

134107

**KARAYOLU TRAFİK GÜRÜLTÜSÜNÜN ÖLÇÜLMESİ VE ÇEVRESEL
AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Murat ALKAN

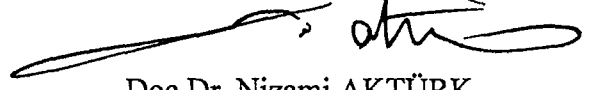
**YÜKSEK LİSANS TEZİ
(TRAFİK PLANLAMASI VE UYGULAMASI)**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

134107

**Nisan 2003
ANKARA**

Murat ALKAN tarafından hazırlanan KARAYOLU TRAFİK GÜRÜLTÜSÜNÜN
ÖLÇÜLMESİ VE ÇEVRESEL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ adlı bu tezin
Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Doç.Dr. Nizami AKTÜRK

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalında
Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Mehmet FROĞLU



Üye : Doç. Dr. Nizami AKTÜRK



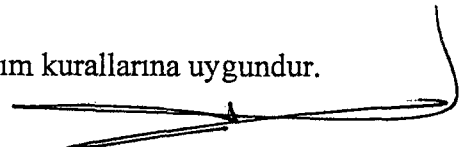
Üye : Yrd. Doç. Dr. Kürşat GUBUK



Üye :

Üye :

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	vi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNEMLİ TANIMLAR VE KONU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Tanımlar	5
2.1.1. Ses	5
2.1.2. Gürültü	5
2.1.3. Darbe Gürültü.....	5
2.1.4. Gürültüden Etkilenme	6
2.1.5. Ses Basınç seviyesi (Gürültü seviyesi)	6
2.1.6. dBA	6
2.1.7. Frekans	6
2.1.8. Eşdeğer sürültü seviyesi (Leq)	6
2.1.9. En Yüksek ses seviyesi - tepe düzeyi (Lmax).....	7
2.1.10. Gürültüye Duyarlı Alan ve Kullanımlar	7
2.1.11. Fiziki çevre faktörleri.....	7
2.1.12. Akustik gölge bölgesi.....	7
2.1.13. Serbest alan	7
2.1.14. Geniş bant gürültü.....	8
2.1.15. Dar bant gürültü	8

2.1.16. Kararlı gürültü.....	8
2.1.17. Kararsız gürültü.....	8
2.1.18. Çevre gürültüsü	8
2.2. Serbest Alanda Sesin Yayılması	9
2.3. Serbest Alanda Ses Gücü Düzeyinden Ses Basıncı Düzeyinin Bulunması	9
2.4. Atmosferik Yutuşla Ses Basıncı Düzeyinin Düşmesi.....	10
2.5. Eşdeğer Gürültü Seviyesi (Leq)	10
2.6. Ses Basınç Seviyesi (Lp)	10
2.7. Ses Gücü Düzeyi (Lw)	11
2.8. Yönelme ve Yönlendirme Katsayısı (Q)	11
3. GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ.....	12
3.1. İşitme Duyusunun Etkileri	12
3.1.1. İletim tipi sağırılık.....	12
3.1.2. Algi tipi sağırılık	13
3.2.Fizyolojik ve Psikolojik Etkiler	13
3.3. Gürültünün İnsan Üzerindeki Etkilerinin Bağlı Olduğu Etkenler.....	14
3.3.1.Gürültüyü meydana getiren sesin şiddeti	14
3.3.2. Gürültüyü meydana getiren sesin frekans dağılımı	14
3.3.3. Gürültünün etkilenme süresi	15
3.3.4. Gürültüye karşı kişisel duyarlılık.....	15
3.3.5. Gürültüye maruz kalanın yaşı	15
3.3.6. Gürültüye maruz kalanın cinsiyeti	15
3.4. Gürültü Kontrolü.....	15

3.4.1. İşitme duyusunun korunması	16
3.4.2. Gürültü kontrolü.....	17
3.4.3. Planlama ve bakım ile gürültü kontrolü.....	19
3.4.4. Gürültü kaynağının örtülmesiyle gürültü kontrolü	20
3.4.5. Bariyerler ile gürültü kontrolü	20
4. KARAYOLU ULAŞIM GÜRÜLTÜSÜ.....	22
4.1. Trafik Gürültüsü.....	23
4.2. Trafik Gürültüsünün Nedenleri	23
4.3. Trafik Gürültüsü İle İlgili Çalışmalar.....	26
4.3.1. Taşıt akışı ile ilgili olarak gürültünün kaynaklandığı faktörler.....	27
4.3.2. Yol özellikleri ile ilgili olarak gürültünün kaynaklandığı faktörler.....	29
4.4. Taşıtlarda Gürültü Kontrolü.....	34
4.5. Karayolu Ulaşım Gürültüsünün Saptanması.....	34
4.6. Taşıtlardaki Gürültü Kaynakları	35
4.6.1. Motor gürültüsü.....	35
4.6.2. Hava filtresi emme sesi	36
4.6.3. Fan sesi.....	36
4.6.4. Egsoz gürültüsü.....	36
4.6.5. Vites kutusu ve aktarma organları gürültüsü	36
4.6.6. Tekerlek akış sistemi gürültüsü.....	37
4.6.7. Lastik gürültüsü.....	37
4.6.8. Seyir rüzgar gürültüsü.....	37
5. UYGULAMA ÇALIŞMASI.....	38
5.1. Gürültünün Ölçülmesi.....	38

5.2. Ankara Bilkent Kavşağında Yapılan Ölçüm Sonuçları	40
5.2.1. Ses basınç seviyesi ölçer.....	40
5.2.2. Bağlantı kablosu	40
5.2.3. Veri toplama kartı	41
5.2.4. Yazılım.....	41
5.2.5. Yazıcı	41
5.2.6. Kronometre	42
5.2.7. Ölçüm şartları	42
5.2.8. Ölçüm bulguları	42
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	58

KARAYOLU TRAFİK GÜRÜLTÜSÜNÜN ÖLÇÜLMESİ VE ÇEVRESEL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat ALKAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Nisan 2003

ÖZET

Dünyada süregelen nüfus artışıyla birlikte kentlerde yaşayan kişi sayısı giderek artmaktadır. Bu artış kendisiyle doğru orantılı olarak gürültünün ve dolayısıyla insan hayatı üzerindeki etkilerinin artmasına neden olmuştur. Gürültünün insanların çalışma ve üretme verimini önemli bir ölçüde düşürdüğü bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Şehirde meydana gelen gürültü kaynaklarının en önemlisi karayolu araçlarının neden olduğu çevresel gürültüdür. Toplu taşımacılığın etkili bir şekilde kullanılmadığı ülkemizde kalabalıklaşan şehirlerle birlikte artan araç trafiği şehirlerdeki çevresel gürültü seviyesini önemli ölçüde artırmıştır.

Bu tezde Ankara'da Jandarma görev bölgesinde yer alan, bu tez çalışması ile eşzamanlı olarak yürütülen ölçüm sonuçlarına dayalı tez çalışmasında da pilot çalışma bölgesi olarak seçilmiş bulunan tipik bir kavşağın modellenmesi Community Noise Model (CNM) isimli bilgisayar yazılımı yardımıyla modellenmiştir. Modelleme sonucu elde edilen çevresel gürültü değerlerinden yola çıkılarak bu tipik kavşak için herhangi bir değişiklik yapılmadığı varsayılarak ve bu zaman süresinde de trafik hacminin ikiye katlandığı varsayılarak 2020 yılı için de modelleme sonuçları elde edilmiştir. Daha sonra ışık bekleme süreleri model üzerinde değiştirilerek bunun gürültüye etkisi

araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar trafik ışık süre planlamasında yol gösterici bir parametre olarak gürültünün de dikkate alınmasını sağlayacaktır.



