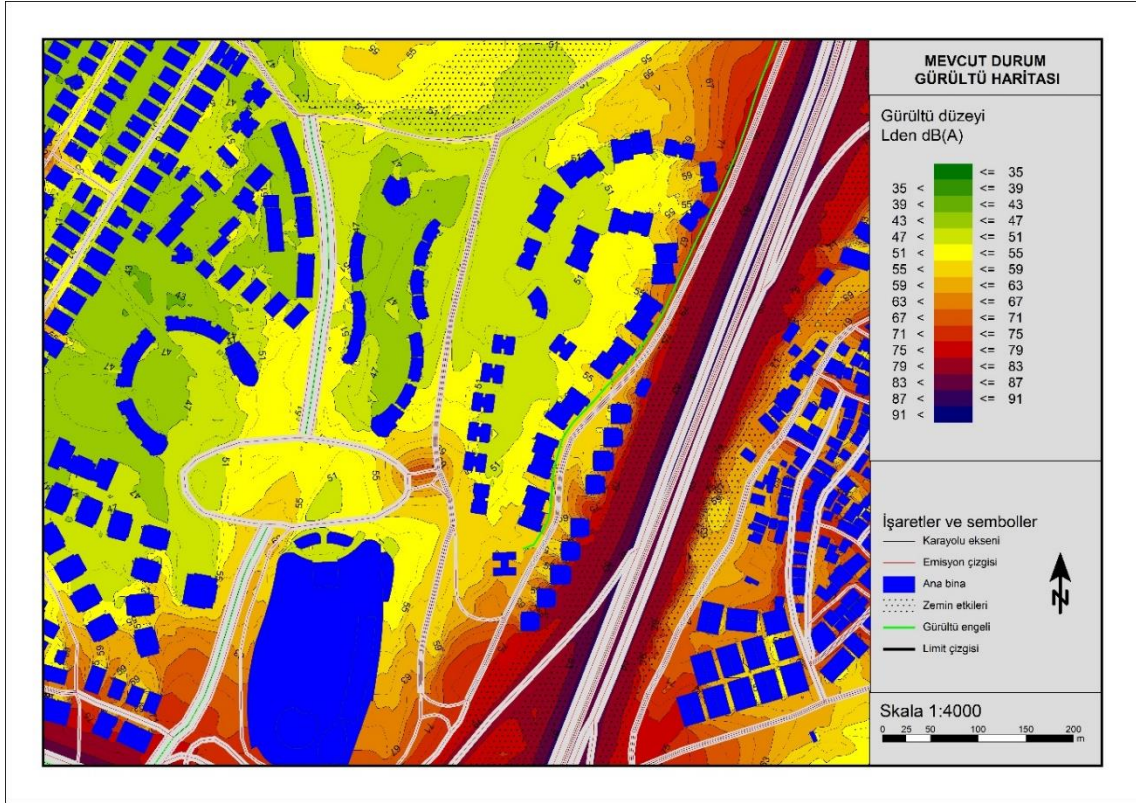
BLOK	KAT	MEVCUT DURUM			
		L_{den}	L_d	L_e	L_n
A BLOK	Z. KAT	68,3	68,2	68,2	43
	4. KAT	78,7	78,6	78,6	51,5
	7. KAT	78,5	78,3	78,3	51,4
B BLOK	Z. KAT	67,8	67,7	67,6	43
	4. KAT	79	78,8	78,8	51,7
	7. KAT	78,9	78,8	78,8	51,7

Tablo 4.7 Mevcut durumdaki tek nokta gürültüsü hesap sonuçları (dBA)
(devamı)

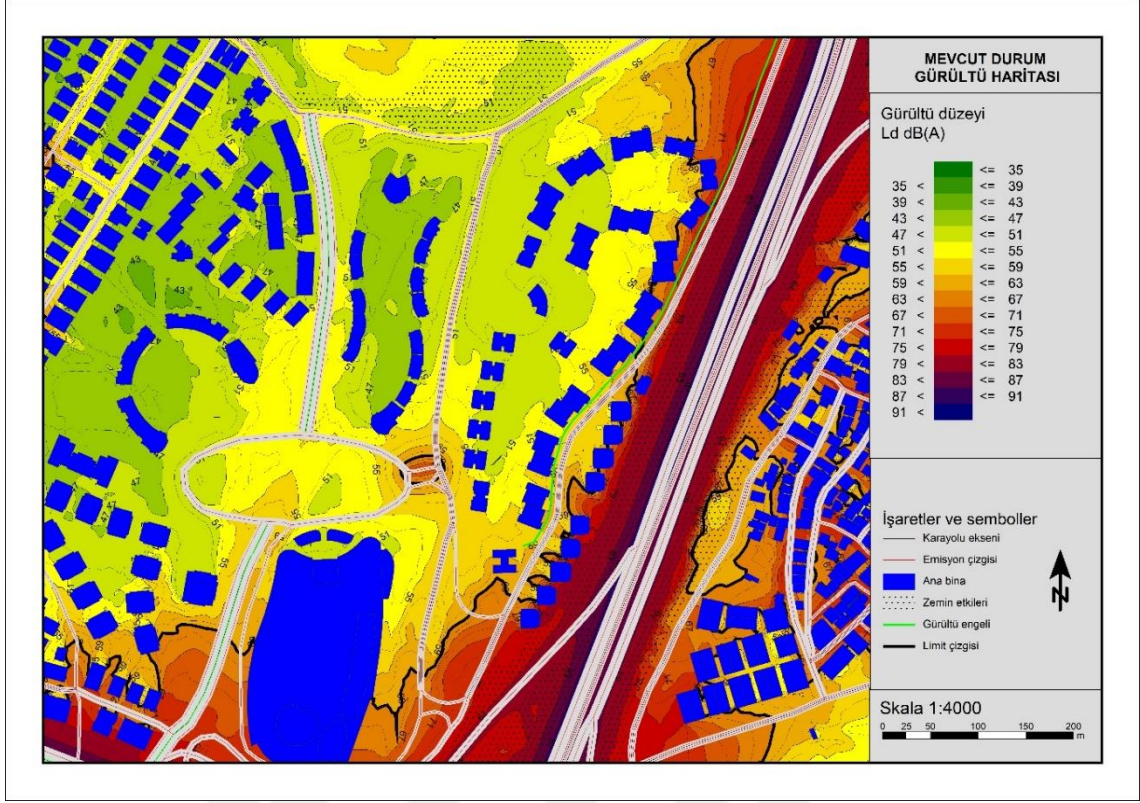
C BLOK	Z. KAT	63,2	63,1	63	37,9
	4. KAT	79,1	79	79	51,8
	7. KAT	79,2	79	79	51,8
D BLOK	Z. KAT	62,4	62,3	62,2	37,8
	4. KAT	79,1	79	79	51,5
	7. KAT	79,1	79	79	51,5
E BLOK	Z. KAT	58,3	58,2	57,9	35,1
	4. KAT	76,7	76,5	76,5	49,4
	7. KAT	77,6	77,5	77,5	50
F BLOK	Z. KAT	55,8	55,9	55,2	34,2
	4. KAT	63,7	63,6	63,5	40
	7. KAT	70,7	70,6	70,6	43,7
G BLOK	Z. KAT	56,6	56,7	56	35,3
	4. KAT	67,4	67,2	67,2	41,6
	7. KAT	69,8	69,6	69,6	43,4
H BLOK	Z. KAT	56,4	56,4	56	34,1
	4. KAT	68,4	68,3	68,3	42,3
	7. KAT	71,4	71,3	71,3	44,4
K BLOK	Z. KAT	67,2	67	67	40,9
	3. KAT	79,1	79	79	51,3
	5. KAT	79,4	79,3	79,3	51,6
L BLOK	Z. KAT	66,3	66,1	66,1	39,8
	3. KAT	79,2	79,1	79,1	51,7
	5. KAT	79,3	79,1	79,1	51,8
M BLOK	Z. KAT	75,5	75,4	75,4	48,9
	3. KAT	80,4	80,2	80,2	53,8
	5. KAT	80,3	80,1	80,1	53,7
N BLOK	Z. KAT	77,7	77,6	77,6	53,3
	3. KAT	79,2	79	79	54,1
	5. KAT	79,3	79,1	79,1	54,1
LİMİT DEĞERLERİ			63	58	53

Tablo 4.7'ye göre birçok noktada ÇGDYY'deki sınır değerlerin aşıldığı belirlenmiştir. Örneğin; C blok zemin katta gündüz gürültü düzeyi $L_d = 63.1$ dBA, akşam gürültü düzeyi $L_e = 63$ dBA, gece gürültü düzeyi $L_n = 37.9$ dBA'dır. Bu

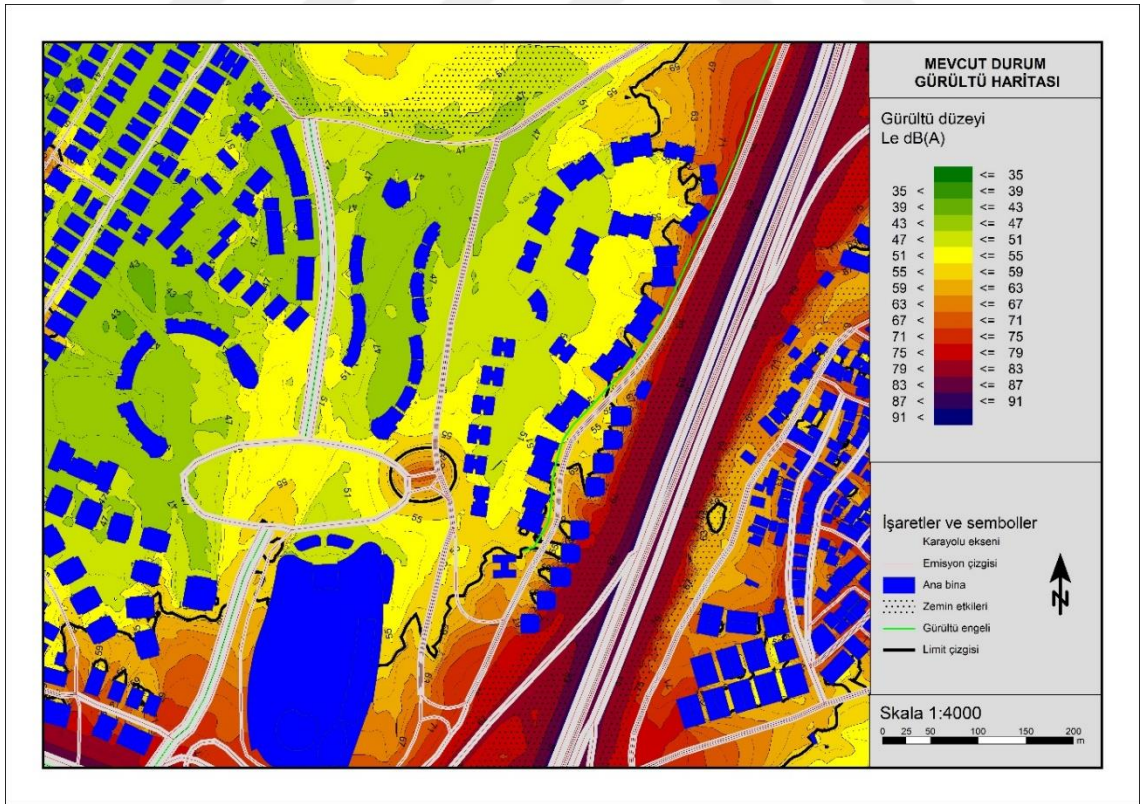
noktada gündüz ve akşam gürültü düzeyi aşılmıştır. Kabul edilen kara yolu ses gücü düzeylerine göre 5x5 metrelik aralıklarla 9x9 grid aralığına göre hesap yapılmış ve zeminden 4 m yükseklikte mevcut durumdaki gürültü haritaları hazırlanmıştır. Şekil 4.7’de ortalama gürültü düzeyi (L_{den}) haritası, Şekil 4.8’de gündüz gürültü düzeyi (L_d) haritası, Şekil 4.9’da akşam gürültü düzeyi (L_e) haritası, Şekil 4.10’da ise gece gürültü düzeyi (L_n) haritası verilmiştir.



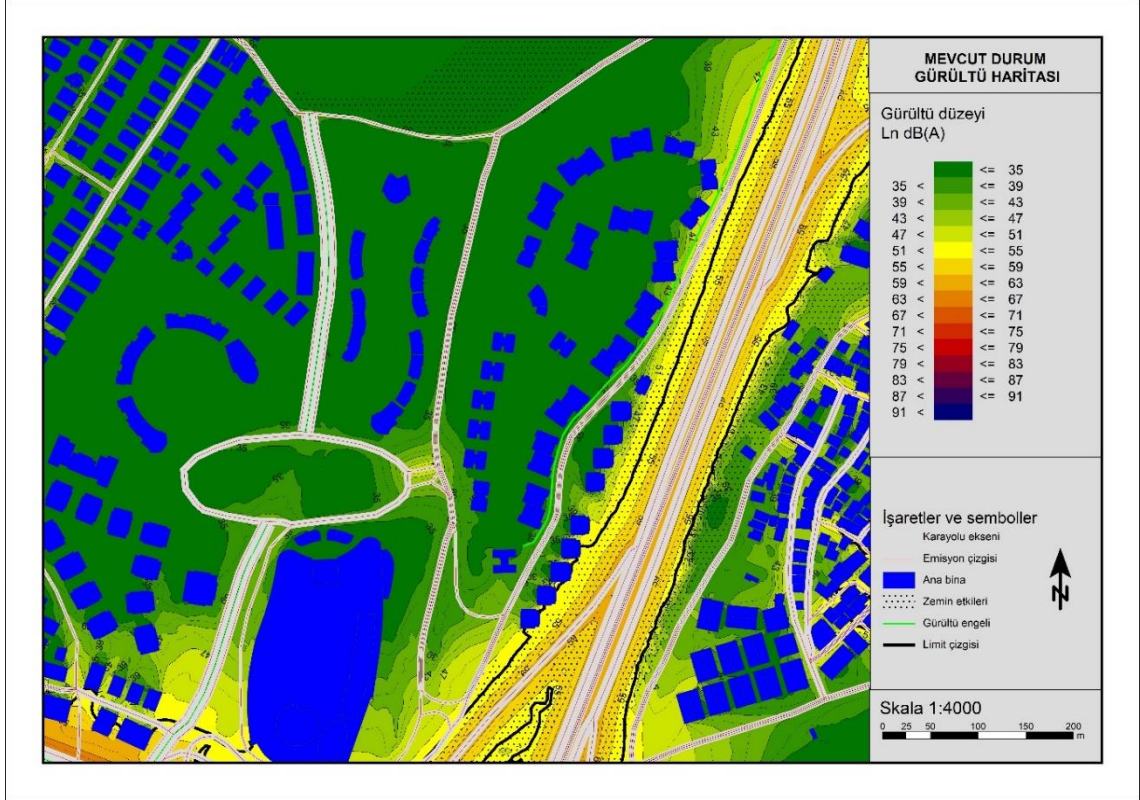
Şekil 4.7 Mevcut durumda ortalama gürültü düzeyi (L_{den}) haritası



Şekil 4.8 Mevcut durumda gündüz gürültü düzeyi (L_d) haritası



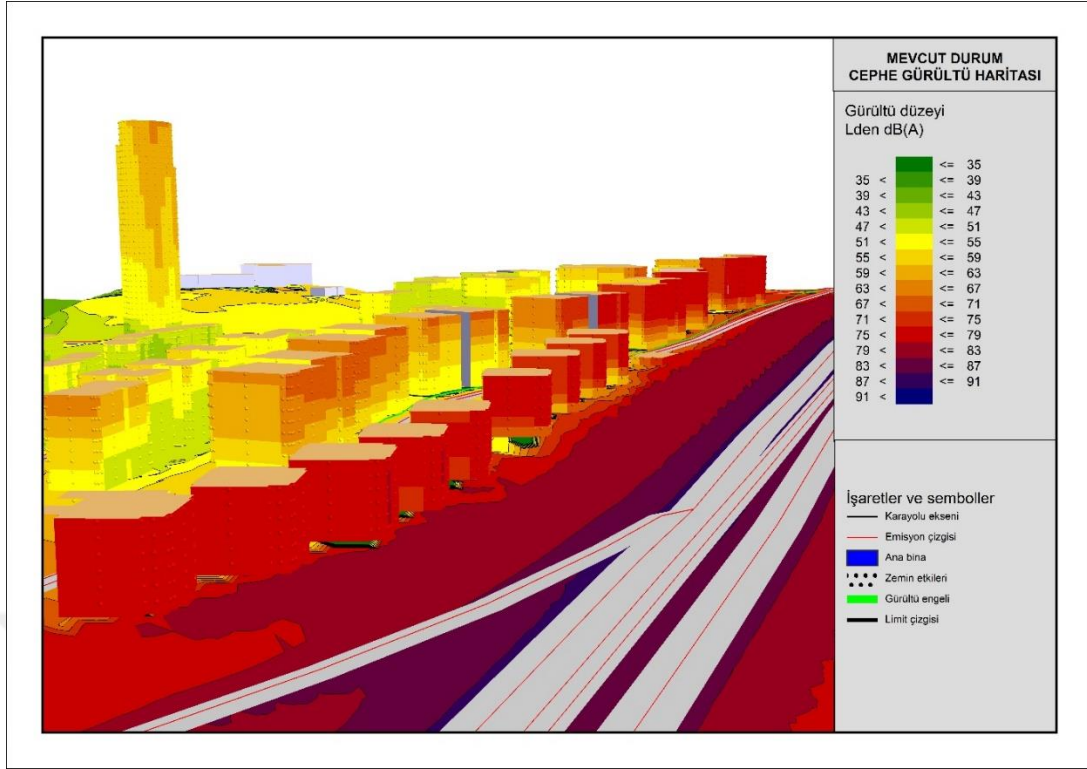
Şekil 4.9 Mevcut durumda akşam gürültü düzeyi (L_e) haritası



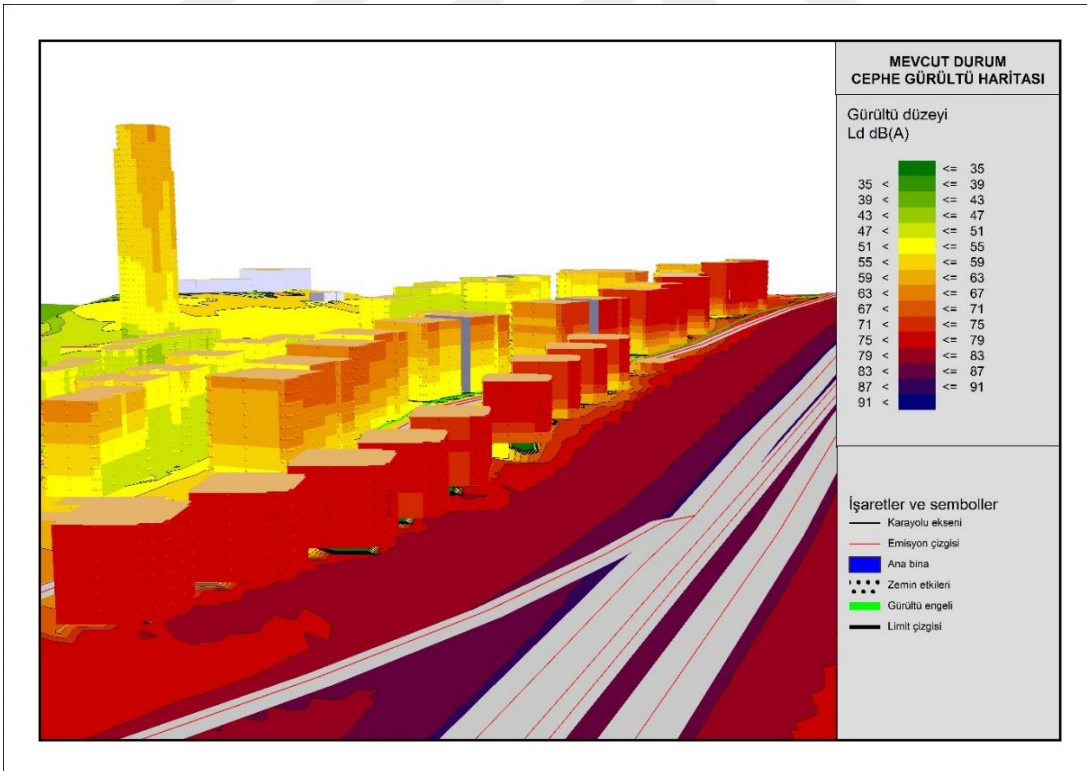
Şekil 4.10 Mevcut durumda gece gürültü düzeyi (L_n) haritası

Şekil 4.8'deki gündüz gürültü düzeyi haritasına bakıldığında blokların kuzeydoğu cephelerinde gürültü düzeyinin 79 dBA'ya kadar çıktığı görülmektedir. Şekil 4.9'daki akşam gürültü düzeyi haritasından gürültü düzeylerinin 63 ila 75 dBA arasında değiştiği okunabilir. Şekil 4.10'daki gece gürültü düzeyi haritasına göre ise gece saatlerinde herhangi bir gürültü düzeyi aşımı olmadığı, gürültü düzeyinin 47 dBA'ya kadar çıktığı görülmüştür.