Bilim Kodu :625. 04. 01
Anahtar Kelimeler : Karayolu, Ulaşım, Gürültü, Modelleme
Sayfa Adedi :55
Tez Yöneticisi :Doç.Dr. Nizami AKTÜRK

**THE MEASUREMENT AND ASSESMENT OF ENVIRONMENTAL NOISE
CAUSED BY ROAD TRAFFIC**

(M.Sc.Thesis)

Murat ALKAN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
APRIL 2003**

ABSTRACT

The increase in population results in crowded cities. This population increase is directly proportional with the increase of the noise problem and its effects on people. Today it is well known that noise has negative effects on human work and production. Especially at western countries people are increasingly in need of psychologists with having problems like stress caused by noise.

In the cities, definitely traffic is the main source of noise. From the early times of invention of car, it became the main part of transportation on ground and today it is a necessity. As mentioned above with more crowded cities, increasing vehicle traffic became the number one noise source. Within this study; the definition of traffic noise, studies done nowadays and what are the methods that we do in order to decrease noise are given. The measurement and analysis of a cross road is studied in this thesis.

Science Code :625.01.04
Key Words :Road, Transportation, Noise, Modelling
Page Number :55
Adviser :Assoc.Prof.Dr. Nizami AKTÜRK

TEŞEKKÜR

Tezimin ön hazırlığı ve tamamlanması süresince daima bana destek olan ve gerekli yardımı esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Nizami AKTÜRK'e en içten duygularımla teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam sırasında büyük desteklerini gördüğüm eşime ve aileme de teşekkür ederim.



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Arazi kullanım şekillerine göre L_{10} ve L_{eg} değerleri.....	27
Çizelge 4.2. Taşıtların sınır gürültü seviyesi.....	28



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Bir ortamda yansıma, emme ve iletimin gösterimi (TS ISO 11690-1).....	21
Şekil 4.1. Trafik gürültüsünün etkenleri	25
Şekil 4.2. L_{10} ve L_{eg} seviyelerinin hesaplamalarında kullanılan örnek grafik.....	26
Şekil 4.3. Gürültü miktarının taşıt yaşına göre değişimi.....	29
Şekil 4.4. Otomobil gürültüsü	30
Şekil 4.5. Otobüs gürültüsü.....	31
Şekil 4.6. Kamyon gürültüsü.....	32
Şekil 5.1. Çevresel gürültü ölçüm sistemi.....	39
Şekil 5.2. Bilkent kavşağı.....	41
Şekil 5.3. Bilkent Kavşağı Toplu Konut İdaresi ölçüm sonuçları (9:40-10:20)	42
Şekil 5.4. Bilkent Kavşağı alışveriş merkezi ölçüm sonuçları (11:00-12:00).....	43
Şekil 5.5. Bilkent Kavşağı Toplu Konut Sitesi ölçüm sonuçları (12:15-01:15)	44
Şekil 5.6. Bilkent kavşağı alışveriş merkezi ölçüm sonuçları (9:40-10:00).....	45
Şekil 5.7. Bilkent kavşağı alışveriş merkezi ölçüm sonuçları.....	46
Şekil 5.8. . Bilkent kavşağı alışveriş merkezi ölçüm sonuçları.....	47
Şekil 5.9. Bilkent Kavşağı Toplu Konut Sitesi ölçüm sonuçları.....	48
Şekil 5.10. Bilkent Kavşağı Toplu Konut Sitesi ölçüm sonuçları.....	49
Şekil 5.11. Bilkent Kavşağı Toplu Konut Sitesi ölçüm sonuçları.....	50

1. GİRİŞ

21. yüzyılda gelişen teknoloji bir taraftan insanlara kolaylık sağlarken diğer taraftan sorunlar meydana getirmektedir. Toplumdaki kültürel, ekonomik ve politik gelişmeler sanayileşmenin olumlu yönleri olup her geçen gün insanları rahatsız eden çevre ve ortam olumsuzluklarına yenileri eklenmektedir.

Gelişen teknoloji ve sanayileşme ile birlikte çevre sorunları, işçi sağlığı ve iş güvenliği sorunları gündeme gelmektedir. Bu sorunların önemlilerinden biri olan gürültü sağlık, mutluluk ve insan faaliyetleri üzerinde oldukça etkilidir.

Gürültü insanları psikolojik, fizyolojik ve sosyal yönden etkilediği gibi verimliliği de azaltmaktadır. Kişilerde dikkatin azalması, yorgunluk, stres, baş ağrısı, metabolik ve hormonal bozukluklar, konuşurken bağırma, sinirli olma, terleme, kan basıncı yükselmesi, solunum hızı değişmesi, kişiler arasındaki ilişkilerde olumsuzluk ve en önemlisi işitme duyusunda azalma görülmektedir. Aşırı gürültü tam bir tehlike kaynağıdır. Gürültünün aşırı bir düzeye ulaştığı yerlerde kişilerin daha çok yanlışlık yapma eğiliminde oldukları saptanmış, üretimde ise bu yanlışlıklar kalitenin düşmesine, kazaların oluşmasına sebebiyet vermektedir.

Ekonomik olarak kuvvetli olan ülkelerde, insanların ülke içinde ve dışındaki hareketlerinde bir artış meydana gelmektedir. Bu artışın karşılanabilmesi için gelişmiş ülkelerde toplu taşıma araçları (uçak, tren ve şehirlerarası otobüsler) ile özel ulaşım araçları dengeli bir şekilde kullanılırken, ulaştırma sektörleri arasında gereken dengeyi kuramayan gelişmekte olan ülkelerde karayolu taşıması ve özel karayolu ulaşımı, diğer taşıma türlerinden, istenmediği halde öne çıkmakta, ülkeler bu durumu düzeltecek tedbirler almakta gecikmekte veya alamamaktadır (1).

Ülkemizde de ulaşım denildiğinde akla ilk gelen karayolu ulaşımıdır. Ülkemizin coğrafi yapısı itibarıyla her tür taşımanın yapılabileceği bir ülke olmasına karşın 1999 yılı verilerine göre taşımacılık yolcuda %96, yükte %89 oranında karayolu ile yapılmaktadır (2). Karayolu ulaşımının kapıdan kapıya taşımacılık sağlaması, buna

ilave olarak toplu taşımanın ülkemizde yeterince etkili şekilde verilmiyor olması, organizasyondaki bozukluklar, fiyatlardaki dengesizlikler insanları, karayolu ulaşımının yanında bir de toplu taşıma yerine bireysel taşımaya yöneltmektedir (3).

Diğer ulaşım türlerinde olduğu gibi karayolu ulaşımının olumsuz etkilerinden biri de karayolu ulaşım araçlarının oluşturduğu ulaşım gürültüsüdür(4)(5). Gürültü işitme kaybından, birçok fizyolojik ve psikolojik rahatsızlıklara dek uzanan zararlı etkileri nedeniyle azaltılması için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir (6).

Yapılan araştırmalara göre kentsel yerleşim bölgelerinde ortaya çıkan ses enerjisinin %80'i trafikten gelmektedir. İnsanların rahatsız olmadan dayanabileceği sesin şiddeti 60–90 dBA arasındaki değerlerdir. Karayolu ulaşım gürültüsünün ölçümlerinde gürültü seviyesi yol kenarından 7.5 m. uzaklıkta 75–105 dBA'ya kadar çıkmaktadır. Bu değerler insanın konfor standardının üzerindedir (7)(8).

Karayolu ulaşım araçlarından kaynaklanan gürültünün kurumsal olarak saptanması için analitik yöntemler 1968'li yıllardan beri kullanılmaktadır (9). Bu yöntemlerin çoğunda duraksız (serbest akışlı) ulaşım şartları incelenmiş daha sonra kavşaklar, ışıklar ve dönemeçlerin yakınlarındaki duraksamalı trafik akım şartları da araştırılmıştır(10). Önceleri analitik yöntemler ile yalın çizgi kaynak etkileri hesaplanırken, daha sonra noktasal kaynakların zaman içinde değişimlerini dikkate almak için bilgisayarla simülasyon teknikleri geliştirilmiştir (11).

Ülkemizde yapılan çalışmalarda genelde trafik gürültüsünün ölçümü ve zararlı sonuçları üzerinde durulmuş, fakat çevresel ulaşım gürültüsünün modellenmesine yönelilmemiştir (12). Öte yandan trafik planlamasında gürültünün dikkate alındığı bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Uluslararası platformda 1970'lerden beri yerini almış bulunan bu tür çalışmalara bir öncülük yapması için bir dizi çalışma başlatılmıştır.

Bu çalışmaların en belirgin amaçlarından biri de belirli bölgelerde ölçümler sonucunda elde edilen gürültü miktarlarını kullanılarak bölgenin gürültü haritalarının çıkarılması ve bu değerlerin planlama, yer tayini, proje, yol inşaatı, kamulaştırma vb.

alışmalarında kullanılmasıdır. Fakat bunun modellenmesi sonucu ileride oluşacak gürültünün tahmin edilerek kara kullanımlarının daha etkin hale getirilmesidir. Kara kullanımının etkin bir şekilde yapılması sonucu yol ile çevresi arasındaki gürültü uygunluğunu temin etmek de elde edilecek ek bir fayda olacaktır (13).

Gürültü kontrolü yapılırken memleketin nüfusu, nüfusun şehir ve kırsal kesime dağılımı, arazi miktarı, arazinin şekli, bitki örtüsü, kültürel, sosyal, ekonomik, tarihsel özelliklerine hatta gelenek ve görenekleri dikkate alınmalıdır. Bu nedenle bir başka ülke ve bölge için yapılmış gürültü çalışmalarını ve sonuçlarını aynen bir başka yere uygulamak sağlıklı sonuç vermeyebilir.

Buradan da anlaşılacağı üzere şehir planlaması yapılırken oluşacak gürültünün dikkate alınması gereklidir. Muhtemel sorunların giderilmesi için gerekli çalışmaları yapılarak insanların daha rahat ve mutlu yaşamaları sağlanmaya çalışılmalıdır.

Diğer yandan insan sayısının giderek artması onların ulaşımını da beraberinde getirmektedir. Ulaşımın artması, ulaşım kaynaklı gürültünün de artması demektir(14). Her ne kadar ulaşım gürültüsü denince ilk akla gelen havayolu ulaşımı gürültüsü ise de karayolu ulaşımının neden olduğu gürültü ulaşım gürültüsü içinde önemli bir paya sahiptir. Karayolu araçları, hem havayolu araçlarına hem de raylı ulaşım araçlarına göre göreceli olarak daha az gürültü üretiyorsa da araç sayısının fazlalığı karayolu kaynaklı gürültüye önem verilmesini gerekli kılmaktadır. Oluşan ulaşım kaynaklı gürültünün büyük bölümü de karayolu ulaşımından gelmektedir (15).

Bu çalışma içerisinde; gürültünün tanımı, çeşitleri, zararları, gürültüye karşı ne tür önlemler alınabileceği, gürültünün nasıl ölçülebileceği ve Ankara'daki Bilkent kavşağında yapılan ölçümler ve sonuçları değerlendirildi.

Bilkent kavşağının seçilme nedeni jandarma bölgesinde bulunmasının yansısı bu yüksek lisans çalışmasıyla eşzamanlı olarak devam etmiş olan diğer bir yüksek lisans

alışmasında da (12) aynı kavşanın bilgisayar yazılımı ile modellenmesinin yapılmış olmasıdır (16). Böylece bir karşılaştırma imkanı bulunacaktır.



2. ÖNEMLİ TANIMLAR VE KONU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde gürültü ile ilgili tanımlar, bu konuda daha önce yapılmış çalışmalar ve gürültü ile ilgili standartlar verilecektir.

2.1. Tanımlar

2.1.1. Ses

Titreşim yapan bir kaynağın hava basıncında yaptığı dalgalanmalar ile oluşan ve insanda işitme duygusunu uyandıran fiziksel bir olaydır. Fakat teknolojinin değişimi ve gelişimiyle insan kulağının duyamayacağı titreşimler de ses olarak adlandırılmaya başlamıştır.

2.1.2. Gürültü

Arzu edilmeyen, insanda rahatsızlığa neden olan sesler olarak tanımlanmaktadır.

Ses nesnel bir kavram olup ölçülebilir ve varlığı kişiye bağlı olarak değişmez. Gürültü ise öznel bir kavramdır.

Gürültü tanımından da anlaşılacağı gibi arzu edilmeme kavramı, kişiden kişiye değişkenlik gösterebileceğini, dolayısıyla psikolojik ve sinir sistemi üzerine etkilerinin de insanlar tarafından farklı algılanabileceğini ifade etmektedir. Gürültünün anlamlı bir şekilde kişiden kişiye farklılık göstermeyen en önemli etkisi işitme duyusu üzerinedir.

2.1.3. Darbe gürültü

İki kütlenin birbirine çarpması ile ortaya çıkan gürültüdür .

2.1.4. Gürültüden etkilenme

Gürültünün insan sağlık ve konforu üzerindeki etkileri, işitme hasarları şeklinde görülen fiziksel tesirleri, vücut aktivitesinde görülen fizyolojik tesirleri, rahatsızlıklar, sinirlilik gibi psikolojik tesirleri ve iş veriminin azalması işitilen seslerin anlaşılmasında gibi görülen performans tesirleri olarak 4 grupta toplanabilir .

2.1.5. Ses Basıncı seviyesi

Ses basıncının en küçük değişimi ile en büyük değişimi arasında büyük farklar bulunduğu için bunu bir oran şeklinde ifade etmek uygun olmuştur. Bu ifade sekline desibel ismi verilmekte ve elde edilen değer de ses basıncı seviyesi olarak adlandırılmaktadır.

2.1.6. dBA

İnsan kulağının en çok hassas olduğu orta ve yüksek frekansların özellikle vurgulandığı bir ses değerlendirmesi birimidir. Gürültü azaltılması veya kontrolünde çok kullanılan dBA birimi, ses yüksekliğinin subjektif değerlendirmesi ile de ilişkilidir. Yani bir cesit kulak similatordur.

2.1.7. Frekans

Ses dalgasının birim zamanındaki titreşim sayısıdır. Frekansın birimi Hz'dir.

2.1.8. Eşdeğer gürültü seviyesi (*Leq*)

Verilmiş bir süre içinde oluşan ses enerjisinin veya ses basınçlarının ortalama değerini veren dBA biriminde bir gürültü ölçөгüdür. Simgesi *Leq* 'dır .

2.1.9. En yüksek ses seviyesi - tepe düzeyi (L_{max})

Zamana göre değişen gürültünün herhangi bir anda sahip olduğu en yüksek değerdir .

2.1.10. Gürültüye duyarlı alan ve kullanımlar

Kamu ve özel mülkiyetli arazilerde kurulmuş ve içinde yer alan olaylar gereği, istenen seslerin en iyi biçimde duyulabildiği ve dış gürültüden olan rahatsızlığın en fazla olduğu, kısaca iç akustiğin şart koştuğu aşırı sesten korunması gerekli olan binalardır. Konut, hasta hane, okul, motel, pansiyon, dinlenme tesisleri, tatil ve dinlenme parkları, mezarlık gibi yerler, kendi içlerinde çok ve orta derecede hassas olarak ayrılabilirler .

2.1.11. Fiziki çevre faktörleri

Sesin kaynaktan kullanıcıya, yapı veya etkilenen kişilere iletilmesi sırasında geçtiği fiziksel çevrede bulunan ve ses yayılımını etkileyen gürültüyü artırıcı veya azaltıcı her türlü elemandır .

2.1.12. Akustik gölge bölgesi

Ses dalgalarının bir çevrede yayılmaları sırasında engeller, rüzgar etkisi ve günlük sıcaklık değişimleri gibi dış tesirler akustiği etkilemiştir

2.1.13. Serbest alan

Sesi yansıtacak hiçbir engelin bulunmadığı ve sesin düzgün olarak yayılabildiği alandır.

2.1.14. Geniş bant gürültü

Gürültüyü oluşturan arı seslerin frekansları geniş bir aralığı kapsar. Yani gürültünün frekans spektrumu yayılmış hiç bir frekans bandında toplanmamıştır. Her frekanstaki katkının aynı olduğu geniş bant gürültüye ise beyaz gürültü adı verilir.