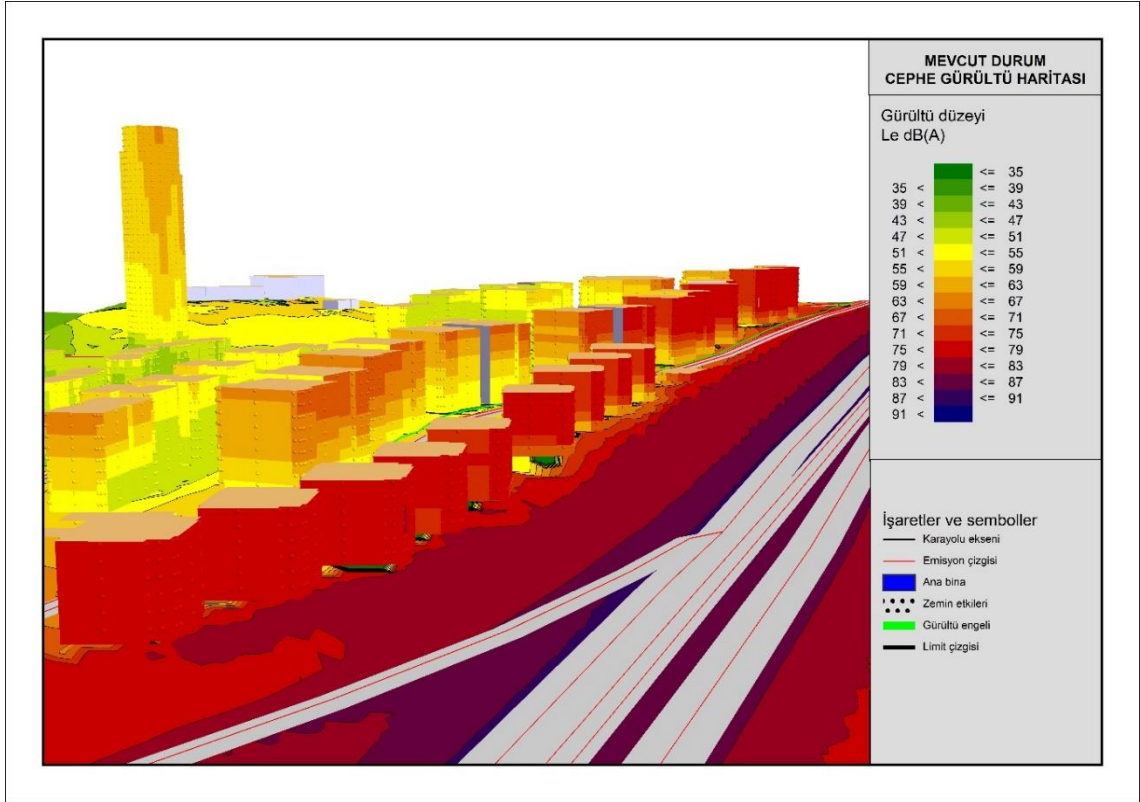
Şekil 4.11'de cephelere gelen ortalama gürültü düzeyi, Şekil 4.12'de cephelere gündüz saatlerinde gelen gürültü düzeyi, Şekil 4.13'te cephelere akşam saatlerinde gelen gürültü düzeyi, Şekil 4.14'te ise cephelere gece saatlerinde gelen gürültü düzeyi gösterilmiştir.



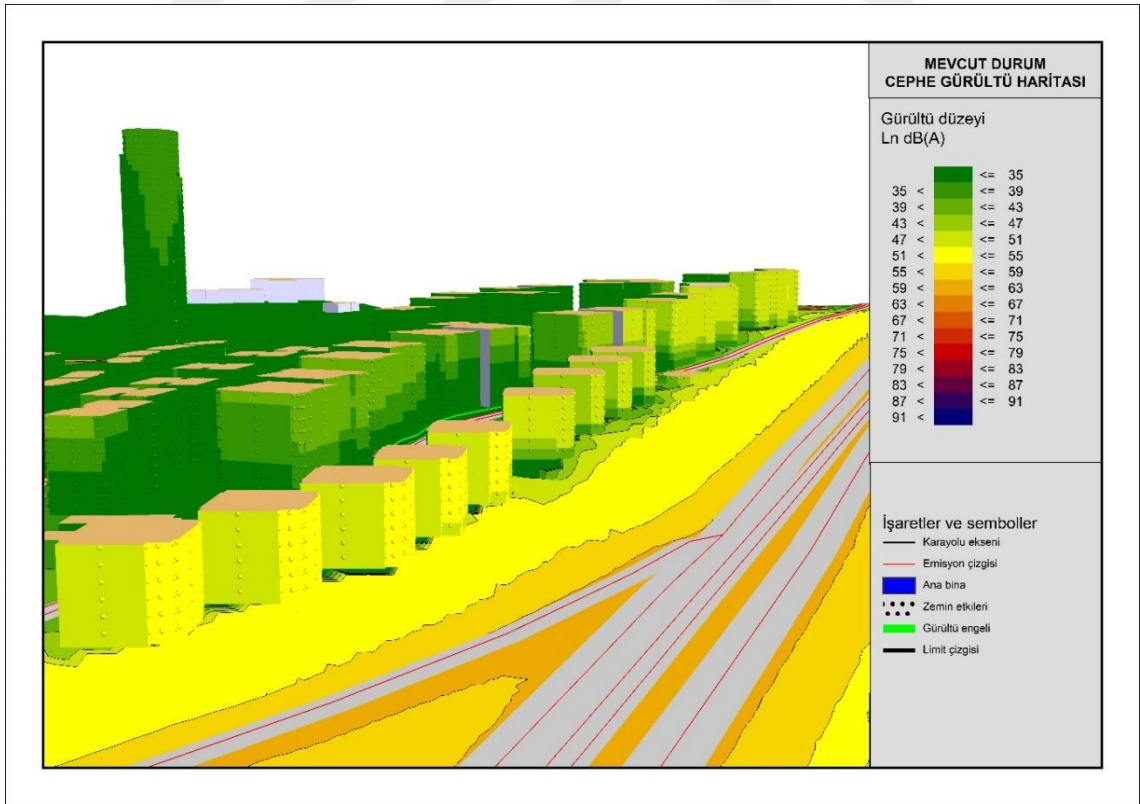
Şekil 4.11 Mevcut durumda cephelere gelen ortalama gürültü düzeyi (L_{den})



Şekil 4.12 Mevcut durumda gündüz saatlerinde cephelerdeki gürültü düzeyi (L_d)



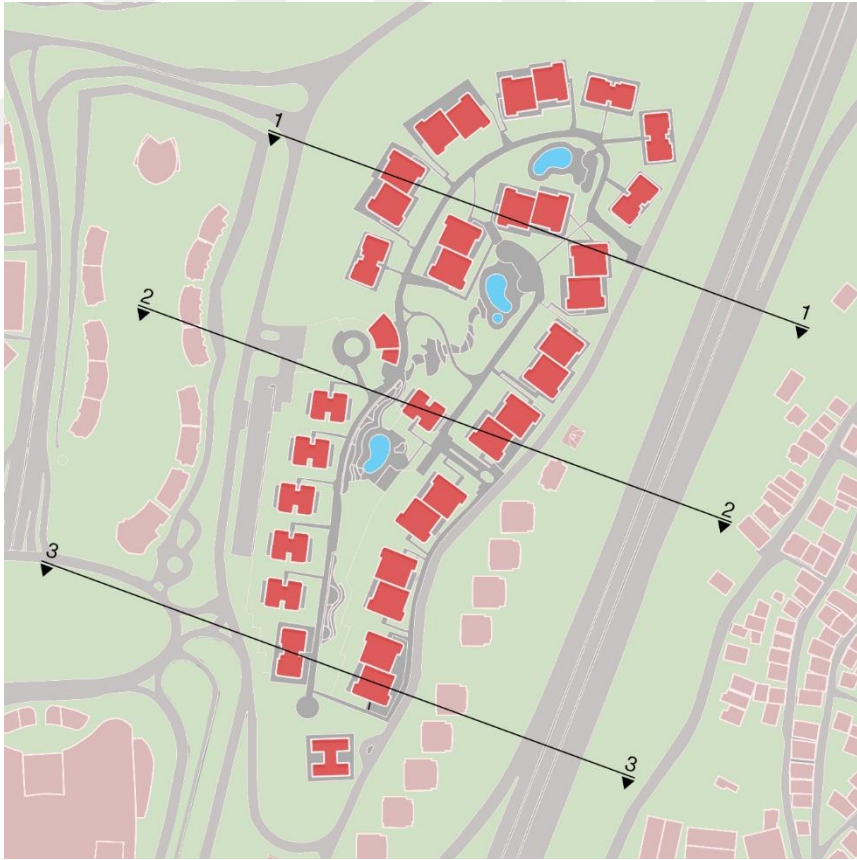
Şekil 4.13 Mevcut durumda akşam saatlerinde cephelerdeki gürültü düzeyi (L_e)



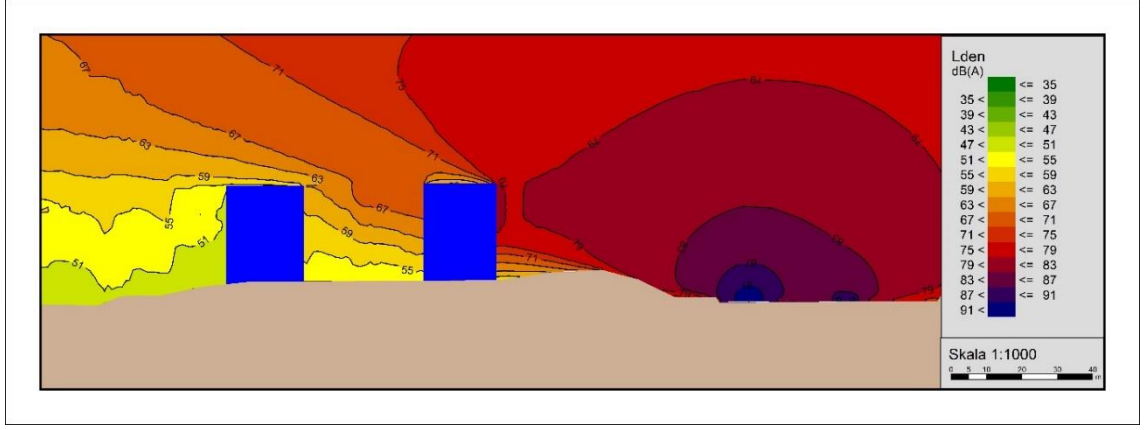
Şekil 4.14 Mevcut durumda gece saatlerinde cephelerdeki gürültü düzeyi (L_n)

Şekil 4.11’de verilen cephelere gelen ortalama gürültü düzeyi cephe haritasına göre kuzeydoğu yönündeki blokların kara yolu gürültüsünden daha çok etkilendiği, zemin katta gürültü düzeylerinin 67-71 dBA aralığında olduğu ve üst katlarda 75-79 dBA aralığına kadar çıktığı görülmektedir. Güneydoğu bloklarda ise zemin katta gürültü düzeyi 51-55 dBA arasındayken üst katlarda 59-63 dBA aralığına ulaşmaktadır. Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’te verilen cephe gürültü haritalarına göre gündüz ve akşam saatlerinde gürültü düzeyindeki aşımalar kuzeydoğu bloklarda gerçekleşmektedir. Şekil 4.14’te verilen gece saatlerindeki cephe gürültü haritasına göre hesaplanan en yüksek gürültü değeri 47-51 dBA aralığındadır.

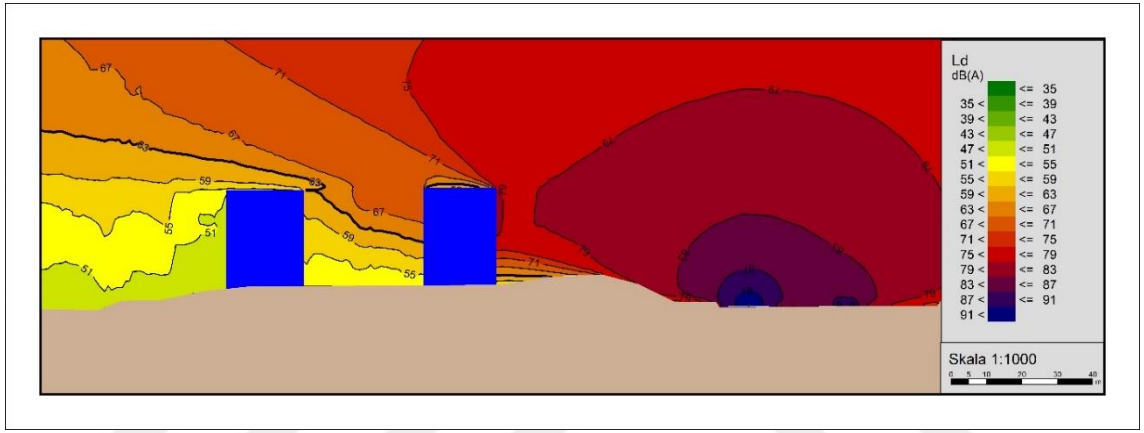
Şekil 4.15’te verilen vaziyet planında 3 adet kesit noktası işaretlenmiştir. Bu noktalarda ortalama gürültü düzeyi (L_{den}), gündüz gürültü düzeyi (L_d), akşam gürültü düzeyi (L_e) ve gece gürültü düzeyi (L_n) için kesit gürültü haritaları oluşturulmuştur.



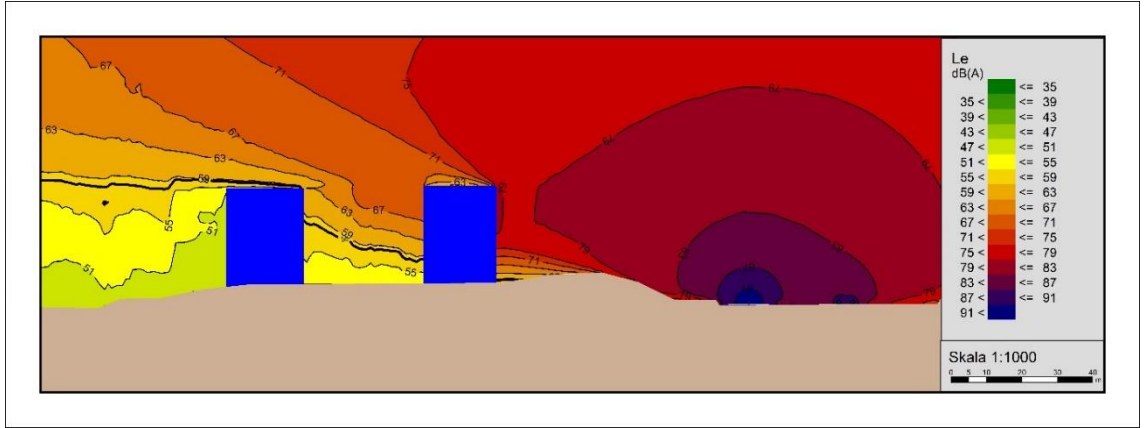
Şekil 4.15 Kesit alınan noktalar



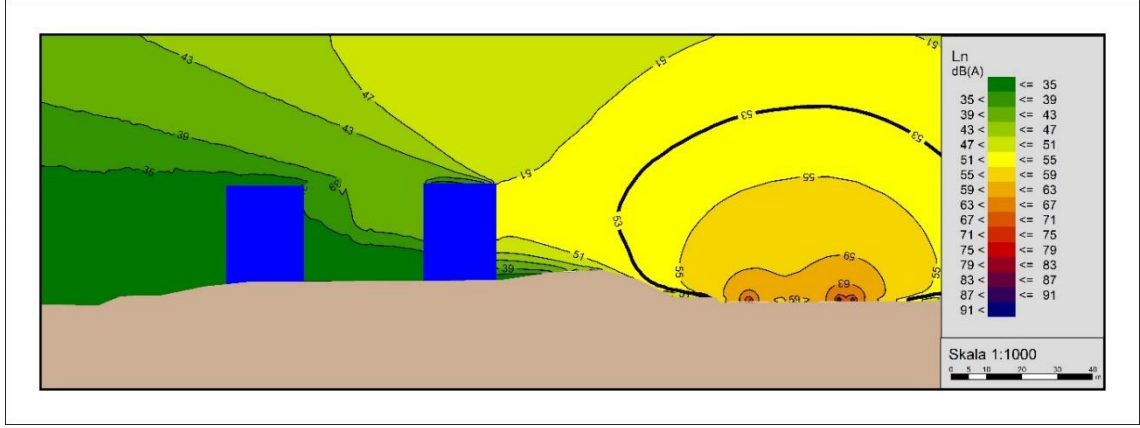
Şekil 4.16 1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_{den})



Şekil 4.17 1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_d)

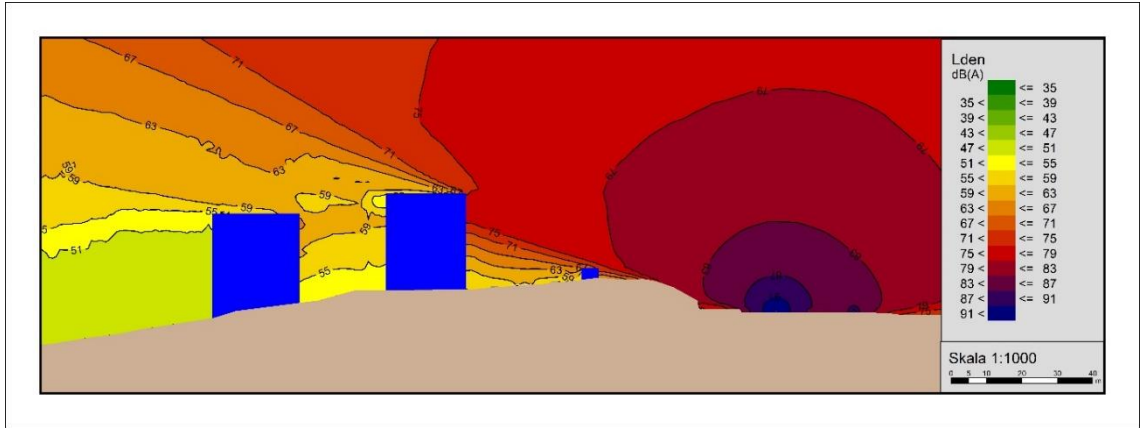


Şekil 4.18 1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_e)

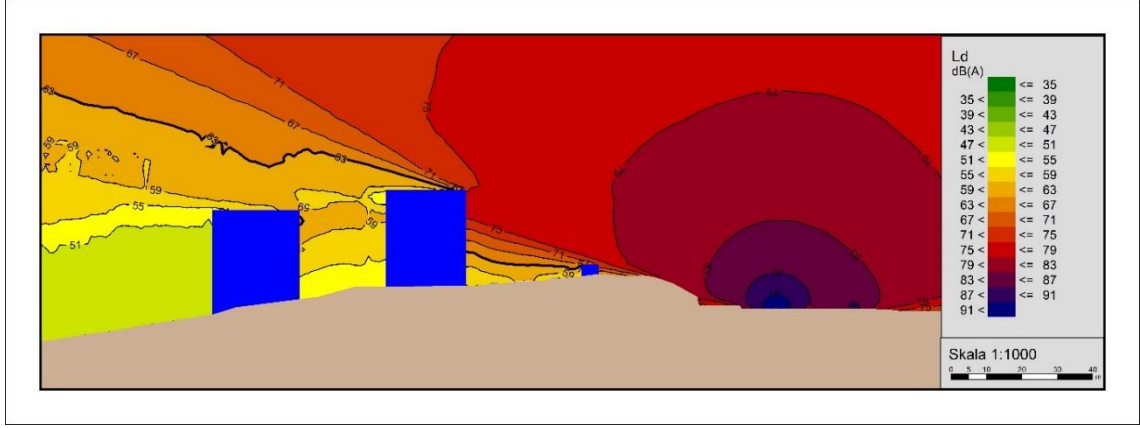


Şekil 4.19 1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_n)

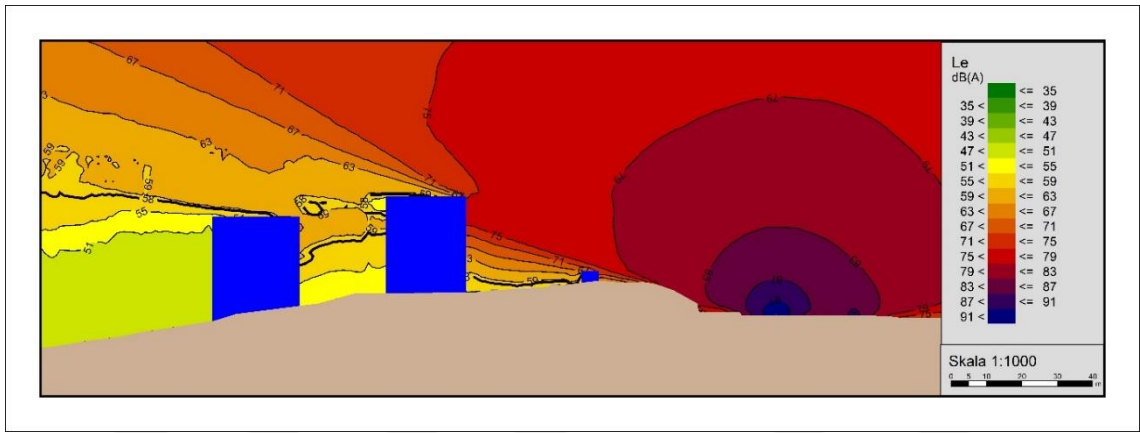
Şekil 4.16'daki ortalama gürültü düzeyi kesit haritasına bakılarak kara yolundan daha uzakta bulunan kuzeybatı bloktaki gürültü düzeyinin daha az olduğu, kuzeydoğudaki bloğun gürültü engeli işlevi gördüğü söylenebilir. Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'e göre gündüz ve akşam gürültü düzeyleri çok değişmemiş olup sınır değerler değiştiği için akşam saatlerinde, kuzeybatı bloğun üst katlarında sınır değeri aşılmıştır. Şekil 4.19'a göre gece saatlerinde toplu konut için bir gürültü sorunu oluşmamaktadır. Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22 ve Şekil 4.23'te 2 numaralı kesit noktasından alınan kesit gürültü haritaları verilmiştir.



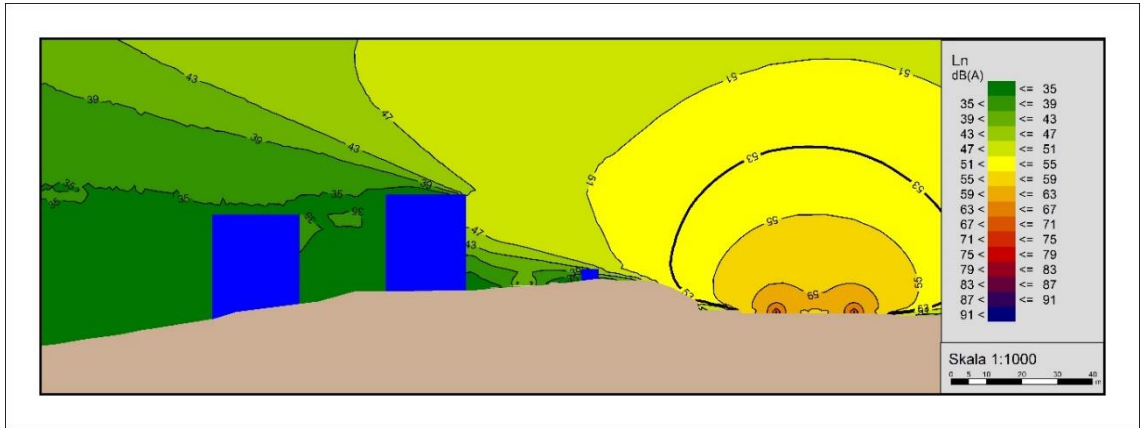
Şekil 4.20 2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_{den})



Şekil 4.21 2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_d)



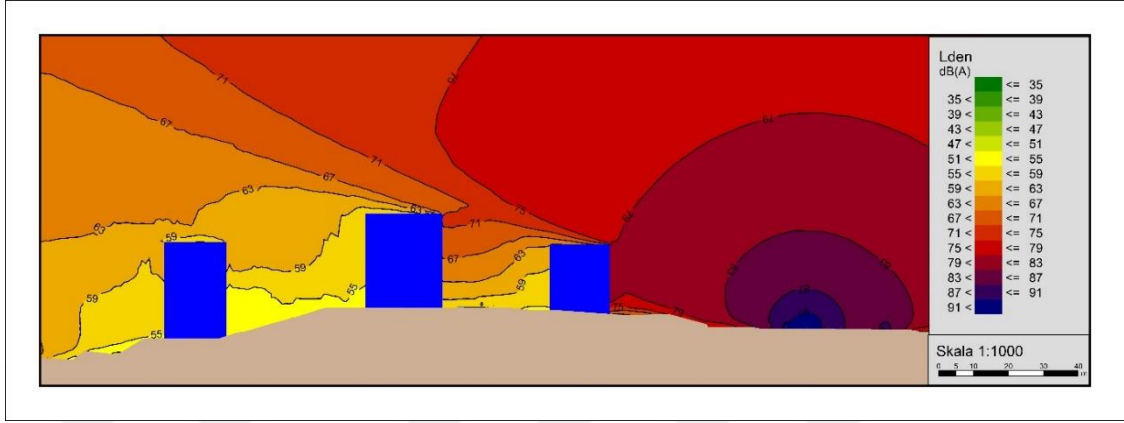
Şekil 4.22 2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_e)



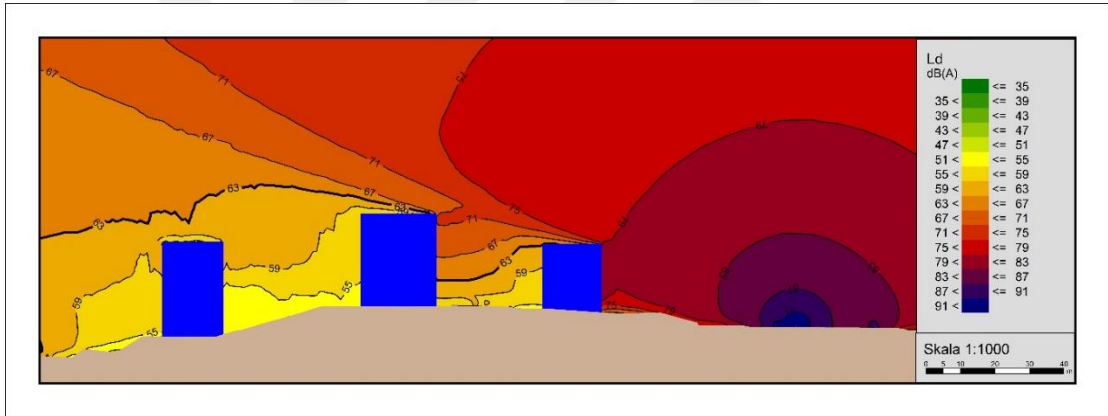
Şekil 4.23 2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_n)

Şekil 4.21'e göre gündüz gürültü düzeyi doğudaki blokta orta katlardan itibaren aşılmış olup batıdaki blokta böyle bir problem yaşanmamaktadır. Şekil 4.22'ye göre akşam gürültü düzeyi doğudaki bloğun alt katlarından, batıdaki bloğun ise

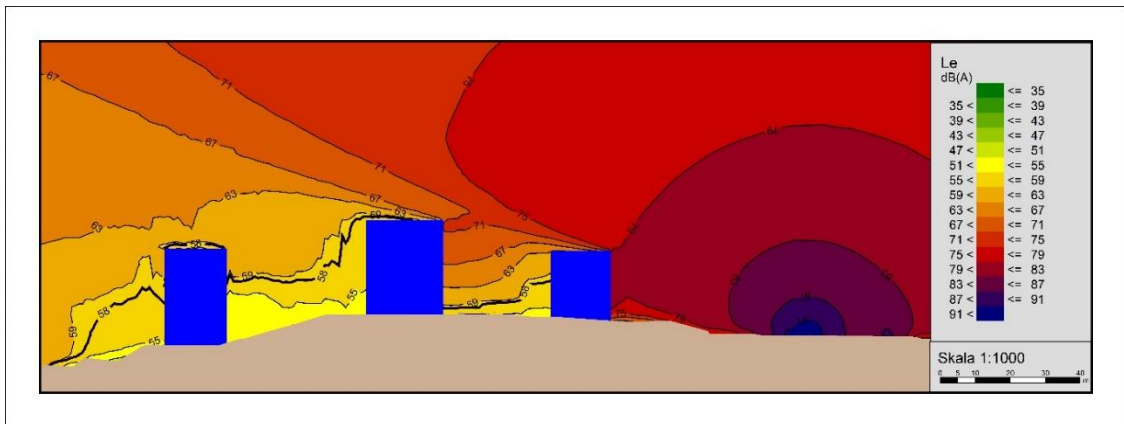
orta katlarından itibaren aşılmıştır. Gürültü düzeyinin doğudaki blokta 75 dBA'ya kadar çıktığı görülmektedir. Şekil 4.23'e göre, gece saatlerinde toplu konut için bir gürültü sorunu oluşmamıştır. Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27'de 3 numaralı kesit noktasından alınan kesit gürültü haritaları verilmiştir.



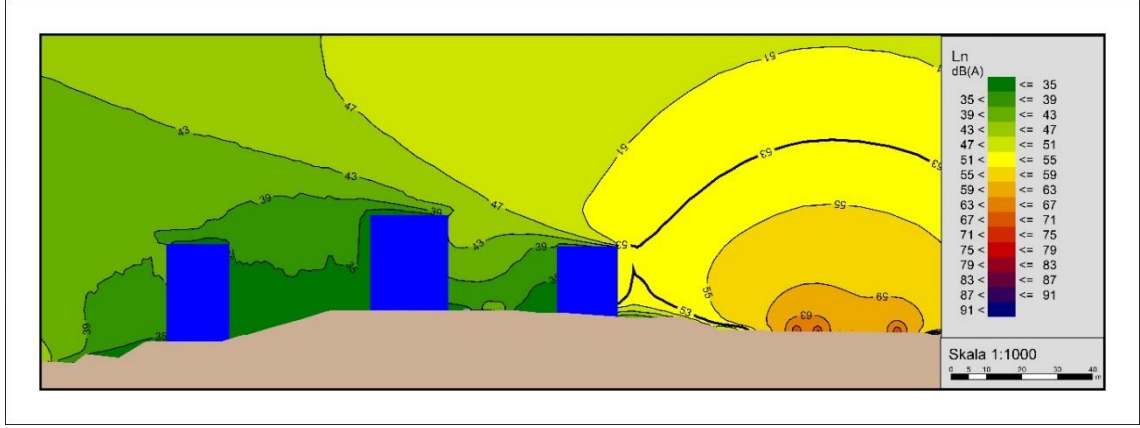
Şekil 4.24 3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_{den})



Şekil 4.25 3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_d)



Şekil 4.26 3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_e)



Şekil 4.27 3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_n)

Şekil 4.25'e göre gündüz gürültü düzeyi güneydoğudaki blokta orta katlardan itibaren aşılmıştır. Şekil 4.26'ya göre akşam gürültü düzeyi güneydoğudaki bloğun alt, güneybatıdaki bloğun ise üst katlarında aşılmıştır. Gürültü düzeyinin güneydoğudaki blokta 71 dBA'ya, güneybatıdaki blokta ise 60 dBA'ya kadar çıktığı görülmektedir. Şekil 4.27'ye göre, gece saatlerinde toplu konut için bir gürültü sorunu bulunmamaktadır.

4.2.4 Yapı Kabuğunun Ses Geçiş Kaybının Hesaplanması

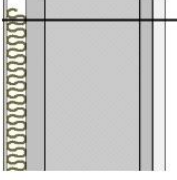
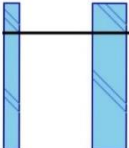
Çalışma kapsamında, gürültünün engeller ile denetimi ve yapı kabuğunda denetiminin etkinlik ve maliyet açısından karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu nedenle, bu bölümde, konutların yapı kabuğunun mevcut durumda gürültü açısından yeterliliklerini belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bölüm 4.2.3'te hazırlanan gürültü haritaları yardımı ile, konutların etkilendiği gürültü düzeyi (L_{gag}) belirlenmiş, SONArchitect yazılımı kullanılarak, yapı kabuğunun ses geçiş kaybı açısından yeterlilik durumu saptanmıştır. Bu yazılım, veri olarak girilen limit değerlere ve yapı elemanı malzemelerine göre yapı elemanının ses geçiş kaybı değerini hesaplamaktadır. Bu doğrultuda BGKKHY'deki dış gürültü düzeylerine ve alıcı odası hassasiyetine göre sağlanacak en düşük yalıtım değeri tablosundan (Tablo 3.6) belirlenen limit değerler programa veri olarak girilmiştir. En yüksek gürültü düzeyi yapının en üst katında hesaplandığı için limit değerler yapının en üst katına gelen gürültü düzeyine göre belirlenmiştir. Tüm yapı kabuğu hesaplamalarında D blok referans blok olarak alınmıştır. Tablo 3.6'daki C akustik

performans sınıfının sağlanmasına yönelik limit değerler Tablo 4.8’de verilmiştir. Yapı cephesinde kullanılan duvar ve pencere kesitleri Tablo 4.9’da verilmiştir.

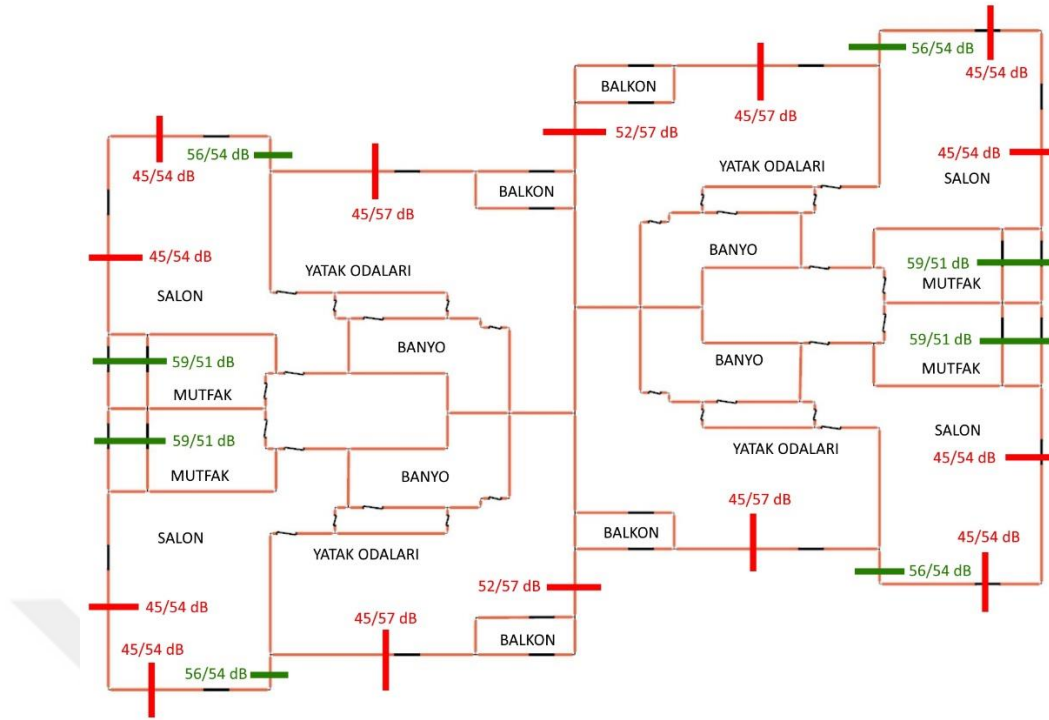
Tablo 4.8 Farklı alıcı odalar için limit değerler

MEKAN ADI	LİMİT DEĞER ($D_{2m,nT}$)
Yatak Odası	57 dB
Salon	54 dB
Mutfak	51 dB
Banyo	51 dB
Sirkülasyon Alanları	51 dB

Tablo 4.9 Cepheelerde kullanılan duvar ve pencere kesitleri

	Kesit	Kütle Ağırlığı (kg/m^2)	Ses Geçiş Kaybı (R_w)	Ses Geçiş Kaybı ($D_{2m,nTw} + C_{100-3150}$)	C_{tr}
Duvar Kesiti		178.5	60	62	-11
Cam Kesiti		40	36	-	-4

Tablo 4.9’da verilen malzemelerle hesap yapıldığında, cephenin ses geçiş kaybı ve sağlaması gereken limit değer Şekil 4.28’de verilmiştir. Yeşil çizgi ile gösterilen kesitlerde limit değerler sağlanmaktadır. Kırmızı çizgi ile gösterilen kesitler ise gereken ses geçiş kaybı değerini sağlamamaktadır.



Şekil 4.28 Mevcut durumda duvarların ses geçiş kayıpları ($D_{2m,nTw} + C_{100-3150}$)

4.2.5 Mevcut Durumun İncelenmesi ve Kabul Edilebilir Değerlerle Karşılaştırılması

Mevcut durumda yapı yüzeyine gelen gürültü düzeyi ile hacme geçen geçen ses düzeyi incelenmiştir. Bunun sonucunda, Tablo 4.10'da tek nokta gürültüsü hesapları ÇGDYY'deki sınır değerler ile karşılaştırılıp aşım değerleri tabloda gri taralı olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.10 Mevcut durum tek nokta gürültüsü ve aşım değerleri (dBA)

BLOK	KAT	MEVCUT DURUM				SINIR DEĞER AŞIMI		
		Lden	Ld	Le	Ln	Ld	Le	Ln
A BLOK	Z. KAT	68,3	68,2	68,2	43	5,2	10,2	-
	4. KAT	78,7	78,6	78,6	51,5	15,6	20,6	-
	7. KAT	78,5	78,3	78,3	51,4	15,3	20,3	-
B BLOK	Z. KAT	67,8	67,7	67,6	43	4,7	9,6	-
	4. KAT	79	78,8	78,8	51,7	15,8	20,8	-
	7. KAT	78,9	78,8	78,8	51,7	15,8	20,8	-

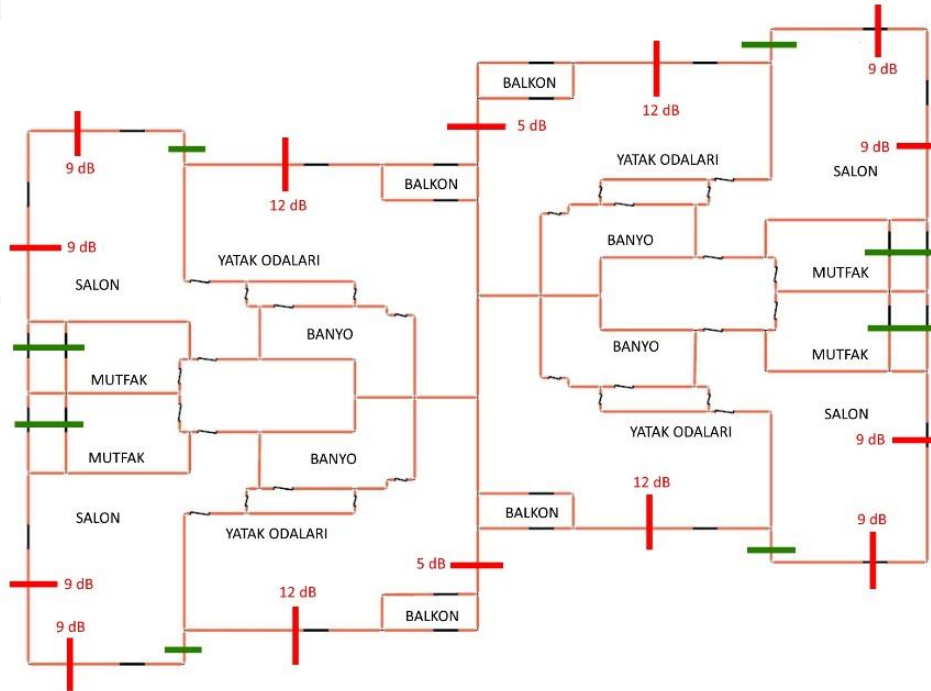
Tablo 4.10 Mevcut durum tek nokta gürültüsü ve aşım değerleri (dBA)
(devamı)