2.1.15. Dar Bant gürültü

Geniş bant gürültünün tersine, bu tür gürültünün frekans dağılımı, belli bir frekans bandında toplanmış bir grafik gösterir. Diğer bir deyişle gürültüyü oluşturan arı seslerden frekansı belli bir aralıkta olanlar baskındır.

2.1.16. Kararlı gürültü

Gürültünün düzeyinde zamanla önemli bir değişme gözlenmez. Sabit bir hızda ve güçte çalışan herhangi bir motorun yaratacağı gürültü kararlı bir gürültüdür.

2.1.17. Kararsız gürültü

Gürültü düzeyinde zamanla önemli değişikliklerin gözleendiği gürültüdür. Zamanla değişme dalgalanma yada durup yeniden başlama şeklinde gözlenir. Bu tür gürültülere, sırasıyla, dalgalı gürültü ve kesikli gürültü adı verilir. Kararsız gürültünün diğer bir şekli de darbe gürültüsüdür. Darbe gürültüsünün, kesikli gürültüden farkı her gürültü anının darbe gürültüsünde çok daha kısa olmasıdır.

2.1.18. Çevre gürültüsü

Dış çevresel gürültü yapıcıları, nitelik ve nicelik yönünden büyük farklılıklar göstermektedir ve şöyle sınıflandırılabilir;

- ❖ Ulaşım gürültüleri (karayolu, havayolu ve demiryolu ulaşımları)
- ❖ Endüstri ve donatım gürültüleri (mekanik araçlar, motorlar vb.)

- ❖ Yapım gürültüleri (bina ve yol şantiyeleri)
- ❖ İnsan ve etkinliklerinin gürültüleri (çocuklar, satıcılar, reklam araçları)

2.2. Serbest Alanda Sesin Yayılması

Sesi yansıtacak hiçbir engelin bulunmadığı ve sesin düzgün olarak yayılabildiği alanlara serbest alan denir. Uygulamada, sesin düzgün yayılmasını önlemeyecek şekilde engellerin bulunduğu alanlar da serbest alan kabul edilmektedir. Serbest alanda bulunan bir noktasal ses kaynağının yaydığı ses dalgaları düzgündür ve kaynaktan r uzaklığında olan bir noktadaki ses şiddeti r^2 ile ters orantılıdır. Buna *ters kare kanunu* denir. Ters kare kanunu, ses kaynağına çok yakın alanlarda geçerli değildir. Bu kanunun geçerli olmadığı alanlara *yakın alan*, geçerli olduğu ve kaynaktan belli bir uzaklıktan sonra başlayan alana ise *uzak alan* denir. Yakın alan, genellikle kaynağa çok yakın olan bölgedir ve bu bölgede sesin yayılması tamamen ses kaynağının geometrisine ve özelliklerine bağlıdır.

2.3. Serbest Alanda Ses Gücü Seviyesinden Ses Basıncı Seviyesinin Bulunması

Serbest alanda, ses gücü seviyesi L_w olan bir ses kaynağının, kaynaktan r uzaklıkta yaratacağı ses basıncı seviyesi L_p

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right) \quad [2.1]$$

eşitliğinden bulunabilir.

L_w = kaynağın ses gücü seviyesi (dB)

Q = yönelme katsayısı

r = kaynaktan olan uzaklık (m)

Yönelme katsayısı Q , hem kaynağın yönelme özelliklerini ve hem de kaynağın bulunduğu yerdeki yansıtıcı yüzeylerin varlığını göz önüne alır. Yönelme katsayısı

Q; hem ses kaynağının kendi özelliğinden dolayı değişik yönlerde değişik değerlere sahip olabilir, hem de kaynağın bulunduğu 1 den farklı bir değer alabilir.

2.4. Atmosferik Yutuşla Ses Basıncı Düzeyinin Düşmesi

Hava molekülleri, sesi dalgalar halinde iletirken ses enerjisinin bir kısmını yutarlar (diğer enerji şekillerine çevirirler). Özellikle uzun yollar giden ses dalgaları için bu yutuş, ses basıncı düzeyinde belirgin azalmalara neden olur. 20°C' de havanın yutuşundan doğan ses basıncı düzeyindeki düşüş, A_{atm} ,

$$A_{atm} = 7.4 \times 10^{-8} \frac{f^2 r}{\phi} \quad \text{dBA} \quad [2.2]$$

eşitliğinden bulunur.

f ; iletilen sesin frekansı (Hz),

r ; kaynaktan olan uzaklık (m),

ϕ ; havanın bağıl nemi (%),

A_{atm} ; atmosferik yutuş ile ses basıncı düzeyindeki düşüş (dB).

2.5. Eşdeğer Gürültü Seviyesi (L_{eq})

Belirli bir düzenlilik gösteren fakat sabit olmayan gürültü kaynaklarının değerlendirilmesinde kullanılır. Alınan birden fazla örnekleme ortalamasının alınması ile elde edilir. Elde edilen bu değerler dBA cinsinden ifade edilmektedir.

2.6. Ses Basınç Seviyesi (L_p)

Ses basınç seviyesi verilen bir noktada gürültüyü tanımlamak için temel nitelikler.

$$L_p = 10 \log \frac{P_{eff}^2}{P_{ref}^2} \quad \text{dB} \quad [2.3]$$

2.7. Ses Gücü Düzeyi (L_w)

Bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücüne ses gücü, bu gücün düzeyine ise ses gücü düzeyi denir. Referans gücü olarak uluslar arası $W_0 = 10^{-12}$ w kullanılır.

Ses gücü W olan bir kaynağın ses gücü düzeyi L_w ;

$$L_w = 10 \log \frac{W}{10^{-12}} \quad [2.4]$$

eşitliği ile hesaplanır. Bir makinanın ses gücü, bu makinanın toplam gücünün ses olarak yayılan kısmıdır.

2.8. Yönelme ve Yönelme Katsayısı (Q)

Ses, noktasal bir ses kaynağından küresel dalgalar şeklinde yayılmaktadır ve günlük hayatta bunu göremeyiz. Genellikle, bir ses kaynağından çıkan ses dalgaları her yönde farklılık gösterebilmektedir. Bir noktadaki yönelme katsayısı Q ; o noktadaki ses şiddetinin, sesin düzgün yayılması durumunda aynı noktada oluşturacağı ses şiddetine oranıdır.

$$Q = \frac{I}{I_0} \quad [2.5]$$

I ; Bir noktadaki ses yoğunluğu,

I_0 ; aynı noktada sesin küresel dalgalar halinde yayılması durumunda oluşturacağı yoğunluktur.

3. GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültünün insanlar üzerindeki olumsuz etkilerini iki grupta inceleyebiliriz. Bunlardan biri işitme duyusuna yaptığı olumsuz etkiler, diğeri ise fizyolojik ve psikolojik etkilerdir.

3.1. İşitme Duyusuna Etkileri

İnsan kulağı: dış, orta ve iç kulak adı verilen üç bölümden oluşur. Kulak, zarıyla başlayan orta kulakta çekiç, örs ve üzengi kemikleri bulunur. Birbirine bağlı olan bu kemikler, kulak zarının titreşimlerini iç kulakta bulunan kokleanın oval pencere adı verilen bölümüne iletir. İç kulak, kafatasının oyuklarına yerleşmiş, içi sıvı dolu spiral şeklindeki koklea ve buna bağlı üç yarım daire kanalından oluşur. Yarım daire dengeyi sağlar, işitme ile ilgisi yoktur.

Koklea salyangoz görünümünde olan ve iki buçuk devir yapan spiral bir kanaldır. Korti organının içinde organ boyunca yayılmış 35 bin kadar duyarlı tüy hücresi vardır. Tüy hücreleri birleşerek işitme sinirlerini oluştururlar. İşitme sinirleri korti organının ürettiği sinyalleri beyine ulaştırırlar. Yüksek sestten etkilenen ve işitme kaybına yol açan organ kortidir. İnsan kulağının yapısını açıkladıktan sonra uzun süre şiddetli gürültüye maruz kalan kişilerde görülen işitme kayıpları iki tiptir.