C BLOK	Z. KAT	63,2	63,1	63	37,9	0,1	5	-
	4. KAT	79,1	79	79	51,8	16	21	-
	7. KAT	79,2	79	79	51,8	16	21	-
D BLOK	Z. KAT	62,4	62,3	62,2	37,8	-	4,2	-
	4. KAT	79,1	79	79	51,5	16	21	-
	7. KAT	79,1	79	79	51,5	16	21	-
E BLOK	Z. KAT	58,3	58,2	57,9	35,1	-	-	-
	4. KAT	76,7	76,5	76,5	49,4	13,5	18,5	-
	7. KAT	77,6	77,5	77,5	50	14,5	19,5	-
F BLOK	Z. KAT	55,8	55,9	55,2	34,2	-	-	-
	4. KAT	63,7	63,6	63,5	40	0,6	5,5	-
	7. KAT	70,7	70,6	70,6	43,7	7,6	12,6	-
G BLOK	Z. KAT	56,6	56,7	56	35,3	-	-	-
	4. KAT	67,4	67,2	67,2	41,6	4,2	9,2	-
	7. KAT	69,8	69,6	69,6	43,4	6,6	11,6	-
H BLOK	Z. KAT	56,4	56,4	56	34,1	-	-	-
	4. KAT	68,4	68,3	68,3	42,3	5,3	10,3	-
	7. KAT	71,4	71,3	71,3	44,4	8,3	13,3	-
K BLOK	Z. KAT	67,2	67	67	40,9	4	9	-
	3. KAT	79,1	79	79	51,3	16	21	-
	5. KAT	79,4	79,3	79,3	51,6	16,3	21,3	-
L BLOK	Z. KAT	66,3	66,1	66,1	39,8	3,1	8,1	-
	3. KAT	79,2	79,1	79,1	51,7	16,1	21,1	-
	5. KAT	79,3	79,1	79,1	51,8	16,1	21,1	-
M BLOK	Z. KAT	75,5	75,4	75,4	48,9	12,4	17,4	-
	3. KAT	80,4	80,2	80,2	53,8	17,2	22,2	0,8
	5. KAT	80,3	80,1	80,1	53,7	17,1	22,1	0,7
N BLOK	Z. KAT	77,7	77,6	77,6	53,3	14,6	19,6	0,3
	3. KAT	79,2	79	79	54,1	16	21	1,1
	5. KAT	79,3	79,1	79,1	54,1	16,1	21,1	1,1
LİMİT DEĞERLERİ			63	58	53			

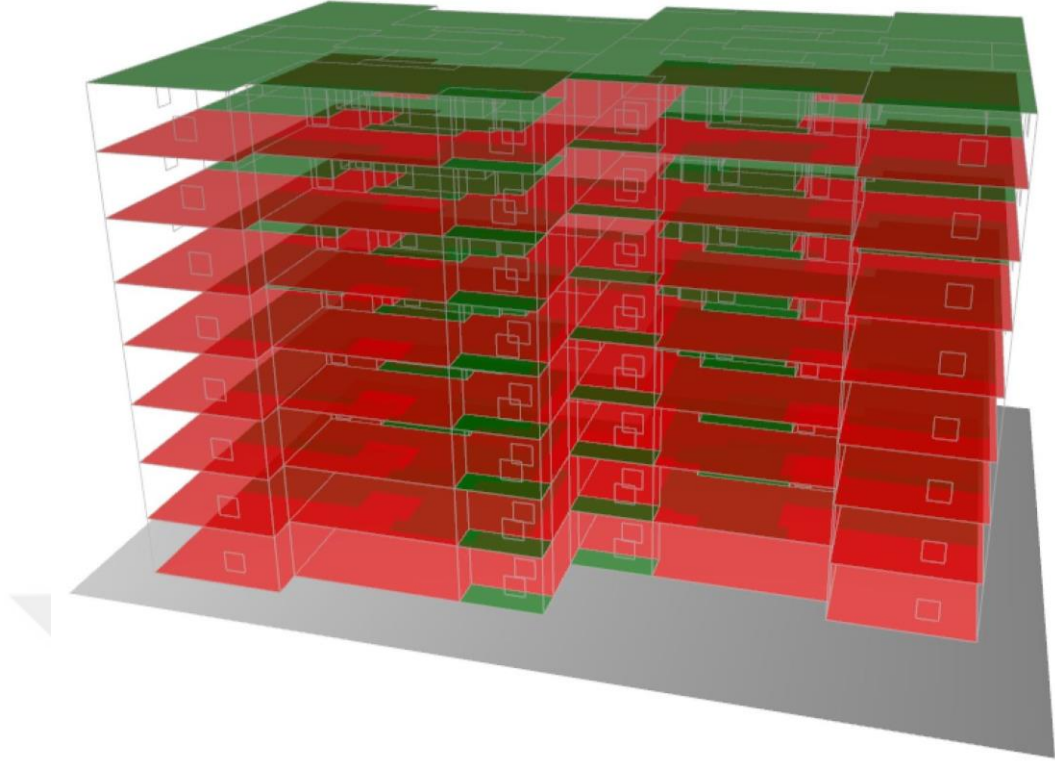
Tablo 4.10'a göre sınır değer aşımalarının daha çok kuzeydoğudaki bloklarda olduğu görülmektedir. Bu noktalardan aşım değerleri zemin katlarda 5 dBA olup üst katlarda 16 dBA'ya kadar çıkmaktadır. Doğu ve güneydoğudaki blokların zemin katlarında gürültü sınır değerinin aşılmadığı görülmektedir. Bunun nedeni, kara yolu ile bu bloklar arasında başka bir toplu konut bulunmasıdır. D blokta

akşam saatlerinde zemin katta gürültü aşımı 4.2 dBA iken 7. katta 21 dBA'ya ulaşmaktadır.

Yapı kabuğundan geçen ses düzeyi incelendiğinde bazı odalarda aşımalar olduğu tespit edilmiştir. Aşım olan odalarda duvarların ses geçiş kayıplarının artırılması gerekmektedir. Gereken ek ses geçiş kaybı miktarı Şekil 4.29'da gösterilmiştir. Kırmızı çizgi ile işaretli alanlarda ses geçiş kaybının artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Yeşil çizgi ile işaretlenen yerlerde ise gereken ses geçiş kaybı değeri sağlanmıştır. Buna göre konutun mutfak bölümünde gürültü açısından problem oluşmamaktadır. Şekil 4.30'da yapının üç boyutlu gürültü modeli görülmektedir. Kırmızı renkli alanlarda gerekli ses geçiş kaybı sağlanamamış, yeşil renkli alanlarda ise gerekli ses geçiş kaybı sağlanmıştır.



Şekil 4.29 Gereken ek ses geçiş kaybı



Şekil 4.30 Mevcut durumda yapının üç boyutlu gürültü modeli

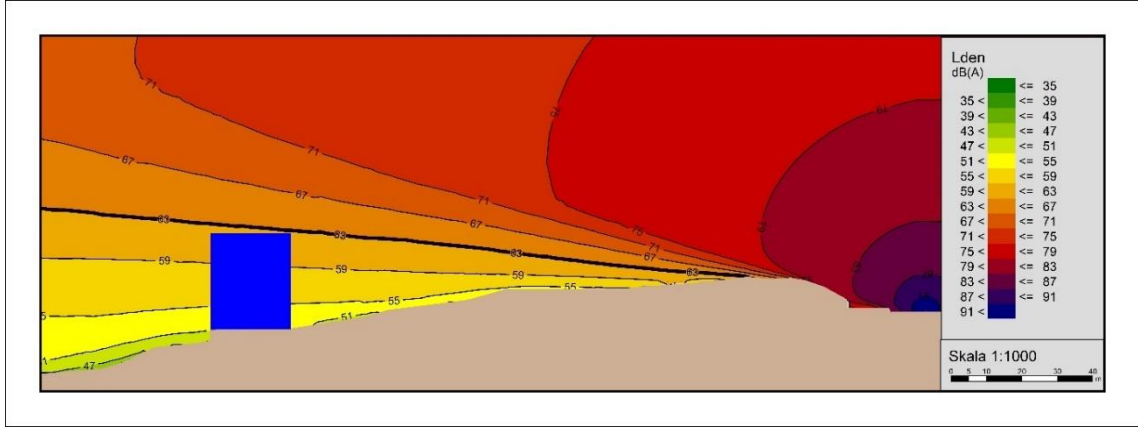
4.3 Denetim Önlemlerinin Alınması

Çalışma yapılan alanda çevresel gürültünün, ÇGDYY'deki kara yolu çevresel gürültü sınır değerlerinden yüksek olması, bölgede gürültü denetimi yapılmasını gerektirmiştir. Bu nedenle bilgisayar ortamında üç farklı senaryo simüle edilmiştir. Bunlar; optimum uzaklığın belirlenmesi, yapay gürültü engeli kullanımı ve yapı kabuğunda denetim yapılmasıdır.

4.3.1 Optimum Uzaklığın Belirlenmesi

Mevcut durumda alıcı noktalarda hesaplanan gürültü düzeyi, kabul edilebilir gürültü düzeyinden yüksektir. Kara yolu ile toplu konut blokları arasındaki mesafe, arazi biçimlenişine bağlı olarak 65 ila 113 metre arasında değişmektedir. Konut bloklarının kara yoluna daha uzak olduğu bloklarda gürültü düzeyi azalmaktadır. Bunun nedeni uzaklık arttıkça sesin kat ettiği mesafenin artmasıdır. Bir başka deyişle sesin uzaklıkla azalmasıdır. Soundplan gürültü modelleme programında hazırlanan kesit gürültü haritalarında, binalar yok sayılarak gürültü

haritası oluşturulup limit çizgisi belirlenmiştir. Şekil 4.31’de gösterilen bu kesitte yapı limit değerinin altında kalacak şekilde yerleştirildiğinde, yapının kara yoluna uzaklığı 180 metre olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.31 Optimum uzaklığın belirlenmesi

Bu durumda, eğer yapı kara yolundan 180 metre uzaklıkta olursa ÇGDYY’deki kara yolu çevresel gürültü sınır değerleri aşılmayacaktır. Belirlenmiş optimum uzaklığın yeni yerleşim bölgeleri için uygulanabileceği ancak mevcut yerleşimlerde sadece durum tespitinde kullanılabileceği unutulmamalıdır.

4.3.2 Gürültü Engeli ile Denetim

Mevcut durumda alıcı noktalarda hesaplanan gürültü düzeyinin, ÇGDYY’deki kara yolu çevresel gürültü sınır değerlerinden yüksektir. Bu nedenle SoundPLAN gürültü modelleme programında kara yolu kenarına gürültü engeli yerleştirilerek gürültü denetimi çalışmaları yapılmıştır. D-100 kara yolu ve metrobüs yolu kenarında denemeler yapıldığında buralardaki gürültü engellerinin, inceleme yapılan toplu konuttaki gürültü düzeyine etki etmediği görülmüştür. Bunun nedeninin kara yolu ile toplu konut arasındaki kot farkı olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle gürültü engeli, kara yolunun kenarındaki şevin üst kısmına yerleştirilmiş ve hesaplar tekrarlanmıştır. Eklenen gürültü engeli 4 m yükseklikte olup yüzeyleri yutucu özelliktedir. Şekil 4.32’deki vaziyet planında eklenen gürültü engeli gösterilmiştir. Şekil 4.6’da gösterilen alıcı noktalarda tek nokta gürültüsü hesabı yapılmıştır. Hesap sonuçları Tablo 4.11’de verilmiş olup aşım yapılan noktalar gri taralı olarak işaretlenmiştir.



Şekil 4.32 Gürültü engelinin konumu

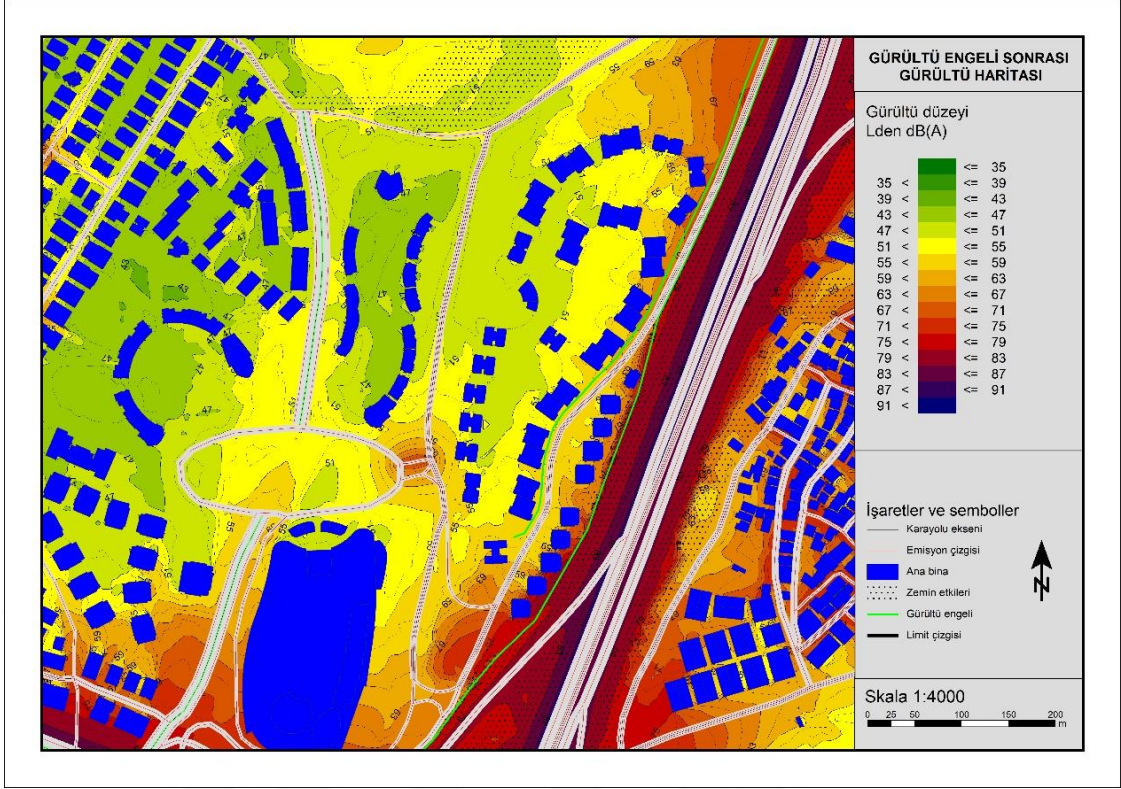
Tablo 4.11 Engel sonrası tek nokta gürültüsü hesap sonuçları (dBA)

BLOK	KAT	ENGEL SONRASI DURUM			
		Lden	Ld	Le	Ln
A BLOK	Z. KAT	63,8	63,7	63,6	37,2
	4. KAT	78,8	78,6	78,6	51,6
	7. KAT	78,4	78,3	78,3	51,3
B BLOK	Z. KAT	63,5	63,3	63,3	37,6
	4. KAT	78,9	78,7	78,7	51,6
	7. KAT	78,8	78,6	78,6	51,6
C BLOK	Z. KAT	61,8	61,7	61,6	35,9
	4. KAT	78,3	78,1	78,1	51,2
	7. KAT	79,2	79,1	79,1	51,8
D BLOK	Z. KAT	61,2	61,2	61	36,6
	4. KAT	78,6	78,5	78,5	51,1
	7. KAT	79,2	79,1	79,1	51,6

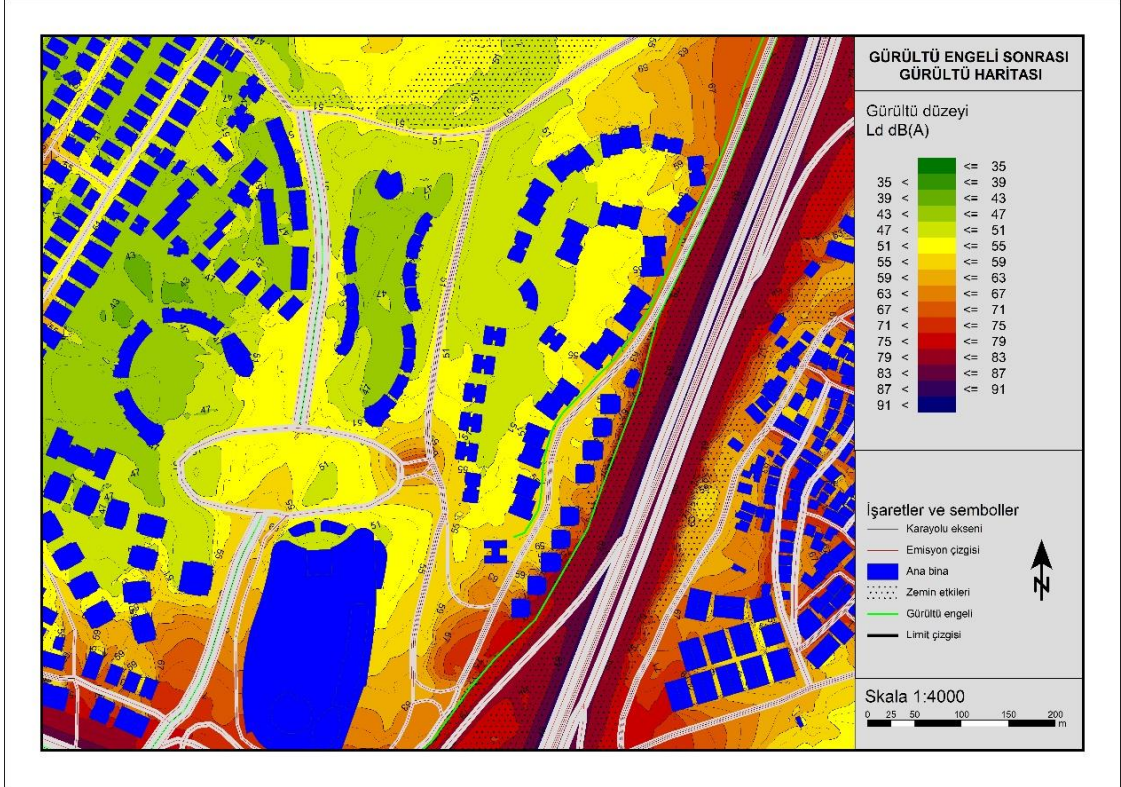
Tablo 4.11 Engel sonrası tek nokta gürültüsü hesap sonuçları (dBA) (devamı)

E BLOK	Z. KAT	59	59	58,7	35,2
	4. KAT	69,9	69,8	69,7	45,5
	7. KAT	77,5	77,3	77,3	50
F BLOK	Z. KAT	56	56	55,4	34,3
	4. KAT	59,8	59,7	59,5	36,5
	7. KAT	66,7	66,5	66,5	42
G BLOK	Z. KAT	55,5	55,6	55	33,7
	4. KAT	60,3	60,2	60	36,4
	7. KAT	67,2	67,1	67	41,4
H BLOK	Z. KAT	56,7	56,7	56,3	34
	4. KAT	60,6	60,5	60,4	36,7
	7. KAT	68,3	68,2	68,2	42,6
K BLOK	Z. KAT	62,7	62,7	62,6	35,7
	3. KAT	78,9	78,8	78,8	51,1
	5. KAT	79,4	79,3	79,3	51,6
L BLOK	Z. KAT	61,4	61,2	61,2	34,4
	3. KAT	79,1	78,9	78,9	51,5
	5. KAT	79,2	79,1	79,1	51,7
M BLOK	Z. KAT	63,3	63,2	63,2	37
	3. KAT	80,3	80,1	80,1	53,7
	5. KAT	80,2	80,1	80,1	53,7
N BLOK	Z. KAT	75,9	75,7	75,7	50,2
	3. KAT	79,2	79	79	54,1
	5. KAT	79,3	79,1	79,1	54,1
LİMİT DEĞERLERİ			63	58	53

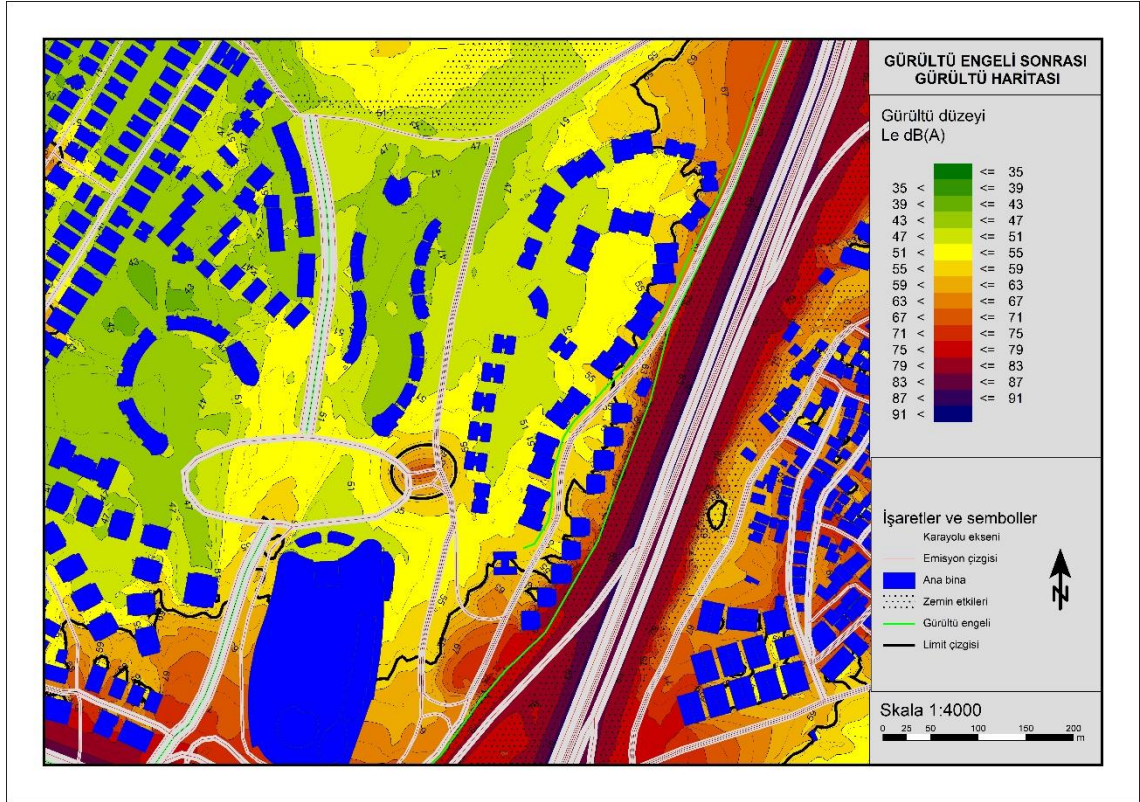
Örnek vermek gerekirse; Tablo 4.11'e göre D Blok zemin katta gündüz gürültü düzeyi $L_d = 61.2$ dBA, akşama gürültü düzeyi $L_e = 61$ dBA, gece gürültü düzeyi $L_n = 36.6$ dBA'dır. Gürültü engelinin eklenmesinden sonra oluşturulan ızgara gürültü haritaları Şekil 4.33, Şekil 4.34, Şekil 4.35 ve Şekil 4.36'te verilmiştir.