3.1.1. İletim tipi sağırılık

Dış ve orta kulakta oluşan sağırılık tipidir. Ses şiddeti, dış ve orta kulaktan geçerken bir kayba uğrar ve iç kulağa aynen iletilemez. Bu sağırılık tipi ani yüksek bir patlamanın dış kulak zarını zedelemesi sonucunda görülür. Aynı ses orta kulaktaki kemikçiklerde de düzensizlikler oluşturabilir.

3.1.2. Algı tipi sağırılık

Bu sağırılık tipi iç kulakta görülen bir işitme kaybıdır. İç kulaktaki kokleada bulunan sıvının veya liflerin bozulması ile duyma sinirlerinin çalışmamasıdır. Bu sağırılık tipi daha çok yüksek şiddete ve yüksek frekanslı seslerin oluşturduğu sağırılıktır.

Endüstride, yüksek gürültüye kısa bir süre maruz kalan kişilerde geçici algı tipi bir sağırılık görülebilir. Bu etkilenme uzun süre olursa işitme kaybı devamlı (kalıcı) olur ve kulak kaybettiği yeteneği artık geri kazanamaz.

3.2. Fizyolojik ve Psikolojik Etkiler

Gürültünün çalışanlar üzerinde fizyolojik etkileri

- ❖ Kas gerilmeleri,
- ❖ Stres,
- ❖ Kan basıncında artış,
- ❖ Kalp atışlarının değişmesi,
- ❖ Kan dolaşımının değişmesi,
- ❖ Göz bebeği büyümesi

gürültünün uzun süreli fizyolojik etkileridir.

Gürültülü ortamlarda kalan veya yaşayan insanlarda gürültünün psikolojik etkileri;

- ❖ Konsantrasyon, dikkat ve reaksiyon kapasitesi zayıflar
- ❖ Yorgunluk, uyku bozuklukları, baş ağrıları ve stresler
- ❖ Metabolik ve hormonal bozukluklar

Birden bire şiddetli gürültünün etkisinde kalındığında,

- ❖ Kan basıncı yükselmesi
 - ❖ Dolaşım bozukluğu
 - ❖ Solunum hızı değişmesi ve terlemenin artması görülebilir.
- Gürültü ayrıca,
- ❖ Konuşurken bağırma
 - ❖ Sinirli olma hali
 - ❖ Karşılıklı anlaşma zorluğu
 - ❖ Kişiler arasındaki ilişkilerde olumsuzluklar
 - ❖ İş veriminin azalması
 - ❖ İş kazalarının artmasında rol oynar.

3.3. Gürültünün İnsan Üzerindeki Etkilerinin Bağlı Olduğu Etkenler

3.3.1. Gürültüyü meydana getiren sesin şiddeti

Gürültüyü meydana getiren sesin şiddeti önemli olmakla birlikte, hiçbir zaman tek başına esas ölçü değildir. Sesin duyma ile olan ilişkisinde, sesin şiddetini göz önüne alarak biraz daha inceleyelim.

Sağlıklı bir insan kulağı, 20 μ Pa ile 200 Pa arasında bulunan ses şiddetlerine duyarlıdır. Kulak bu geniş aralıkta rahatça duyar. 20 μ Pa şiddetindeki sese işitme eşiği, 200 Pa şiddetindeki sese de ağrı eşiği denir.

3.3.2. Gürültüyü meydana getiren sesin frekans dağılımı

Gürültüyü meydana getiren sesin frekans dağılımı da, etkilenmede oldukça önemli bir faktördür.

Sağlıklı bir insan kulağı, frekansı 16 Hz. ile 20000 Hz. arasındaki seslere karşı duyarlıdır. İnsan sesleri normal şartlarda 600 Hz.-700 Hz. civarındadır.

3.3.3. Gürültüden etkilenme süresi

Gürültüden etkilenme süresi oldukça önemli bir faktördür. Uzun süre şiddetli bir gürültünün etkisinde kalan kişinin büyük ölçüde işitme kaybına uğraması muhtemeldir .

3.3.4. Gürültüye karşı kişisel duyarlılık

Gürültüye karşı duyarlılık, herkes için farklıdır. Kişiden kişiye, gürültüden etkilenme çok farklı sonuçlar gösterir. İç kulağın fonksiyon bakımından durumu, evvelce geçirilen veya halen mevcut olan hastalıklar kişilerin duyarlılığında önemli faktördür.

3.3.5. Gürültüye maruz kalanın yaşı

Gürültüden etkilenmede, yaş da önemli bir faktördür. Özellikle işitme kaybının tespiti için yaşı dikkate alınması şarttır.

3.3.6. Gürültüye maruz kalanın cinsiyeti

Gürültüden etkilenmede, cinsiyet de ayrı bir faktördür. Ancak , işitme kaybının tespitinde bu husus dikkate alınmaz.

3.4. Gürültü Kontrolü

Herhangi bir ses kaynağından yayılan gürültü niteliğine sahip seslerin, kabul edilebilir seviyeye, düşürmek, akustik özelliğini değiştirmek, etki süresini azaltmak veya daha az rahatsız eden bir başka sesle maskeleyme gibi metotlar ile zararlı etkilerini tam olarak giderme veya makul bir seviyeye indirme işlemidir.

3.4.1. İşitme duyusunun korunması

Personelinin aşırı gürültüden doğan sorunlarla karşı karşıya bulunduğunu gören yöneticiler bir işitme duygusunu koruma programı uygulamak zorundadırlar. Bu programın amacı, personelin işitme duygusunun yıllar içinde normal yaşlanmadan ileri gelen azalmadan daha öte bir derecede etkilenmemesini sağlamak ve gürültünün olumsuz psikolojik sonuçlarıyla iş gücü verimliliğinin düşmesini önlemek olarak özetlenebilir.

Dolayısıyla, başlıca amaçları şöylece ortaya koyabiliriz:

- ❖ İşitme duygusunun korunması,
- ❖ İşitme gücünün azalmasının önlenmesi ve işgücü başarısı ile moralin yüksek tutulması,
- ❖ İşitme duygusunun yitirilmesi sonucu yetişmiş bir işçiden yararlanma olanaklarının ortadan kalkması nedeniyle işveren ve işçinin uğrayabilecekleri ekonomik zararların önlenmesi,

Sözü edilen amaçlara erişmede aşağıdaki yöntemlerden yararlanılabilir.

- ❖ Gürültüyü azaltma olanaklarının başlangıçta düşünülüp uygulanmaya konması; (Mimar ve mühendisler fabrika yapısında ve satın alınacak makinelerde gürültüyü sınırlayıcı özelliklere ve eklentilere yer vermelidir).
- ❖ Fabrikanın her noktasında gürültü düzeyinin saptanması; (Bu çalışmalar ilgili bilimsel kuruluşlar aracılığıyla da yaptırılabilir).

İşe alma görüşmelerinde aşağıdaki konular da ele alınması

- ❖ Sağlık durumu ve daha önce çalışılan yerlerde açılmış olan dosyalardaki bilgiler,
- ❖ Kulak kontrolü sonuçları,

- ❖ İşitme testi; (İşçiyi, işitme duygusunu azalmayacak ya da var olan işitme duygusu eksilmesini daha da arttırmayacak bir işe yerleştirmek amacıyla olanaklar araştırılmalıdır).

Gürültü düzeyinin şu yollarla azaltılmasına çalışılması:

- ❖ Yeni makinelerin uygun biçimlerde tasarımı,
- ❖ Eldeki makinelerin gerektiği biçimde değişimi,
- ❖ Gürültülü yerlerin ve gürültü kaynaklarının dışarı gürültü gitmesini önleyecek biçimde yalıtılması; Gürültüye karşı savaşta kaynak, gürültünün gidiş yolu ve ulaştığı yer ya da kişi olarak üç konu ele alınacaktır).

İşçilerin kulaklarını korumak için gerekli önlemlerin alınması; gürültü düzeyinin mühendislik yöntemleriyle azaltılamadığı durumlarda işçileri kulağı koruyucu gereçler dağıtılmalıdır. Ancak kulaklık ve benzeri gereçler dağıtımı gürültü ile savaş yerine geçecek bir yol değildir ve ancak ek bir önlem olarak düşünülmelidir.

Aşağıdaki konularda belirli aralıklarla araştırmalar yapılması

- ❖ Atölyelerde gürültü düzeyi.
- ❖ İşitme duygusu azalmaların erken saptayabilmek için kulak incelemeleri.

3.4.2. Gürültü kontrolü

Gürültü "istenmeyen rahatsız edici ses" olarak tanımlandığı için sağlığa zarar verecek düzeyde olmasa bile rahatsız edici özelliğinden dolayı yok edilmeli ya da azaltılmalıdır. Bir gürültünün rahatsız ediciliği, gürültünün yüksekliğinden, cinsinden ve değişkenliğinden kaynaklanabilir. Endüstriyel gürültünün azaltılma gereği, genellikle, rahatsız etmesinin ötesinde sağlığa zararlı olmasından kaynaklanmaktadır.

Kişileri gürültüden korumak için alınabilecek önlemlerin tümüne "gürültü kontrolü" adı verilir.

Gürültü kontrolü genel olarak üç şekilde sağlanabilir.

1. Gürültüyü kaynağında azaltmak.
2. Gürültüyü yayılma alanında (kaynakla alıcı arasındaki yolda) azaltmak.
3. Gürültünün algılandığı noktada (alıcıda) önlemler almak.

Temel kural, imkan varsa gürültünün kaynaktan azaltılmasıdır. Böylece, kaynağın gürültüsünden tüm çevre korunmuş olur. İkinci olarak gürültünün yayılma alanında azaltılması gelir. Bunun birçok yolu olmakla birlikte ilk önlem kadar etkili olmayabilir. Her iki yolun da yarar sağlamadığı ya da yeterince etkili olmadığı (veya ekonomik olmadığı) durumlarda, kişisel koruyucular kullanılarak, gürültü algılandığı noktada (alıcıda) azaltılır. Birçok durumda bu yollardan bir kaçına birden başvurmak gerekebilir. Görüldüğü gibi gürültü kontrolü, her zaman gürültünün herkes için azaltılması ya da yok edilmesi değildir. Kişisel koruyucular kullanılarak, yalnız gürültüden etkilenecek kişileri korumak da gürültü kontrolü kapsamı içerisinde.

Kaynakta Gürültü Kontrolünü Sağlamanın Yolları

- ❖ Kaynağın yaydığı ses enerjisini azaltmak.
- ❖ Kaynak ile sesi yayan yüzey arasında yalıtımı sağlamak.
- ❖ Yüzeyin ses yaymasını azaltmak.

Bunları sağlayabilmek için uygulanan metotları aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz.

- ❖ Planlama ve bakım ile gürültünün kontrol edilmesi.
- ❖ Susturucuların kullanılması.
- ❖ Kaynağın ses yalıtıcı ve yutucu malzemeyle kaplanması.
- ❖ Titreşim yalıtımı.

- ❖ Titreşen yüzeylerin, titreşim sönümleyici malzemeyle kaplanması.
- ❖ Gürültü kaynağının kapalı hücreler içerisine alınması.
- ❖ Kaynakta, malzeme ve tasarım değişiklikleri yapılması.

Yayıma alanında gürültüyü kontrol etmenin yolları; gürültü kaynağının bulunduğu bölgenin ses yalıtıcı malzemeyle ayrılması, ses bariyerlerinin kullanılması ve gürültü yayılma alanının kontrolüdür (duvar, tavan vb. yüzeylerin ses yutucu malzemeyle kaplanması, askılı ses yutucu yüzeylerin kullanılması vb. metotlar).

Gürültünün algılandığı yerde kontrolü ise gürültüden etkilenen kişi veya kişileri ses yalıtımı sağlanmış bölgelere alarak gürültüden korumak ve kulak koruyucuları kullanarak gürültüden korumaktır. Bu son iki husus gürültüyü azaltmamakta, fakat kişileri gürültüden korumaktadır.

Şartlara bağlı olarak, uygulayabileceğimiz metotlar, yukarıda saydığımız kadar kolay olmayabilir. Yine şartlara bağlı olarak metodun sağlayacağı gürültü azalması değişebilir.

3.4.3. Planlama ve bakım ile gürültü kontrolü

Planlama ile gürültü kontrolü, gürültü kontrolünün, genellikle en az önem verilen şeklidir. Oysa, gürültüyü doğduktan sonra azaltmaya çalışmak yerine, baştan önlemek çok daha kolay ve etkilidir. Planlama ile gürültü kontrolü, fabrika, atölye vb. üretim alanlarında, işlemlerin ve tezgahların saptanması ve makinaların yerleşimi aşamasında, ileride doğabilecek gürültüyü en aza indirecek şekilde alınabilecek önlemlerin tümünü içerir. Planlama ile gürültü kontrolü üç bölümde incelenebilir.

İşlem ve Tezgah Seçimi: İşlem ve tezgah seçiminde gürültü, doğal olarak, belirleyici etken değildir. Ancak ileride doğabilecek gürültünün önlenmesi açısından gereklidir. İşletme ve çalışma şartları iyi hesaplanırsa ve ileride yapılabilecek harcamalar da göz önünde bulundurulursa, zamanında işlem ve tezgah seçiminin gürültüyü önlemedeki önemi ortaya çıkar.

Gürültü bir sorun olmadan önce, yani daha planlama aşamasındayken gerekli önlemlerin alınmasıyla ya da bu tür önlemlerin almaya elverişli yerleşimin yapılmasıyla, gürültü sorunu çok daha kolay ve ekonomik bir şekilde çözümlenebilir. Planlamayla gürültü kontrolü kadar olmamakla birlikte, yeterli önemin verilmediği diğer bir gürültü kontrolü metodu da bakım ile gürültü kontrolüdür. Gürültüyü azaltmaya yönelik bakımda dikkat edilecek bazı noktalar şunlardır.

- ❖ Dönem parçaların dengelenmiş olup olmadıkları sürekli kontrol edilmelidir.
- ❖ Gerekli yağlama sağlanmalıdır.
- ❖ Yataklarda ve dişli kutularında aşınan parçalar hemen değiştirilmelidir.
- ❖ Gevşeyen parçalar sıkıştırılmalıdır.

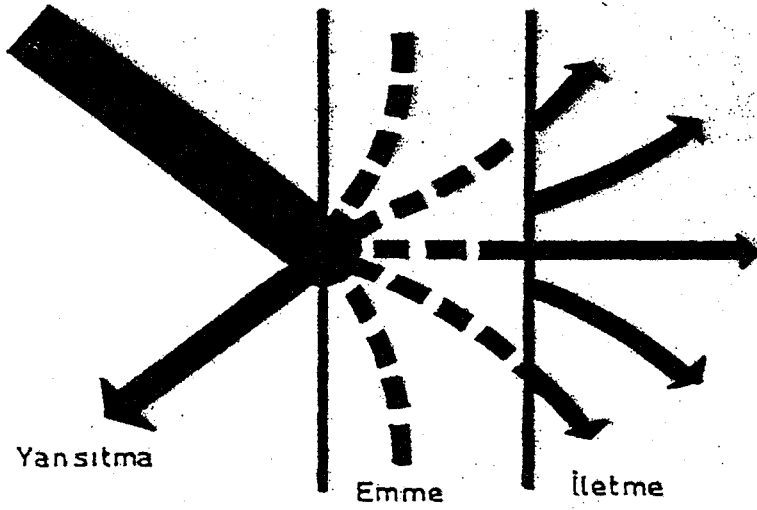
3.4.4. Gürültü kaynağının örtülmesiyle gürültü kontrolü

Örtme (ya da üzerini kapatma) ile gürültü kontrolü; gürültü kaynağının, tamamen veya kısmen örtülerek, yarattığı gürültünün azaltılmasıdır. Hücre (odacık) içine alma ve kısmi hücre içine alma olmak üzere iki genel uygulama şekli vardır.