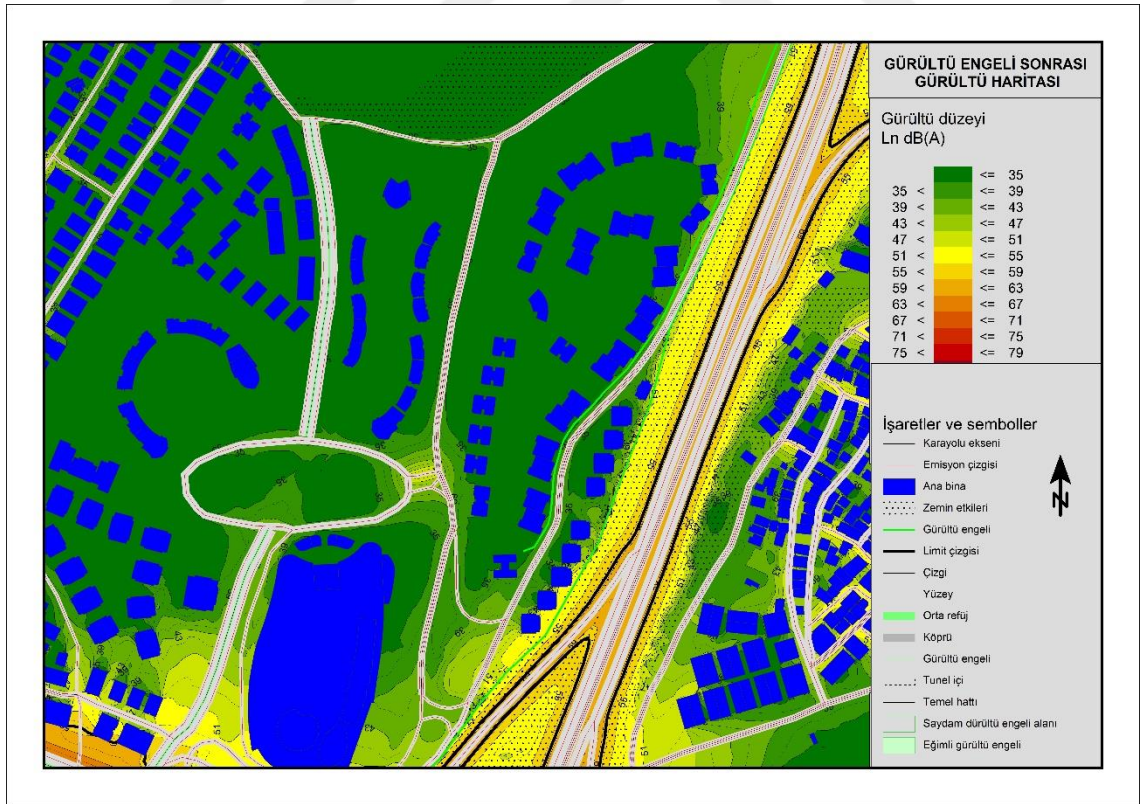
Şekil 4.33 Gürültü engeli sonrası durumda ortalama gürültü düzeyi haritası (L_{den})



Şekil 4.34 Gürültü engeli sonrası durumda gündüz gürültü düzeyi haritası (L_d)



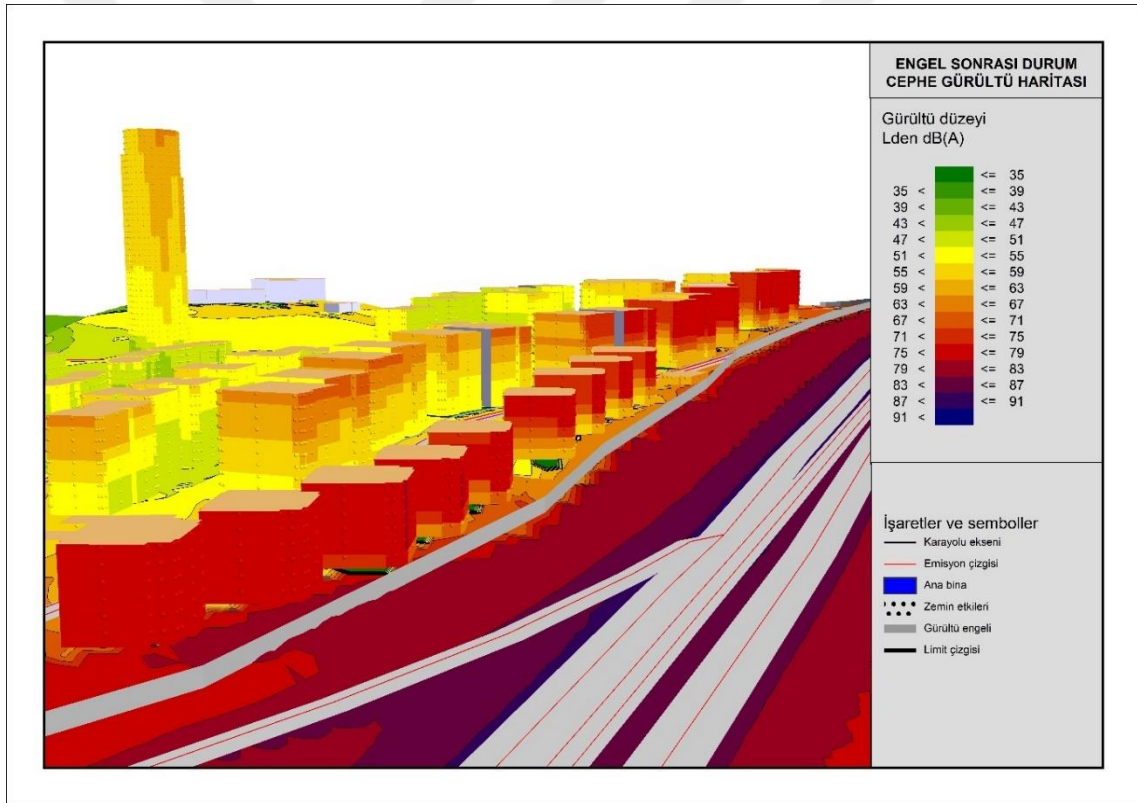
Şekil 4.35 Gürültü engeli sonrası durumda akşam gürültü düzeyi haritası (L_e)



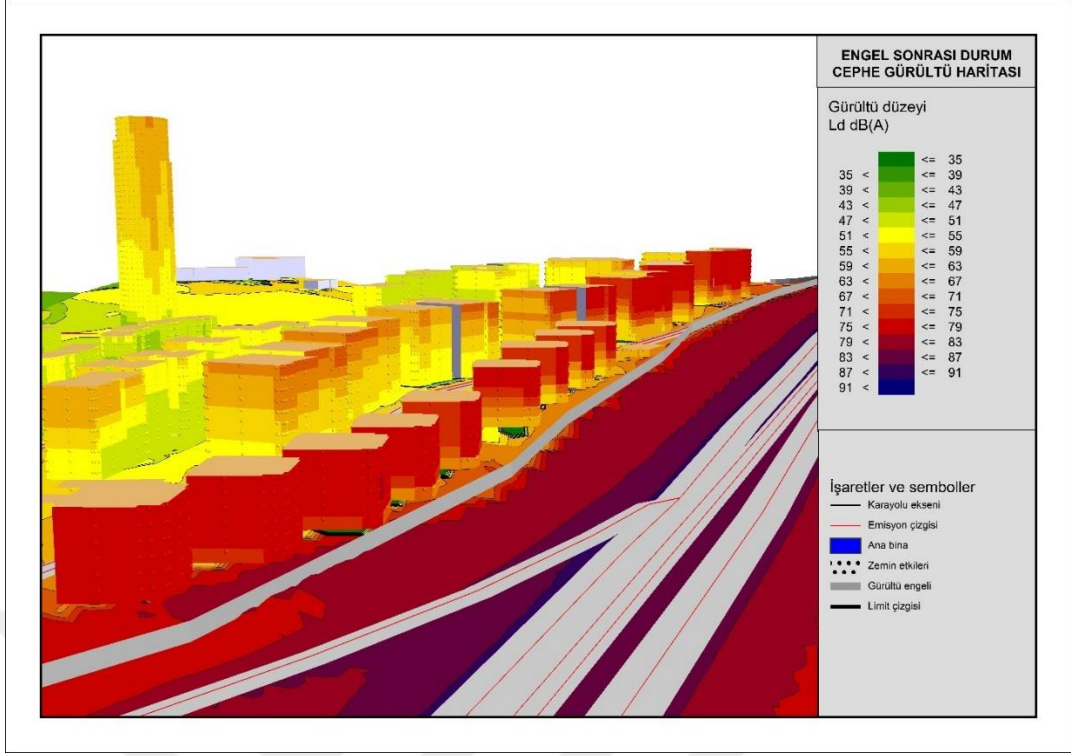
Şekil 4.36 Gürültü engeli sonrası durumda gece gürültü düzeyi haritası (L_n)

Şekil 4.34'teki gündüz gürültü düzeyi haritasına bakıldığında, blokların kuzeydoğu cephelerinde gürültü düzeyinin düştüğü ancak hala sınır değerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Şekil 4.35'teki akşam gürültü düzeyi haritası, sınır gürültü değerinin kuzeydoğu bloklarda aşıldığını, bu noktalarda gürültü düzeyinin 67 dBA'ya kadar çıktığını göstermektedir. Şekil 4.36'daki gece gürültü düzeyi haritasından ise sınır gürültü değerinin aşılmayıp en fazla 47 dBA gürültü hesaplandığı görülebilir.

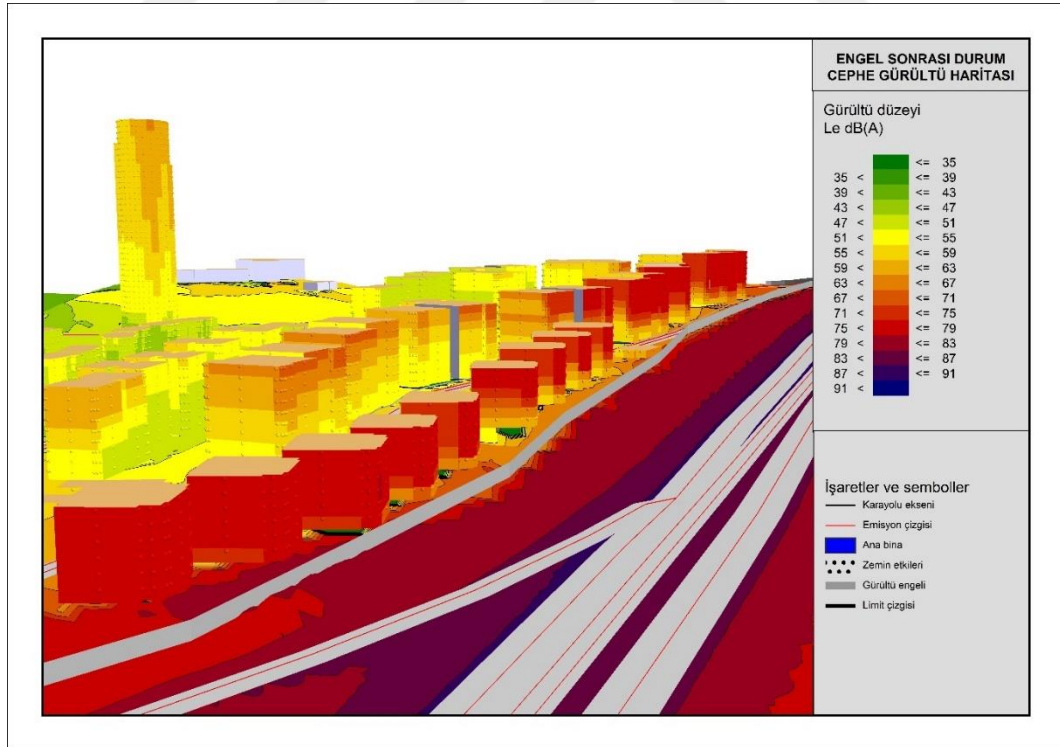
Şekil 4.37'de cephelere gelen ortalama gürültü düzeyi, Şekil 4.38'de cephelere gündüz saatlerinde gelen gürültü düzeyi, Şekil 4.39'da cephelere akşam saatlerinde gelen gürültü düzeyi, Şekil 4.40'ta ise cephelere gece saatlerinde gelen gürültü düzeyi gösterilmiştir.



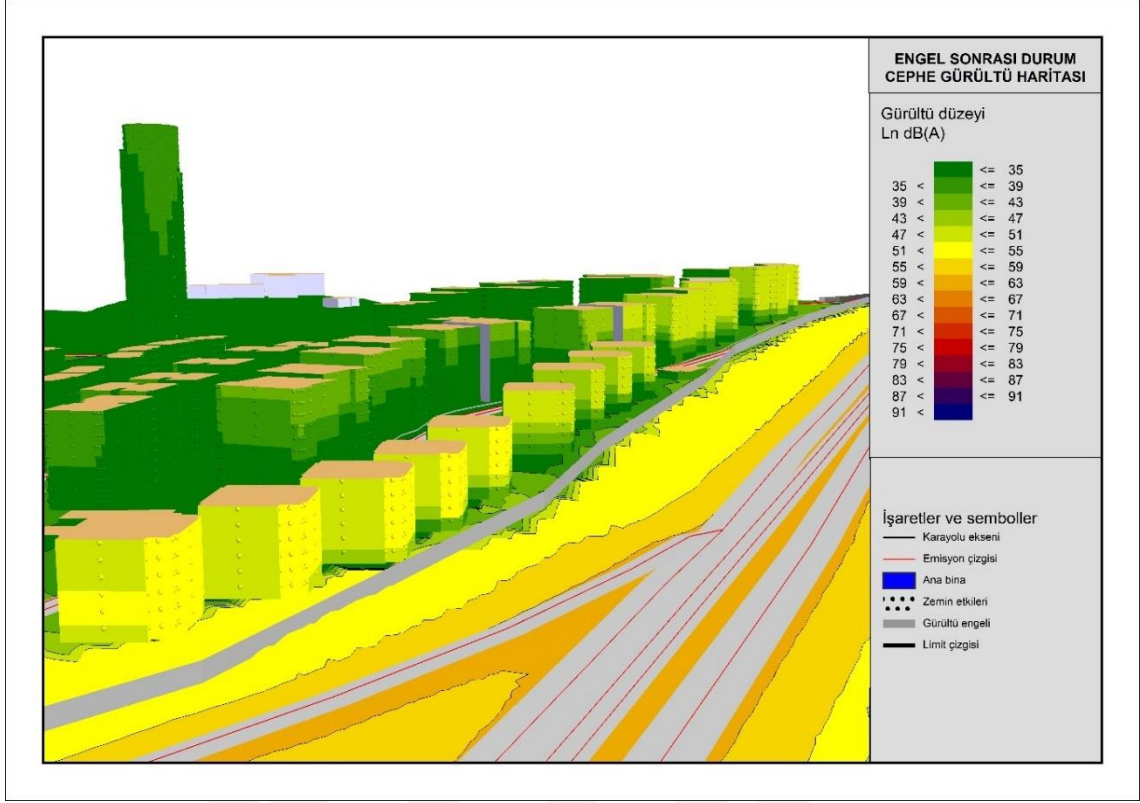
Şekil 4.37 Gürültü engeli sonrası durumda cephelerdeki ortalama gürültü düzeyi haritası (L_{den})



Şekil 4.38 Gürültü engeli sonrası durumda cephelerdeki gündüz gürültü düzeyi haritası (L_d)



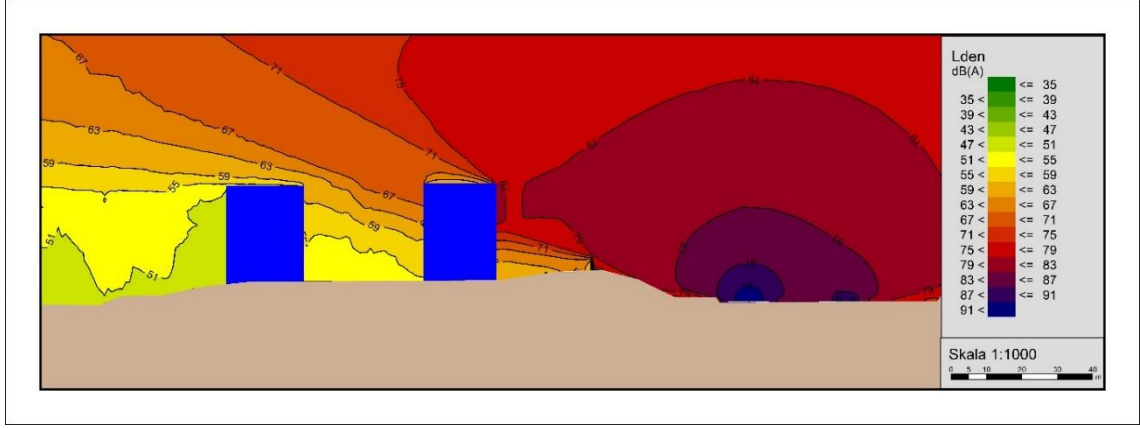
Şekil 4.39 Gürültü engeli sonrası durumda cephelerdeki akşam gürültü düzeyi haritası (L_e)



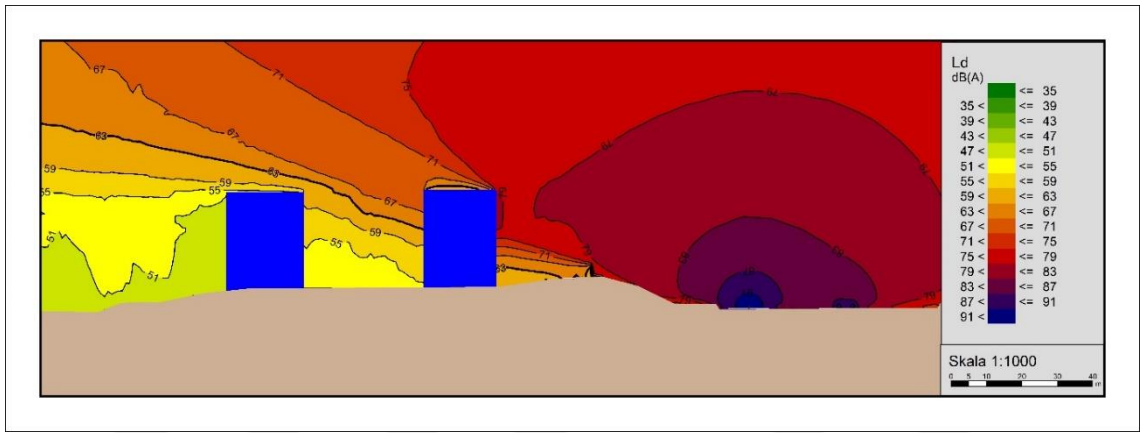
Şekil 4.40 Gürültü engeli sonrası durumda cephelerdeki gece gürültü düzeyi haritası (L_n)

Şekil 4.37’de verilen cephelere gelen ortalama gürültü düzeyi cephe haritasına göre kuzeydoğu bloklarda gürültü düzeyinin 59-63 dBA aralığında, doğu ve güneydoğu bloklarda ise 51-59 dBA arasında değiştiği görülmektedir. Şekil 4.38’deki gündüz gürültü düzeyi haritası ve Şekil 4.39’da verilen akşam gürültü düzeyi haritası da ortalama gürültü düzeyi haritasını destekler niteliktedir. Bunlara göre kuzeydoğu bloklar gürültüden daha fazla etkilenmektedir. Şekil 4.40’taki gece gürültü düzeyi haritasına göre hesaplanan en yüksek gürültü değeri 47-51 dBA aralığındadır ve sınır değeri aşılmamıştır.