Hücre (odacık) içine alma, gürültü kaynağının üzerinin tümüyle örtülmesidir, en etkili gürültü kontrol metotlarından biridir. Ya tüm makina hücre içine alınır (büyük hücreler) ya da makinanın ana gürültü kaynağı hücre içine alınır (küçük hücreler). Kısmi hücre uygulamasında ise, makinaya ulaşabilmek için sürekli açık olan bir giriş bölmesi bulunur. Kısmi hücreler çok daha az etkilidirler ve fazla yarar sağlamayacaklarından zorunlu olmadıkça kullanılmazlar.

3.4.5. Bariyerler ile gürültü kontrolü

Bariyerlerle (ses engelleyiciler), gürültü kaynağı ile alıcı arasında konulan setlerdir. Serbest ses alanlarının bulunduğu yerlerde etkilidirler. Dağınık ses alanlarında hiçbir yarar sağlamazlar. Bariyerlerle gürültü kontrolünde aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 3.1 Bir Ortamda Yansıma, Emme Ve İletimin Gösterimi (TS ISO 11690-1)

- Bariyerin boyutları, kaynağın boyutlarından ve gürültüyü azaltılacak en önemli frekansın dalga boyuna göre çok daha büyük olmalıdır.
- Bariyer, kaynağa ya da alıcıya şartlar elverdiğince yakın olmalı.
- Bariyer üzerinde delik ya da benzeri açık bölge olmamalıdır.
- Bariyer, çevredeki yansıtıcı yüzeylerden uzağa konulmalı ya da kaynağa bakan yüzü ses yutucu malzemeyle kaplanmalıdır.
- İmkan varsa bariyer, ses kaynağını ya da alıcıyı çevreleyecek şekilde (kısmi hücre yaratacak şekilde) yerleştirilmelidir.
- Bariyer, özellikle yüksek sesin (frekansı yüksek sesin) baskın seslerin azaltılmasında kullanılmalıdır.

4. KARAYOLU ULAŞIM GÜRÜLTÜSÜ

Gelişmekte olan ve özellikle gelişmiş ülkelerde çevre sorunlarından biri de karayolları trafik gürültüsüdür. Taşıtların hareketleri sonucu çıkan bu gürültü, motor gürültüsü, şasi ve kaportadan kaynaklanan gürültüler, frenlemeden doğan gürültü, tekerleklerin yol yüzeyi ile temasından doğan gürültü ve taşıtın oluşturduğu hava anaforundan ileri gelen gürültü gibi bileşenlerden oluşur. Karayolunda oluşan bu gürültü düzeyine etkileyen faktörler ise; yola olan uzaklık, trafik hacmi, yol seviyesi, yolun kaplama cinsi, yolun eğim derecesi, aracın boyu ve cinsi, yol kenarında yapılaşma ve bitki örtüsü şeklinde sıralanabilir. Karayolu gürültüsünün ölçümlerinde gürültü seviyesi düşük frekanslarda yol kenarında 7,5 m mesafede 85-95 dB'e kadar çıkmaktadır. Bu da insanın işitme standardının çok üzerinde bir değerdir. Diğer çevre sorunlarına göre daha kolay ve pratik bir ölçüm sistemi ile, trafik gürültüsü ve diğer çevre gürültüleri, ölçülüp gerekli önlemlerin alınması ile giderilebilir.

İnsanın rahatsız olmadan dayanabileceği sesin şiddeti 50-90 dB arasındaki değerlerdir. 120 dB'den fazlası ise oldukça rahatsız edicidir. Günlük hayatta iç içe olduğumuz birkaç olayın ses şiddetini örnek olarak verelim.

❖ Kamyon veya spor araba	90 dB
❖ Kompresör tabancası	94 dB
❖ Büyük çim biçme makinesi	107 dB
❖ Perçin yapma	130 dB
❖ Yerden kalkan jet uçağı	150 dB

Ses dalgalarının etkenliği ve gürültü olarak adlandırılması sadece sesin şiddetine, tiz ve tok olmalarına ve sürekliliğine bağlı değildir. Ayrıca sese maruz kalan kişinin fiziksel ve ruhsal durumuna da bağlıdır. Formula 1 yarışları veya senfoni orkestraları bazı insanlar için sanat değeri taşıırken bazı insanlar için ise gürültüden öteye bir anlam ifade etmezler. Bir gürültü ne kadar anlamsız, ne kadar şiddetli, ne kadar düzensiz ve ne kadar ani olursa o kadar rahatsız edicidir. Bir motosikletin sesi buna en iyi örnektir.

Amerika Birleşik Devletlerine ait yol idaresi Federal Highvay Associate (FHWA) yollardaki gürültü miktarının azaltılması için şu çalışmaların yapılmasını öngörüyor.

- ❖ Her bir aracın çıkardığı gürültü miktarını azaltmak
- ❖ Belli bölgelerde ölçümler sonucunda elde edilen gürültü miktarları kullanılarak bölgenin gürültü haritaları çıkarılarak bu değerlerin planlama, yer tayini, proje, yol inşaatı, kamulaştırma vb. çalışmalarında kullanılması
- ❖ Yol ile çevresi arasındaki gürültü uygunluğunu temin etmek

Gürültü kontrolü yapılırken memleketin nüfusuna, nüfusun şehir ve kırsal kesime dağılımına, arazi miktarına, arazinin şekline, bitki örtüsüne, kültürel, sosyal, ekonomik, tarihsel özelliklerine hatta gelenek ve göreneklerine bağlı olarak farklılık gösterir. Bu nedenle bir başka ülke ve bölge için yapılmış gürültü ölçüm yöntemlerini ve sonuçlarını aynen bir başka yere uygulamak sağlıklı sonuç vermeyebilir.

Buradan da anlaşılacağı üzere şehir planlaması yapılırken oluşacak gürültü raporlarının çıkarılması gerekmektedir. Oluşabilmesi muhtemel sorunların giderilmesi çalışmaları yapılarak insanların daha rahat ve mutlu yaşamaları açısından oldukça önemlidir.

4.1. Trafik Gürültüsü

Yapılan araştırmalara göre kentsel yerleşim bölgelerinde ortaya çıkan ses enerjisinin %80'i trafikten gelmektedir. Trafik gürültüsü, taşıt akışı ile yol özelliklerinin bir fonksiyonudur.

4.2. Trafik Gürültüsünün Nedenleri

Karayolu trafik gürültüsünün belli başlı üç kaynağı vardır.

- 1) Mevcut Trafik Hacmi : Otomobil sayısındaki yoğunluk.
- 2) Trafiğin Akış Hızı : Otomobillerin seyir halindeki ortalama süratleri.
- 3) Trafikteki Mevcut Araçların Büyüklükleri: Seyretmekte olan kamyon adedi.

Genellikle bu üç nicelikte doğru orantılı olarak trafik gürültüsü de artar. Bunların dışında araçtaki gürültü motor, eksoz ve lastik gürültüsünün kombinasyonundan meydana gelmektedir. Bu nedenle araçlardaki hatalı susturucu ya da yanlış üretilmiş parçalar trafikte gürültü kirliliğini artırır. Bunun yanı sıra ortamdaki farklılıklar (dik bir yokuş gibi) motora gelecek trafik gürültüsünün artması ya da azalmasını etkileyen faktörler arasındadır. Tüm bunlara ek olarak, trafik gürültüsünü etkileyen daha karmaşık etkenlerde bulunmaktadır. Örneğin insan (algılayıcı) karayolundan uzaklaştıkça; mesafe, bitki örtüsü, arazi, ve doğal ve insan yapısı engeller sebebiyle etki alanı azalacağından gürültü seviyesinde de düşme olur. Bu nedenle yoğun kullanımda olan bir karayolundan 500 feet, az kullanılan karayolundan ise 100-200 feet kadar mesafede oturan insanlar bundan çok etkilenmezler.

Trafik Hacminin Gürültüye Etkileri

A



B



A'daki ses B'deki sesin iki katı gürültüye sahiptir.