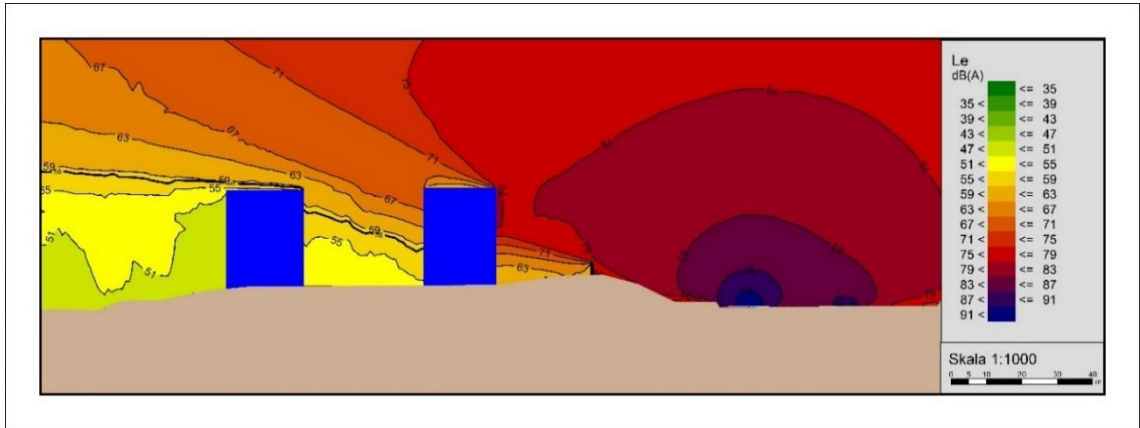
Şekil 4.15’te verilen vaziyet planındaki kesit noktalarından engel sonrası gürültü düzeyinin gösterilebilmesi için kesit gürültü haritaları alınmıştır. Bu noktalarda ortalama gürültü düzeyi (L_{den}), gündüz gürültü düzeyi (L_d), akşam gürültü düzeyi (L_e) ve gece gürültü düzeyi (L_n) için kesit gürültü haritaları oluşturulmuştur.



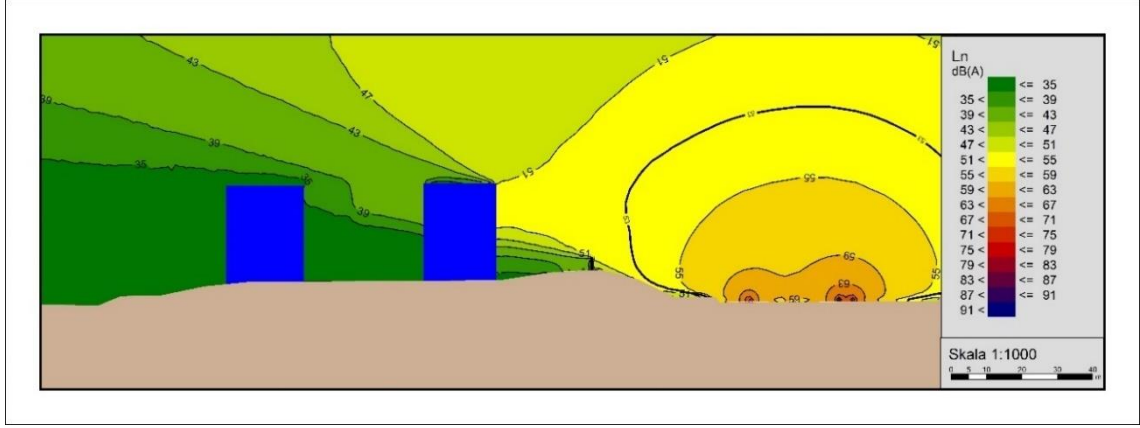
Şekil 4.41 1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_{den})



Şekil 4.42 1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_d)

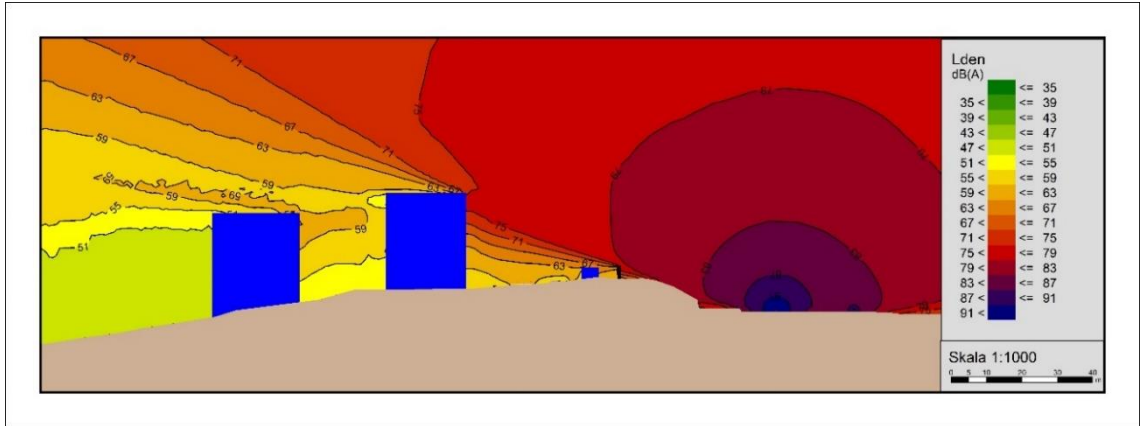


Şekil 4.43 1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_e)

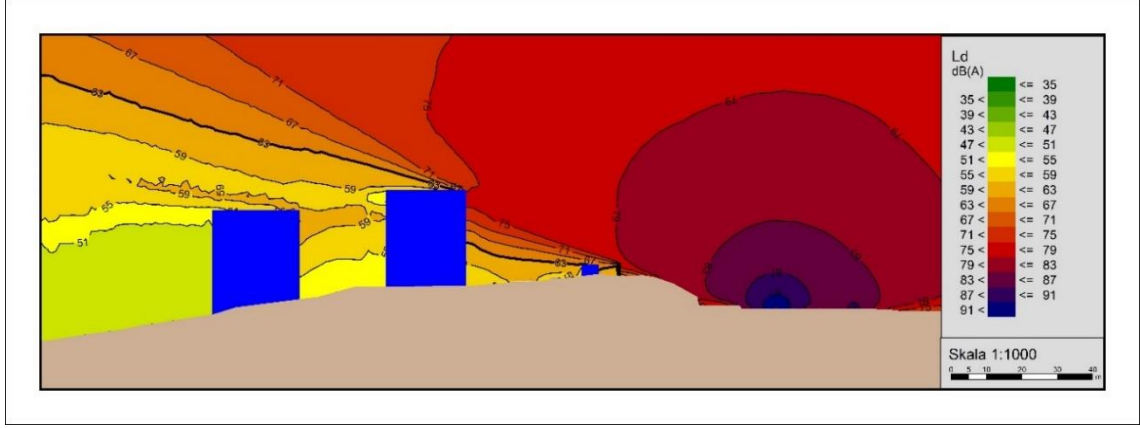


Şekil 4.44 1 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_n)

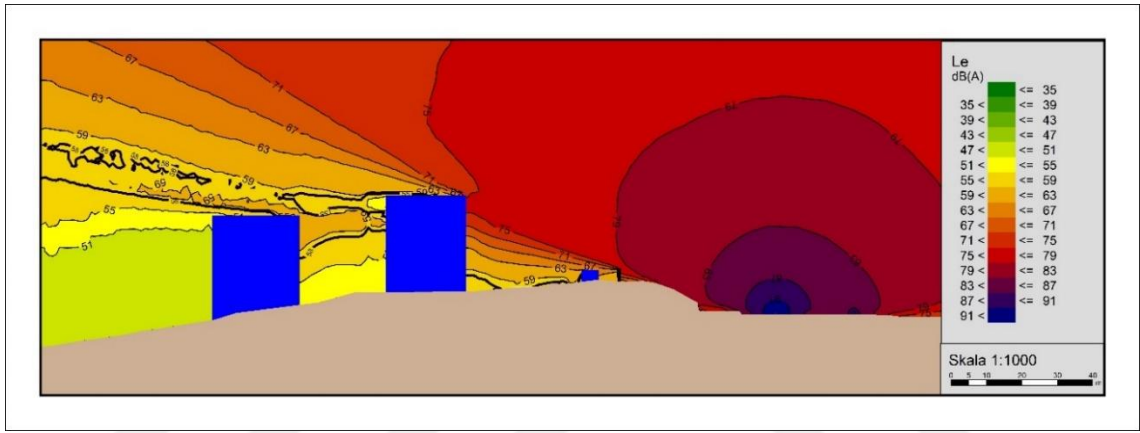
Şekil 4.41'deki ortalama gürültü düzeyi haritasına göre yüksek düzeyli gürültüden etkilenen alanın azaldığı görülmektedir. Şekil 4.42'deki gündüz gürültü düzeyi haritasına göre kuzeydoğudaki bloğun üst katları 79 dBA'ya kadar gürültüye maruz kalmaktadır. Bu bloğun orta katlarından itibaren sınır gürültü düzeyi aşılmaktadır. Şekil 4.43'teki akşam gürültü düzeyi haritasına göre kuzeydoğu bloğun tamamında ve kuzeybatı bloğun üst katlarında sınır gürültü değeri aşılmıştır. Şekil 43'e göre gece gürültü düzeyi bu iki blokta aşılmamıştır. Şekil 4.45, Şekil 4.46, Şekil 4.47 ve Şekil 4.48'de 2 numaralı kesit noktasından alınan kesit gürültü haritaları verilmiştir.



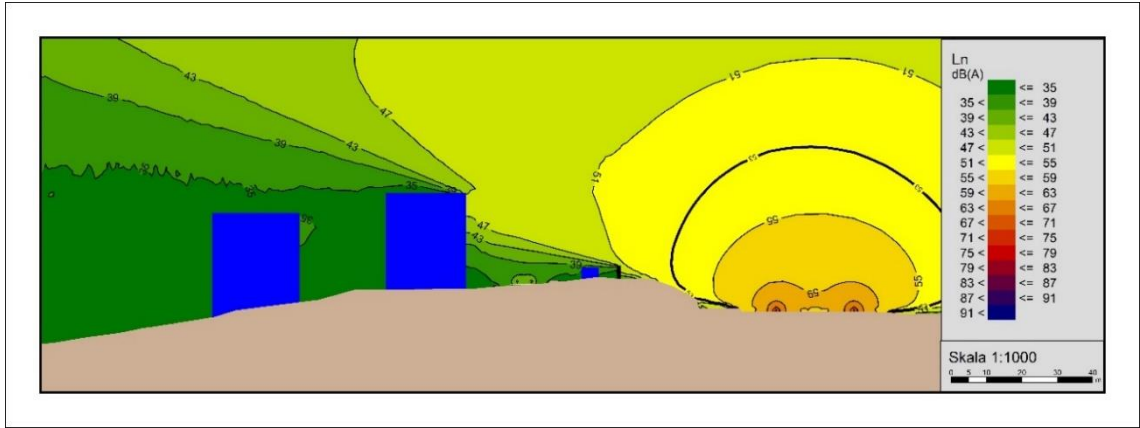
Şekil 4.45 2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_{den})



Şekil 4.46 2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_d)



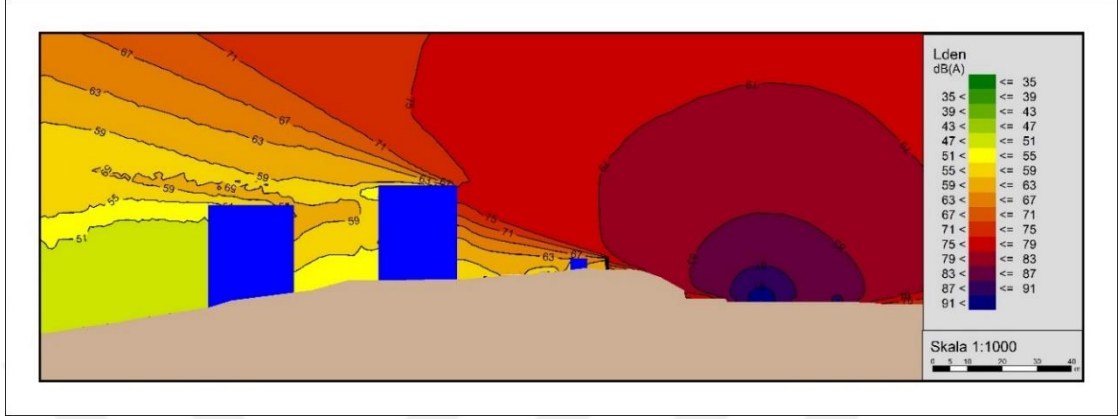
Şekil 4.47 2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_e)



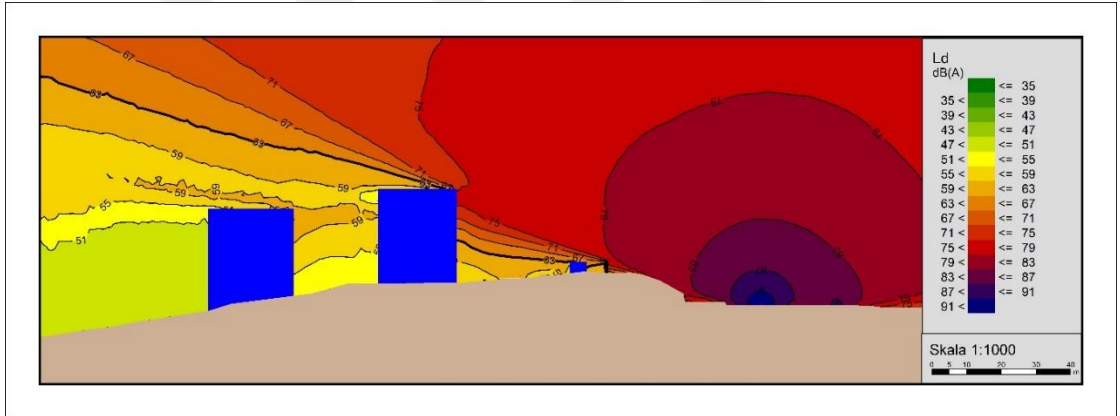
Şekil 4.48 2 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_n)

Şekil 4.46'ya göre gündüz gürültü düzeyi doğudaki blokta orta katlardan itibaren aşılmış olup batıdaki blokta aşım görülmemiştir. Şekil 4.47'ye göre akşam gürültü düzeyi doğudaki bloğun alt katlarından, batıdaki bloğun ise orta katlarından

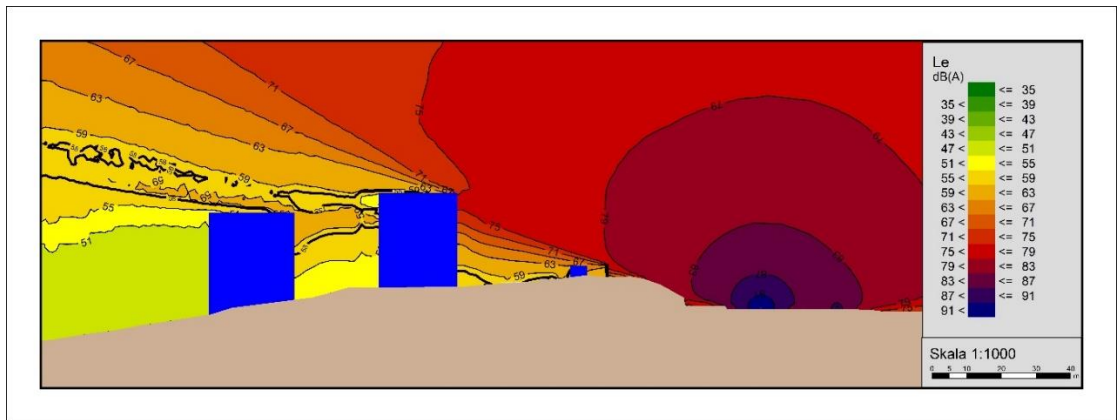
itibaren aşılmıştır. Doğudaki blokta üst katlarda 75 dBA gürültü düzeyi gözlemlenmiştir. Şekil 4.48'e göre, gece saatlerinde toplu konut için bir gürültü sorunu oluşmamıştır. Şekil 4.49, Şekil 4.50, Şekil 4.51 ve Şekil 4.52'de 3 numaralı kesit noktasından alınan kesit gürültü haritaları verilmiştir.



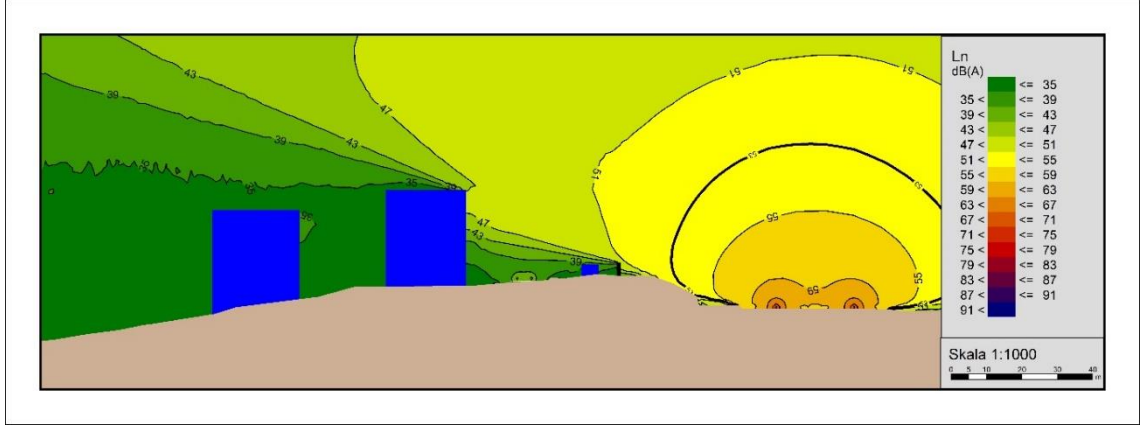
Şekil 4.49 3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_{den})



Şekil 4.50 3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_d)



Şekil 4.51 3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_e)



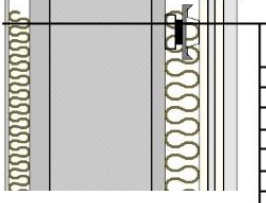
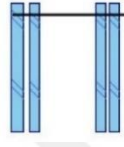
Şekil 4.52 3 numaralı konumdan alınan kesit gürültü haritası (L_n)

Şekil 4.50'ye göre gündüz gürültü düzeyi güneydoğudaki blokta orta katlardan itibaren aşılmıştır. Şekil 4.51'e göre akşam gürültü düzeyi güneydoğudaki bloğun alt, güneybatıdaki bloğun ise üst katlarında aşılmıştır. Gürültü düzeyinin güneydoğudaki blokta 75 dBA'ya, güneybatıdaki blokta ise 60 dBA'ya kadar çıktığı görülmektedir. Şekil 4.52'ye göre, gece saatlerinde toplu konut için bir gürültü sorunu bulunmamaktadır.

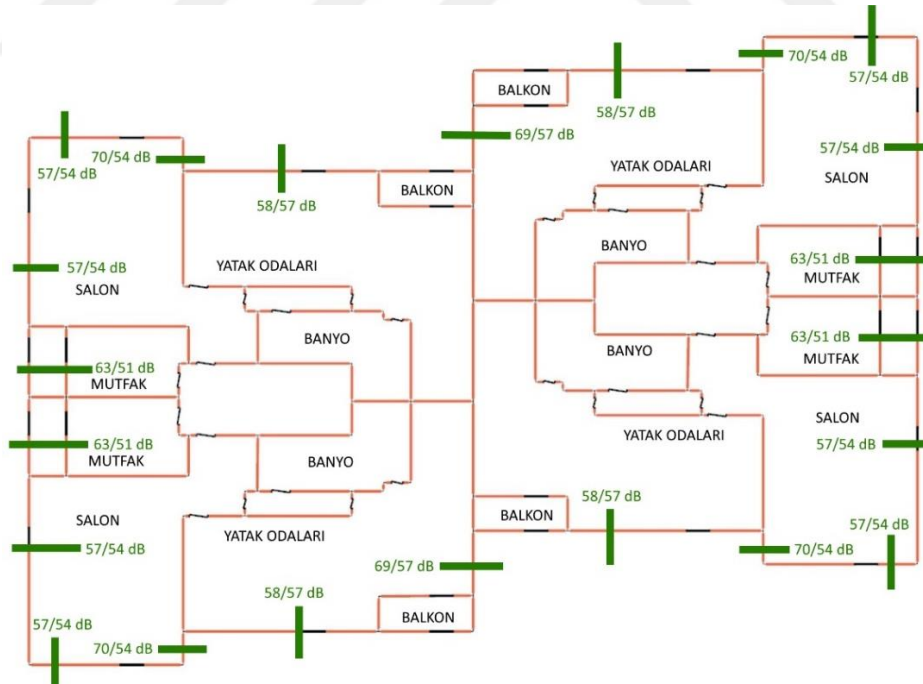
4.3.3 Yapı Kabuğunda Denetim

SoundPLAN gürültü modelleme programında yapılan hesaplar, yapı kabuğuna gelen gürültü düzeyini göstermiştir. Yapı kabuğuna gelen gürültü düzeyi doğrultusunda SONArchitect programında yapılan modelde, yapı kabuğundan içeri geçen ses düzeyi de BGKKHY'de verilen limit değerler aşılmıştır. Bu nedenle farklı bir yapı kabuğu ile tekrar hesap yapılmıştır. Bu hesapta kullanılan duvar ve cam kesiti Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12 Cephelerde kullanılan duvar ve pencere kesitleri

	Kesit	Kütle Ağırlığı (kg/m ²)	Ses Geçiş Kaybı (R _w)	Ses Geçiş Kaybı (D _{2m,nTw} + C ₁₀₀₋₃₁₅₀)	C _{tr}
Duvar Kesiti		241.2	72	74	-11
Cam Kesiti		75	52	-	-5

Tablo 4.12’de verilen malzemelerle hesap yapıldığında, duvarların ses geçiş kaybı Şekil 4.53’te verilmiştir.

**Şekil 4.53** Yeni malzemelerle duvarların ses geçiş kayıpları (D_{2m,nTw} + C₁₀₀₋₃₁₅₀)

Şekil 4.53'e göre, Tablo 4.12'deki yeni duvar kesitleri kullanıldığında yapı kabuğunun ses geçiş kaybı BGKKHY'deki sınır değerleri sağlayacak düzeye ulaşmıştır.

4.4 Denetim Önlemlerinin Değerlendirilmesi

4.4.1 Gürültü Engeli ile Denetimin Etkinliği

Şekil 4.6'da verilen noktalarda mevcut durumda ve engel sonrası durumda tek nokta gürültüsü hesapları yapılmıştır. Bu hesapların sonuçları ve ÇGDYY'deki sınır değerler ile karşılaştırmaları Tablo 4.13'te verilmiştir. Tablodaki gri taralı noktalarda sınır değerler aşılmıştır.

Tablo 4.13 Mevcut durum ve engel sonrası durumun karşılaştırılması (dBA)

BLOK	KAT	MEVCUT DURUM				ENGEL SONRASI DURUM			
		Lden	Ld	Le	Ln	Lden	Ld	Le	Ln
A BLOK	Z. KAT	68,3	68,2	68,2	43	63,8	63,7	63,6	37,2
	4. KAT	78,7	78,6	78,6	51,5	78,8	78,6	78,6	51,6
	7. KAT	78,5	78,3	78,3	51,4	78,4	78,3	78,3	51,3
B BLOK	Z. KAT	67,8	67,7	67,6	43	63,5	63,3	63,3	37,6
	4. KAT	79	78,8	78,8	51,7	78,9	78,7	78,7	51,6
	7. KAT	78,9	78,8	78,8	51,7	78,8	78,6	78,6	51,6
C BLOK	Z. KAT	63,2	63,1	63	37,9	61,8	61,7	61,6	35,9
	4. KAT	79,1	79	79	51,8	78,3	78,1	78,1	51,2
	7. KAT	79,2	79	79	51,8	79,2	79,1	79,1	51,8
D BLOK	Z. KAT	62,4	62,3	62,2	37,8	61,2	61,2	61	36,6
	4. KAT	79,1	79	79	51,5	78,6	78,5	78,5	51,1
	7. KAT	79,1	79	79	51,5	79,2	79,1	79,1	51,6
E BLOK	Z. KAT	58,3	58,2	57,9	35,1	59	59	58,7	35,2
	4. KAT	76,7	76,5	76,5	49,4	69,9	69,8	69,7	45,5
	7. KAT	77,6	77,5	77,5	50	77,5	77,3	77,3	50
F BLOK	Z. KAT	55,8	55,9	55,2	34,2	56	56	55,4	34,3
	4. KAT	63,7	63,6	63,5	40	59,8	59,7	59,5	36,5
	7. KAT	70,7	70,6	70,6	43,7	66,7	66,5	66,5	42

Tablo 4.13 Mevcut durum ve engel sonrası durumun karşılaştırılması (dBA)
(devamı)

G BLOK	Z. KAT	56,6	56,7	56	35,3	55,5	55,6	55	33,7
	4. KAT	67,4	67,2	67,2	41,6	60,3	60,2	60	36,4
	7. KAT	69,8	69,6	69,6	43,4	67,2	67,1	67	41,4
H BLOK	Z. KAT	56,4	56,4	56	34,1	56,7	56,7	56,3	34
	4. KAT	68,4	68,3	68,3	42,3	60,6	60,5	60,4	36,7
	7. KAT	71,4	71,3	71,3	44,4	68,3	68,2	68,2	42,6
K BLOK	Z. KAT	67,2	67	67	40,9	62,7	62,7	62,6	35,7
	3. KAT	79,1	79	79	51,3	78,9	78,8	78,8	51,1
	5. KAT	79,4	79,3	79,3	51,6	79,4	79,3	79,3	51,6
L BLOK	Z. KAT	66,3	66,1	66,1	39,8	61,4	61,2	61,2	34,4
	3. KAT	79,2	79,1	79,1	51,7	79,1	78,9	78,9	51,5
	5. KAT	79,3	79,1	79,1	51,8	79,2	79,1	79,1	51,7
M BLOK	Z. KAT	75,5	75,4	75,4	48,9	63,3	63,2	63,2	37
	3. KAT	80,4	80,2	80,2	53,8	80,3	80,1	80,1	53,7
	5. KAT	80,3	80,1	80,1	53,7	80,2	80,1	80,1	53,7
N BLOK	Z. KAT	77,7	77,6	77,6	53,3	75,9	75,7	75,7	50,2
	3. KAT	79,2	79	79	54,1	79,2	79	79	54,1
	5. KAT	79,3	79,1	79,1	54,1	79,3	79,1	79,1	54,1
LİMİT DEĞERLERİ		63	58	53		63	58	53	

Tablo 4.13'e göre gürültü engelinin eklenmesi ile bazı noktalarda hesaplanan değerler sınır değerinin altına inmiştir. Örneğin; C blok zemin katta mevcut durumda gündüz gürültü düzeyi 63.1 dBA hesaplanmışken engel sonrası durumda 61.7 dBA'ya düşmüştür. G blok 4. katta 67.2 dBA olan gündüz gürültü düzeyi 60.2 dBA'ya düşmüştür. Tablo 4.14'te hesap sonuçları ÇGDYY'deki sınır değerler ile karşılaştırılıp aşım değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.14 Engel Sonrası ÇGDYY'deki sınır değerlere göre yapılan aşımalar (dBA)

BLOK	KAT	ENGEL SONRASI AŞIM		
		Ld	Le	Ln
A BLOK	Z. KAT	0,7	5,6	-
	4. KAT	15,6	20,6	-
	7. KAT	15,3	20,3	-

Tablo 4.14 Engel Sonrası ÇGDYY'deki sınır değerlere göre yapılan aşımalar (dBA) (devamı)

B BLOK	Z. KAT	0,3	5,3	-
	4. KAT	15,7	20,7	-
	7. KAT	15,6	20,6	-
C BLOK	Z. KAT	-	3,6	-
	4. KAT	15,1	20,1	-
	7. KAT	16,1	21,1	-
D BLOK	Z. KAT	-	3	-
	4. KAT	15,5	20,5	-
	7. KAT	16,1	21,1	-
E BLOK	Z. KAT	-	0,7	-
	4. KAT	6,8	11,7	-
	7. KAT	14,3	19,3	-
F BLOK	Z. KAT	-	-	-
	4. KAT	-	1,5	-
	7. KAT	3,5	8,5	-
G BLOK	Z. KAT	-	-	-
	4. KAT	-	2	-
	7. KAT	4,1	9	-
H BLOK	Z. KAT	-	-	-
	4. KAT	-	2,4	-
	7. KAT	5,2	10,2	-
K BLOK	Z. KAT	-	4,6	-
	3. KAT	15,8	20,8	-
	5. KAT	16,3	21,3	-
L BLOK	Z. KAT	-	3,2	-
	3. KAT	15,9	20,9	-
	5. KAT	16,1	21,1	-
M BLOK	Z. KAT	0,2	5,2	-
	3. KAT	17,1	22,1	0,7
	5. KAT	17,1	22,1	0,7
N BLOK	Z. KAT	12,7	17,7	-
	3. KAT	16	21	1,1
	5. KAT	16,1	21,1	1,1

Tablo 4.14'e göre gürültü engeli uygulandıktan sonra zemin katlardaki sınır değer aşımaları azalmış olsa da üst katlarda 22 dBA'ya varan aşımalar devam etmektedir. Tablo 4.15'te engelin tüm alıcı noktalarda yarattığı etkinlik düzeyi gösterilmiştir.

Tablo 4.15 Gürültü engelinin alıcı noktalardaki etkinlik düzeyi (dBA)

BLOK	KAT	Lden	Ld	Le	Ln
A BLOK	Z. KAT	4,5	4,5	4,6	5,8
	4. KAT	-	-	-	-
	7. KAT	0,1	-	-	0,1
B BLOK	Z. KAT	4,3	4,4	4,3	5,4
	4. KAT	0,1	0,1	0,1	0,1
	7. KAT	0,1	0,2	0,2	0,1
C BLOK	Z. KAT	1,4	1,4	1,4	2
	4. KAT	0,8	0,9	0,9	0,6
	7. KAT	-	-	-	-
D BLOK	Z. KAT	1,2	1,1	1,2	1,2
	4. KAT	0,5	0,5	0,5	0,4
	7. KAT	-	-	-	-
E BLOK	Z. KAT	-	-	-	-
	4. KAT	6,8	6,7	6,8	3,9
	7. KAT	0,1	0,2	0,2	-
F BLOK	Z. KAT	-	-	-	-
	4. KAT	3,9	3,9	4	3,5
	7. KAT	4	4,1	4,1	1,7
G BLOK	Z. KAT	1,1	1,1	1	1,6
	4. KAT	7,1	7	7,2	5,2
	7. KAT	2,6	2,5	2,6	2
H BLOK	Z. KAT	-	-	-	-
	4. KAT	7,8	7,8	7,9	5,6
	7. KAT	3,1	3,1	3,1	1,8
K BLOK	Z. KAT	4,5	4,3	4,4	5,2
	3. KAT	0,2	0,2	0,2	0,2
	5. KAT	-	-	-	-

Tablo 4.15 Gürültü engelinin alıcı noktalardaki etkinlik düzeyi (dBA) (devamı)

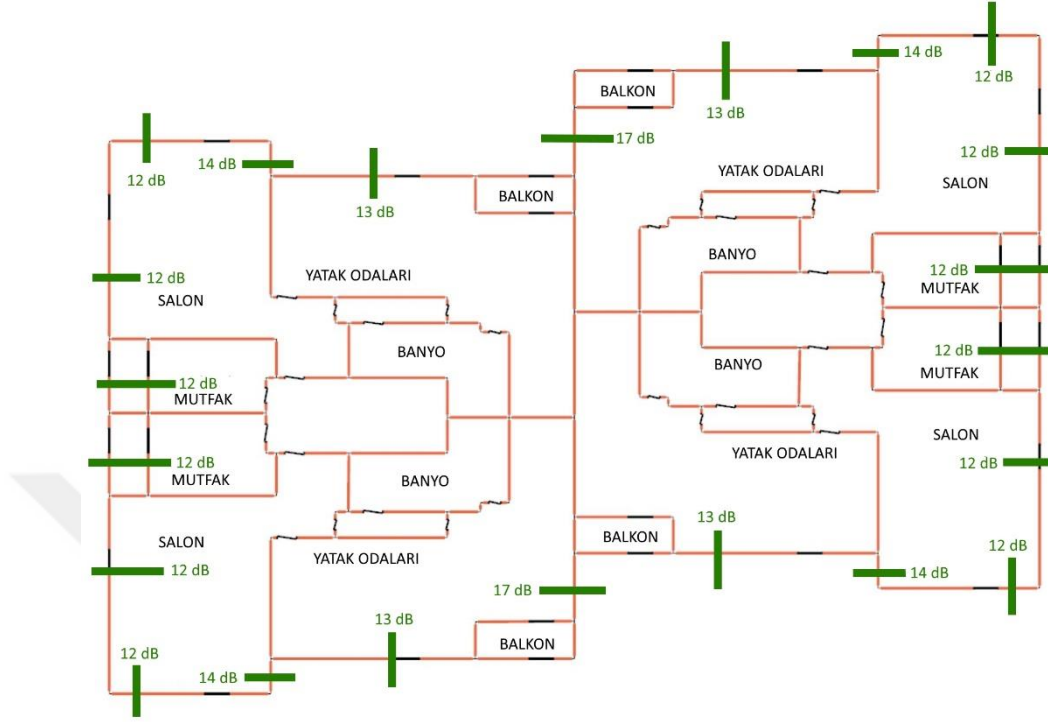
L BLOK	Z. KAT	4,9	4,9	4,9	5,4
	3. KAT	0,1	0,2	0,2	0,2
	5. KAT	0,1	-	-	0,1
M BLOK	Z. KAT	12,2	12,2	12,2	11,9
	3. KAT	0,1	0,1	0,1	0,1
	5. KAT	0,1	-	-	-
N BLOK	Z. KAT	1,8	1,9	1,9	3,1
	3. KAT	-	-	-	-
	5. KAT	-	-	-	-

Tablo 4.15'e göre C blok zemin katta gürültü engeli gündüz (L_d) ve akşam (L_e) gürültüsünü 1.4 dBA, gece gürültüsünü 2 dBA azaltmıştır. Engelin etkinliğinin incelenen toplu konutta 6.8 dBA'ya kadar çıktığı görülmektedir. Öte yandan kara yoluna daha yakın konumlandırılan alıcı noktalarda ise engel etkinliğinin 12.2 dBA'ya kadar ulaştığı belirlenmiştir. Tablo 4.15'in geneline bakılırsa gürültü engelinin kuzeydoğu blokların zemin katları ile doğu ve güneydoğu blokların orta katlarında etkili olduğu söylenebilir. Engel etkinliğinin K, L, M ve N blokların zemin katlarında yüksek olmasının nedeni ise engelin bu noktalarda karayoluna daha yakın konumlanmasıdır.

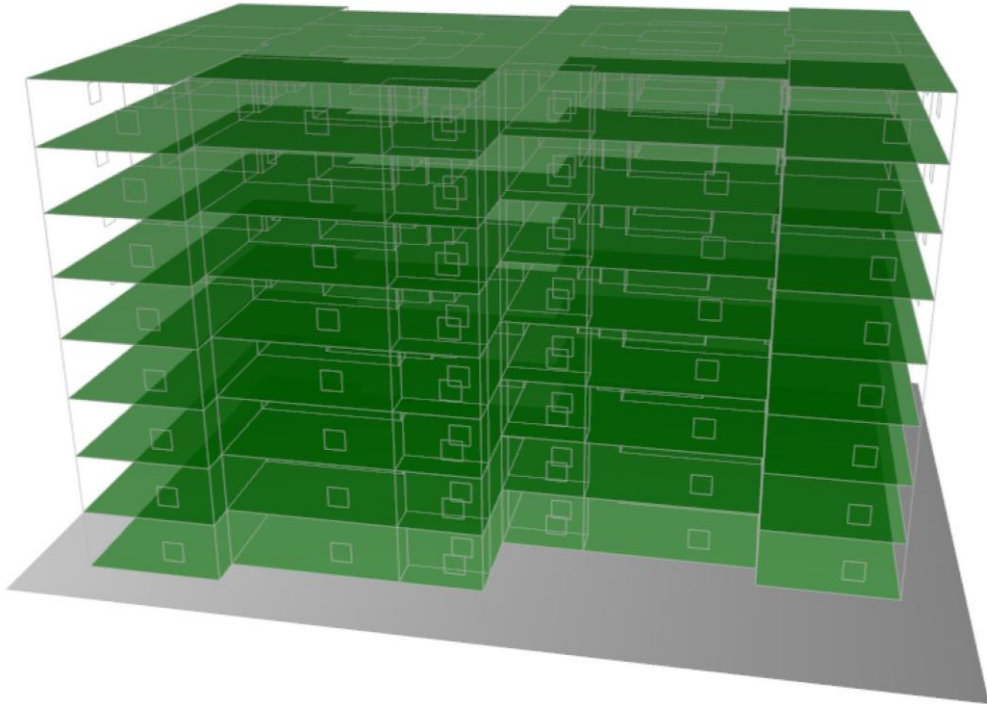
4.4.2 Yapı Kabuğunda Denetimin Etkinliği

Yapı kabuğunda yapılan değişikliklerle beraber yapı kabuğunun kütle ağırlığı artmıştır. Yapı kabuğunun ses geçiş kaybını zayıf eleman olan pencereler belirlemektedir. Bu nedenle ses geçiş kaybı yüksek bir pencere seçilmesi ile yapı kabuğunun ses geçiş kaybı artmıştır. Şekil 4.54'te göre ses geçiş kaybının artış miktarları verilmiştir. Şekil 4.54'e göre yatak odasının pencere bulunan duvarındaki ses geçiş kaybı değeri 7 dB artarken, pencere bulunmayan duvarındaki ses geçiş kaybı değeri 34 dB artmıştır. Buradan da pencere ve cam seçiminin önemi görülmektedir. Yapı kabuğunun malzemeleri değiştirildikten sonra yapılan hesaplamada oluşan üç boyutlu gürültü modeli Şekil 4.55'te

verilmiştir. Hiç kırmızı renkli alan bulunmaması, sınır değeri aşılmadığını göstermektedir.



Şekil 4.54 Yapı kabuğunun ses geçiş kaybındaki artış miktarları (dB)



Şekil 4.55 Yeni malzemelerle yapının üç boyutlu gürültü modeli

4.4.3 Denetim Önlemlerinin Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Çevresel gürültü düzeyinin ÇGDYY'deki sınır değerleri aşması nedeniyle gürültü engeli ile, hacme geçen gürültü düzeyinin BGKKHY'deki sınır değerleri aşması nedeniyle de yapı kabuğunda denetim çalışmaları yapılmıştır. Bu bölümde, gürültü engelinin ve yapı kabuğunun maliyet açısından karşılaştırması yapılmıştır. Denetim önlemleri tüm bloklar için geçerli olsa da tüm hesaplamalar, gürültüye öncelikli olarak maruz kalan 8 blok için yapılmış olup hesaplamalara yapım maliyeti dahil edilmemiştir. Tablo 4.9 ve 4.12'de verilen mevcut durumdaki kesit ve yapılması önerilen kesit ile gürültü engelinin maliyet karşılaştırması Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16 Denetim önlemlerinin maliyetlerinin karşılaştırılması

	DUVAR M ² FİYATI	M ²	DUVAR MALİYETİ (TL)	PENCERE M FİYATI	Mt	PENCERE MALİYETİ (TL)	TOPLAM MALİYET (TL)
MEVCUT KESİT	246,38	11.775	2.901.124	90	22.732	2.045.952	4.947.076
ÖNERİLEN KESİT	373,01	11.775	4.392.088	130	22.732	2.955.264	7.347.352
YAPI KABUĞUNDA DENETİM MALİYETİ	132,52	11.775	1.560.385	130	22.732	2.955.264	4.515.649
GÜRÜLTÜ ENGELİ İLE DENETİM	702,867	3.700	2.600.607				2.600.607

Tablo 4.16'da yapılan hesapta duvar kesitindeki malzemeler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığının birim fiyat listesine, pencereler ile gürültü engeli ise firmalardan alınan tekliflere göre fiyatlandırılmış olup atfen beyan edilmiştir. Tablo 4.16'ya göre mevcut durumdaki yapı kabuğuna eklenecek kesitin maliyetinin bulunabilmesi için iki kesitin fiyat farkı esas alınmıştır. Buna göre alınacak denetim önleminde duvar maliyeti 1.560.385 TL'dir. Pencerelerde ek yapılamayacağı için, yeni pencere maliyeti hesaplanmış olup 2.955.264 TL

bulunmuştur. Bu durumda yapı kabuğunda denetimin toplam maliyeti 4.515.649 TL'dir. Gürültü engeli ile denetim için 3700 m² gürültü engeli yapılması gerekmektedir ve bunun maliyeti 2.600.607 TL'dir. Bu durumda, yapım maliyeti hariç tutulursa gürültü engeli ile denetim maliyeti yapı kabuğunda denetime göre 1.915.402 TL daha ekonomiktir. Maliyet analizi yapılan kesitlerin detaylı bilgileri Ek-A'da verilmiştir.



5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde kara yollarına oldukça yakın konumlanan yapılar gürültüden bir hayli fazla etkilenmektedir. İnsanın yaşamının büyük bir bölümünü geçirdiği konut yapıları bu bakımdan önem kazanmaktadır. Gürültünün insan sağlığı üzerinde birçok önemli etkisi olduğu bilinmektedir. Türkiye’de yürürlükte bulunan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği ile Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkındaki Yönetmelik uyarınca sınır değerleri aşan gürültünün denetlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada; denetimin iki yöntemi olan gürültü engeli kullanımı ve yapı kabuğunun ses geçiş kaybının artırılması önlemlerinin etkinliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Kara yolu kenarındaki bir toplu konutta gürültü ölçmeleri gerçekleştirilip simülasyon programında gürültü haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalardan yola çıkılarak yapılan simülasyonda yapı kabuğundan hacme geçen gürültü düzeyi de belirlenmiş ve sınır değeri aşıldığı için denetim önlemleri uygulanarak simülasyon tekrarlanmıştır.

Gürültü haritaları, yapıya gelen gürültü düzeyinin kara yolundan uzaklaştıkça ve kat yüksekliği arttıkça azaldığını göstermiştir. Ayrıca; yapı ile kara yolu arasında bulunan yapı ve duvarların engel niteliği taşıdığı ve bu noktada gürültü düzeylerinin düştüğü belirlenmiştir. Kara yolu ile toplu konut arasına uygulanan uygun konumlandırılmış gürültü engelleri ile yapılara ulaşan gürültünün hangi oranda azaltılabileceği de örneklenmiştir.

Öte yandan yapı kabuğu, gürültünün alıcıya ulaşmadan önce denetlenebileceği son nokta olduğu için önemlidir. Yapı kabuğunda yapılacak değişiklikler, kesitin ses geçiş kaybını olumlu ya da olumsuz etkileyebilir. Gürültü denetimi amacıyla yapı kabuğunun ses geçiş kaybı arttırılmak istendiğinde kesitin kütle ağırlığının arttırılması ve/ya da arada hava boşluğu olan kesitlerin uygulanması gerekir. Bu

aşamada, cam alanların ses geçiş kaybı kesitteki dolu alanlardan daha fazla önem kazanmaktadır.

Çalışma kapsamında, gürültü engeli uygulaması ile yapı kabuğunun iyileştirilmesi arasında maliyet karşılaştırması yapmak amacıyla, hacimlerin gürültüden etkilenme düzeylerinde BGKKHY'deki sınır değerler esas alınarak duvar kesitinde iyileştirme yapılmıştır. Gürültü engelinin uygulandığı alandaki tüm kullanıcıları etkilediği ancak yapı kabuğundaki iyileştirmenin sadece yapı kullanıcılarına hitap ettiği bilinmektedir. Gürültü engeli ve yapı kabuğundaki iyileştirme karşılaştırıldığında, gürültü engelinin etkilediği kişi sayısının fazla, etkisinin daha az; yapı kabuğundaki iyileştirmelerin ise etkilediği kişi sayısının daha az, etkisinin daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Uygulanan iki denetim yönteminin, yapım maliyeti hariç tutulmak üzere malzeme maliyetleri karşılaştırıldığında, mevcut yapılar için, gürültü engelinin daha ekonomik olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışma bir örnek niteliğinde olup yapım maliyetleri de göz önüne alındığında daha ekonomik olan gürültü denetim yöntemi değişebilir. Yeni yapılacak yapılarda, gürültü konusunun tasarım aşamasında analiz edilmesi uygun olacaktır. 31 Mayıs 2017'de yayımlanan Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkındaki Yönetmelik de bunu destekler nitelikte olup yeni yapılacak yapılar konusunda yol gösterici bir yönetmektir. Böylece insanların içinde işitsel olarak konforlu olduğu ortamlar yapılması olanaklı hale gelecektir.

Yapılarda gürültü denetim yöntemlerinden ikisi olan gürültü engelleri ile denetim ile yapı kabuğunda denetim önlemlerinin yapım maliyeti hariç tutulmak üzere maliyetleri karşılaştırılmıştır. Tablo-Ek.1’de beton gürültü engeli maliyeti, Tablo Ek.2’de mevcut kesitin maliyeti ve Tablo Ek.3’te önerilen kesitin maliyeti detaylı olarak gösterilmiştir.

Tablo Ek A.1 Gürültü Engeli Maliyeti

	m²	m² Fiyatı (TL)	Toplam (TL)
Gürültü engeli	3700	702.867	2.600.607

Tablo Ek A.2 Mevcut Kesit Maliyeti

Mevcut kesit malzemeleri	mt/m²	m² fiyatı (TL)	Toplam (TL)
Alüminyum kompozit cephe kaplaması	11.774,72	93,00	1.095.049
Taş yünü ısı yalıtımı 3 cm	11.774,72	4,55	53.575
Kaba Sıva 3 cm	11.774,72	68,34	804.684
Gazbeton duvar bloğu 15 cm	11.774,72	27,00	317.917
Kaba Sıva 2 cm	11.774,72	47,60	560.477
İnce Sıva 2 cm	11.774,72	3,10	36.502
Su bazlı boya	2.354,94	14,00	32.969
4-16-8 düz cam	22.732,80	90	2.045.952
Toplam			4.947.125

Tablo Ek A.3 Önerilen Kesit Maliyeti

Önerilen kesit malzemeleri	mt/m²	m² fiyatı	Toplam
Alüminyum kompozit cephe kaplaması	11.774,72	93,00	1.095.049
Taş yünü ısı yalıtımı 3 cm	11.774,72	4,55	53.575
Kaba Sıva 3 cm	11.774,72	68,34	804.684
Gazbeton duvar bloğu 15 cm	11.774,72	27,00	317.917
Kaba Sıva 2 cm	11.774,72	47,60	560.477
Taş Yünü Isı Yalıtımı 5 cm	11.774,72	17,11	201.465
Alçı Panel 13 mm	11.774,72	54,01	635.953
Yapıştırma Harcı 1 cm	11.774,72	1,50	17.662
Alçı Panel 13mm	11.774,72	54,01	635.953
İnce Sıva 2 cm	11.774,72	3,10	36.502
Su bazlı boya	2.354,94	14,00	32.969
4-16-8 lamine cam	22.732,80	130	2.955.264
Toplam			7.347.470

- [1] T. D. Rossing, “Springer Handbook of Acoustics”, Springer, New York, 2007.
- [2] EEA, “Noise in Europe 2014”, European Environment Agency, Copenhagen, 2014.
- [3] H. J. Jariwala, H. S. Syed, M. J. Pandya ve Y. M. Gajera, “Noise Pollution & Human Health: A Review”, Noise and Air Pollution: Challenges and Opportunities, 2017.
- [4] H. N. Rajakumara ve R. M. Mahalinge Gowda, “Road Traffic Noise Prediction Model under Interrupted Traffic Flow Condition”, Environmental Modeling & Assessment, vol. 14, no. 2, pp. 251-257, 2009.
- [5] M. B. Tür, “Sağlık çalışanlarında gürültünün kan basıncı ve uyku üzerine etkisi”, Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2016.
- [6] E. Erdoğan ve M. E. Yazgan, “Kentlerde Trafik Gürültüsü Sorununu Azaltmada Peyzaj Mimarlığı”, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, vol. 4, no. 2, pp. 201-210, 2007.
- [7] E. N. Muti ve N. Yüğrük Akdağ, “Farklı Biçimlerdeki Gürültü Engellerinin Etkinlik Değişimlerinin İncelenmesi”, Artium, cilt 6, no. 1, pp. 1-8, 2018.
- [8] B. Tekinbaykal, “Konutlarda gürültü denetimi için uygun kesit seçeneklerinin modelleme yoluyla belirlenmesi,” Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.
- [9] S. S. Özer, “Karayolu gürültüsünün denetlenmesinde yol-yapı ilişkisi açısından optimum koşulların belirlenmesi”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014.
- [10] M. Topalgökçeli, “Gürültü denetiminde gerekli sesgeçirmezliği sağlayacak yapı kabuğu ve bölme duvarı tasarımı”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1995.
- [11] N. İlgürel, N. Yüğrük Akdağ ve A. Akdağ, “Evaluation of noise exposure before and after noise barriers, a simulation study in İstanbul”, Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, vol.24, no. 4, pp. 293-302, 2016.
- [12] E. Şahin, “Gürültü kontrol yöntemleri-Bir uygulama”, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, cilt 18, no. 4, pp. 67-80, 2003.
- [13] A. R. Vural, “Açık hava eğlence mekanlarından kaynaklanan gürültünün incelenmesi ve değerlendirilmesi”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.
- [14] J. Obadiyah, “Designing roadside barriers”, Ultimart Jurnal Komunikasi Visual, vol.10, no. 2, pp. 24-32, 2017.

- [15] A. Şentop, “Binaların gürültü kontrolü etkin tasarımı için yapı elemanı seçim aracı”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.
- [16] M. Şerefhanoglu Sözen, “Yapı kabuğunda ısı ve ses yönünden denetim-konfor ilişkisi”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, no. 62, pp. 34-35, 2001.
- [17] İ. Hacı ve F. Şenkal Sezer, “Yapı kabuğunda işitsel konforun sağlanması üzerine bir araştırma”, Artium, cilt 3, no. 2, pp. 1-9, 2015.
- [18] T.C. Resmi Gazete, “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”, 4 Haziran 2010. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100604-5.htm>, [Erişim tarihi: 25 Aralık 2018].
- [19] T.C. Resmi Gazete, “Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkındaki Yönetmelik”, 31 Mayıs 2017, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/05/20170531-7.htm>. [Erişim tarihi: 25 Aralık 2018].
- [20] B. Rasmussen, “Facade sound insulation comfort criteria in european classification schemes for dwellings”, Euronoise, Tampere, Finlandiya, 2006.
- [21] NZ Transport Agency Waka Kotahi, “NZTA State Highway Noise Barrier Guide”, NZ Transport Agency, Wellington, 2014.
- [22] D. Templeton ve D. Saunders, “Acoustic Design”, The Elden Pres, London, 1987.
- [23] U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, “Noise Barrier Design Handbook”, [Çevrimiçi]. Available: https://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/noise_barriers/design_construction/design/index.cfm, [Erişim tarihi: 30 Mart 2019].
- [24] Noise barriers in Prague, commons.wikimedia.org, https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Noise_barriers_in_Prague#/media/File:K_Hork%C3%A1m_Doupovsk%C3%A1_s%C3%ADdli%C5%A1t%C4%9B_Slune%C4%8Dn%C3%BD_vr%C5%A1ek.jpg, [Erişim tarihi: 30 Mart 2019].
- [25] The Government of the Hong Kong SAR Highway Department, “Guidelines on Design of Noise Barriers”, Ocak 2003. [Çevrimiçi]. Available: https://www.hyd.gov.hk/en/publications_and_publicity/publications/technical_document/guidelines_on_noise_barriers/index.html, [Erişildi: 15 Aralık 2018].
- [26] Road noise barriers, commons.wikimedia.org, https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Road_noise_barriers#/media/File:Kingsland_Section,_Northwestern_Cycle_IV.jpg, [Erişim tarihi: 30 Mart 2019].
- [27] E. N. Muti, “Gürültü engellerinin etkinliğinin, engel biçimi ile değişiminin incelenmesi”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017.

- [28] İ. Ekici ve H. Bougdah, "A review of research on environmental noise barriers", Building Acoustics, vol. 10, no. 4, pp. 289-323, 2003.
- [29] G. R. Watts, D. H. Crombie ve D. C. Hothersall, "Acoustic performance of new designs of traffic noise barriers: Full scale tests", Journal of Sound and Vibration, vol.177, no. 3, pp. 289-305, 1994.
- [30] G. R. Watts, "Acoustic Performance of Parallel Traffic Noise Barriers" , Applied Acoustics, vol.47, no. 2, pp. 95-119, 1996.
- [31] T. Nordmann ve L. Clavadetscher, "PV on Noise Barriers", Progress in Photovoltaics: Research and Applications, vol. 12, no. 6, pp. 485-495, 2004.
- [32] Noise barriers in Bavaria, commons.wikimedia.org, https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Noise_barriers_in_Bavaria#/media/File:Autobahn_L%C3%A4rmschutzwall_T%C3%B6ging_am_Inn.JPG, [Erişim tarihi: 30 Mart 2019].
- [33] M. alış, "Karayolu gürültüsü ve gürültü perdelerinin ekonomik analizi", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2007.
- [34] Noise barriers in Baden-Württemberg, commons.wikimedia.org, https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Noise_barriers_in_Baden-W%C3%BCrttemberg#/media/File:Laerschutzwand-Mannheim-Gartenstadt.JPG, [Erişim tarihi: 30 Mart 2019].
- [35] L. Herman, "Full-Scale Testing of Single and Parallel Highway Noise Barriers", Transportation Research Record, no. 1312, pp. 145–150, 1991.
- [36] B. Kotzen ve C. English, "Environmental Noise Barriers", Taylor&Francis, Abingdon, 2009.
- [37] H. Halim, R. Abdullah, A. A. A. Ali ve M. J. M. Nor, "Effectiveness of existing noise barriers: comparison between vegetation, concrete hollow block, and panel concrete", International Conference on Environmental Forensics, Putrajaya, Malezya, 2015.
- [38] A sound decision, precast.org, <https://precast.org/2014/07/sound-decision/>, [Erişim tarihi: 30 Mart 2019].
- [39] DOT Noise barriers – Highways and bridges, soundfighter.com, <https://www.soundfighter.com/applications/roads-and-highways/>, [Erişim tarihi: 30 Mart 2019].
- [40] J. L. R. Joynt, "A sustainable approach to environmental noise barrier design", University of Sheffield School of Architecture, Mayıs 2005.
- [41] Road noise barriers, commons.wikimedia.org, https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Road_noise_barriers#/media/File:Seinajoki_Pohja_houses.jpg, [Erişim tarihi: 30 Mart 2019].
- [42] Walls and tiles, noise barrier.com, <http://noisebarrier.com/>, [Erişim tarihi: 30 Mart 2019].

- [43] Noise barriers in Hong Kong, commons.wikimedia.org, https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Noise_barriers_in_Hong_Kong#/media/File:HK_Bus_962_view_%E5%B1%AF%E9%96%80%E5%85%AC%E8%B7%AF_Tuen_Mun_Road_%E6%B7%B1%E4%BA%95_Sham_Tseng_August_2018_SSG_08.jpg, [Erişim tarihi: 30 Mart 2019].
- [44] Noise barriers in Hong Kong, commons.wikimedia.org, [https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Noise_barriers_in_Hong_Kong#/media/File:HK_%E4%B9%9D%E5%B7%B4_KMBus_960X_tour_view_%E5%B1%AF%E9%96%80%E5%85%AC%E8%B7%AF_Tuen_Mun_Road_June_2017_IX1_\(19\)_Noise_barriers.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Noise_barriers_in_Hong_Kong#/media/File:HK_%E4%B9%9D%E5%B7%B4_KMBus_960X_tour_view_%E5%B1%AF%E9%96%80%E5%85%AC%E8%B7%AF_Tuen_Mun_Road_June_2017_IX1_(19)_Noise_barriers.jpg), [Erişim tarihi: 30 Mart 2019].
- [45] J. Y. Hong ve J. Y. Jeon, “The effects of audio-visual factors on perceptions of environmental noise barrier performance”, *Landscape and Urban Planning*, no. 125, pp. 28-37, 2014.
- [46] Road noise barriers, commons.wikimedia.org, [https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Road_noise_barriers#/media/File:Vejlby_Ringvej_\(lydmur\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Road_noise_barriers#/media/File:Vejlby_Ringvej_(lydmur).jpg), [Erişim tarihi: 30 Mart 2019].
- [47] D. Duhamel, “Shape optimization of noise barriers using genetic algorithms”, *Journal of Sound and Vibration*, vol. 297, no. 1-2, pp. 432-443, 2006.
- [48] Road noise barriers, commons.wikimedia.org, https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Road_noise_barriers#/media/File:Protihrupna_ograja_zalo%C5%A1ka.jpg, [Erişim tarihi: 30 Mart 2019].
- [49] DOT Noise barriers – Highways and bridges, soundfighter.com, <https://www.soundfighter.com/applications/roads-and-highways/>, [30 Mart 2019].
- [50] A. Deniz, “Yapı kabuğunun düşük maliyetli enerji etkin iyileştirilmesine yönelik bir yaklaşım – kamu yapısı örneği”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018.
- [51] C. Chen, A study on the renewal construction of office buildings exterior”, *International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities*, Bologna, İtalya, 2011.
- [52] I. Lee ve R. Tiong, “Examining the role of building envelopes towards achieving sustainable buildings”, *International Conference on Whole Life Urban Sustainability and its Assessment*, Glasgow, 2007.
- [53] H. Ünalın, “Yapı kabuğunda ısı yalıtımının irdelenmesi ve Anadolu Üniversitesi lojmanları iyileştirme projesi örneği”, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.
- [54] A. V. Orhon, “Akıllı yapı kabukları”, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 2013.
- [55] G. Birol, “19. yüzyıl endüstri devrimi sonrası mimari akımlar”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 1996.

- [56] N. Akıncıtürk, “Ekomimari ölçekte yapı elemanları ve malzeme olgusunun sürdürülebilir kentleşmeye yansıması”, BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, vol. 1, no. 1, pp. 114-133, 1999.
- [57] S. B. Erdede ve S. Bektaş, “Ekolojik açıdan sürdürülebilir taşınmaz geliştirme ve yeşil bina sertifika sistemleri”, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, cilt 6, no. 1, pp. 1-12, 2014.
- [58] S. Emrealp, “Yerel Gündem 21 Uygulamalarına Yönelik Kolaylaştırıcı Bilgiler El Kitabı”, IULA-EMME, İstanbul, 2005.
- [59] E. S. Yenidoğan ve N. Yüğrük Akdağ, “Yeşil bina sertifika sistemlerinin işitsel konfor açısından değerlendirilmesi”, İzoderji, no. 133, pp. 50-54, 2018.
- [60] Çedbik, “Çedbik-Konut Sertifika Kılavuzu Yeni Konutlar”, 2018, <https://cedbik.org/static/media/page/12/attachments/edbik-konut-sertifika-kilavuzu-2018-v-1-06-06-2018.pdf?v=060618014756>, [Erişim tarihi: 25 Şubat 2019].
- [61] N. Tamer Bayazıt, B. Şan ve G. Ökten, “Yeşil bina sertifikasyonunda akustik performansın değerlendirilmesi”, 10. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 2011.
- [62] T.C. Resmî Gazete, “Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkındaki Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik”, 31 Mayıs 2018. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/05/20180531-2.htm>, [Erişim tarihi: 22 Ocak 2019].

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: isiliplik@gmail.com

Konferans Bildirileri

1. I. İplik ve N. Yüğrük Akdağ, “Yapılarda gürültü denetimi sürecinde gürültü engellerinin etkinliği”, 1. Mimarlık ve Şehircilik Lisansüstü Sempozyumu, İstanbul, 2019.