Hızın Trafik Gürültüsüne Etkileri

A



B



A'daki ses B'deki sesin iki katı gürültüye sahiptir.

Ağır Vasıtaların Trafik Gürültüsüne Etkileri

A



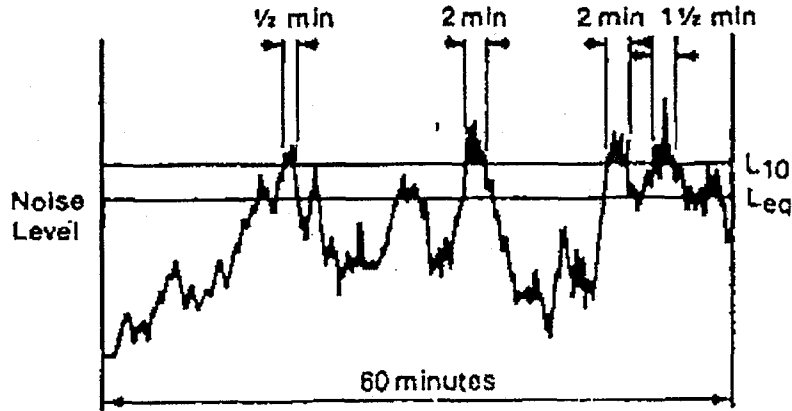
B



A'daki gürültü B'deki gürültüye eşdeğerdir.

Şekil 4.1. Trafik gürültüsünün etkenleri.

Karayolundaki trafik gürültüsü hiçbir zaman sabit değildir. Gürültü seviyesi araç sayısı, türü ve hızına bağlı olarak sürekli değişmektedir. Trafik gürültü varyasyonları aşağıdaki grafikte olduğu gibi gösterilebilir. Bu tür bir gösterim genellikle kullanışsızdır. Daha pratik bir yöntem gürültü verilerini temsil edebilecek tek bir sayıya çevirmektir. İstatistikçiler değişken haldeki trafik gürültü seviyelerine karşılık hemen hemen her zaman tek sayı kullanırlar. Bunlardan yaygın olarak en çok kullanılan iki yöntem L_{10} ve L_{eq} 'dir.



Şekil 4.2. L_{10} ve L_{eq} seviyelerinin hesaplamalarında kullanılan örnek grafik

L_{10} , hesaplanırken ses seviyesinin %10'unu geçen kısım kullanılır. Yukarıdaki grafikten de görülebildiği gibi 60 dakikalık bir ölçümde ses L_{10} seviyesini 6 dakika boyunca geçmiştir. L_{eq} seviyesine gelince onun hesaplanması biraz daha güç olmaktadır. L_{eq} , belirli bir zaman aralığında değişken trafik gürültüsü seviyeleri boyunca aynı ses enerjisine sahip, ortalama ses seviyesine denilen sabit bir sayıdır. Tipik trafik koşulları için L_{eq} genellikle 3 dBA olmaktadır. (Aynı koşullardaki L_{10} değerine göre daha küçük bir değerdir). Amerika'daki Federal Karayolları İdaresi (Federal Highway Administration) tarafından yayınlanan farklı arazilere göre gürültü etkileri aşağıda verilen Çizelge 4.1'deki gibidir:

4.3. Trafik Gürültüsü ile İlgili Çalışmalar

Birçok karayolu yapımından önce planlama safhalarının başlarında trafik gürültüsüyle ilgili çalışmalar yapılır. Bunun amacı yapımı düşünülen karayolunun herhangi bir gürültü problemine yol açıp açmayacağıdır. Bu konuda ilk adım karayolunun inşa edileceği bölgedeki mevcut gürültü seviyelerinin saptanmasıdır. Bu ise iki yoldan biri ile yapılmaktadır. Bazı ölçümler entegre SLM'ler yardımıyla yapılır. Bunlar çoğunlukla, arka plandaki gürültünün farklı birçok kaynaktan geldiği veya ölçümü yapılan bölgenin çevredeki büyük caddelerden uzakta bulunduğu yerlerde kullanılır. Bu genellikle çevre gürültüsü ölçümü olarak adlandırılır.

Çizelge 4.1. Arazi kullanım şekillerine göre L_{10} ve L_{eq} değerleri.

Arazi Kullanım Şekli	L_{10}	L_{eq}
Ev	70 dBA	67 Dba
Ticari Amaçlı (İşyeri)	75 dBA	72 dBA

Diğer yöntemde ise eğer mevcut gürültü büyük oranda yakındaki bir karayolundan kaynaklanıyorsa, ölçümler FHWA karayolu trafik gürültü tahmin modeli kullanılarak yapılır. Bir sonraki adımda, yeni karayolunun yapılması halinde oluşacak gürültü, trafik gürültü tahmin modeli (çeşitli gürültüye duyarlı algılayıcılar yardımıyla) kullanarak saptanır. Bunların yanı sıra modelin gerekli hesaplamayı yapabilmesi için programa birçok verinin girilmesi gerekmektedir. (Trafik hacmi, hızlar, araçların türü, karayolu geometrisi, yol kenarındaki yükseltiler, karayolu ve algılayıcı arasındaki topografya gibi bilgiler.) Bu düşünülen her karayolu için ayrı ayrı hesaplanması gerekir. Daha sonra elde edilen değerler Federal Noise Criteria (NAC) ve State Noise Criteria ile karşılaştırılarak istenen değerleri geçip geçmediği araştırılır. Eğer bulunan değerler istenilenleri geçiyorsa gürültü azaltıcı çözümler düşünülür.

4.3.1. Taşıt akışı ile ilgili olarak gürültünün kaynaklandığı faktörler

Taşıt akışı ile ilgili olarak gürültünün kaynaklandığı faktörler incelenmiştir.

A) Trafik akışı

Gürültü seviyeleri, taşıt sayısı arttıkça artmaktadır. Örneğin, gürültü kaynağından 100 m uzaklıkta, 100 taşıt/saat için 57dB ve 8000 taşıt/saat için 65dB ölçülmüştür.

B) Taşıtların kompozisyonu

Kamyon sayılarında artış gürültü seviyelerinde artışa neden olup, burada bir kamyonun neden olduğu gürültü miktarı 4 binek arabasına eşdeğerdir. Örneğin, 40 kamyon olan bir kompozisyonda artış 5 dB seviyesinde olacaktır.

C) Taşıt hızı

Düşük hız, düşük gürültü yaratmaktadır. 40 m/saat bir hızda gürültü 81 dB olarak ölçülürken, 100 km/saat hızda 87 dB ölçülmüştür. Taşıt hızının eşdeğer gürültü seviyesine etkisi aşağıdaki bağıntı ile belirlenmektedir.

$$L_{eq} = L_0 + 10 \log[D_0 V/S] - 25$$

L_{eq} : Eşdeğer gürültü seviyesi (dBA)

L_0 : Enerji yani emisyon seviyesi (dBA)

V : Taşıt akış hacmi (taşıt/saat)

S : Araç hızı

D_0 : Referans uzaklığı (m)

D) Taşıtın yaşı

Taşıtın yaşının gürültü miktarına olan etkisini hesaplamak amacıyla yeni bir araba ile 2 yaşındaki araba üzerinde yapılan ölçümler sonucunda eski arabanın yeniye göre 3,5 dB daha fazla gürültü çıkardığı saptanmıştır.

E) Taşıt lastiği

Daha az kalınlık ve çaptaki lastikler daha az gürültüye neden olmaktadır. Radyal tip lastikler ile farklı sut yapılarına sahip lastiklerde etkiler de farklı olmaktadır.

Çizelge 4.2. Taşıtların sınır gürültü seviyeleri

Taşıt Türü	Üst Gürültü Seviyesi (dBA)
Otomobil	75
Otobüs (şehir içi)	85
Otobüs (şehir dışı)	80
Kamyon (80 km/h hızda)	85
Ağır mütcharrık araç	85

4.3.2. Yol özellikleri ile ilgili olarak gürültünün kaynaklandığı faktörler

A) En kesit

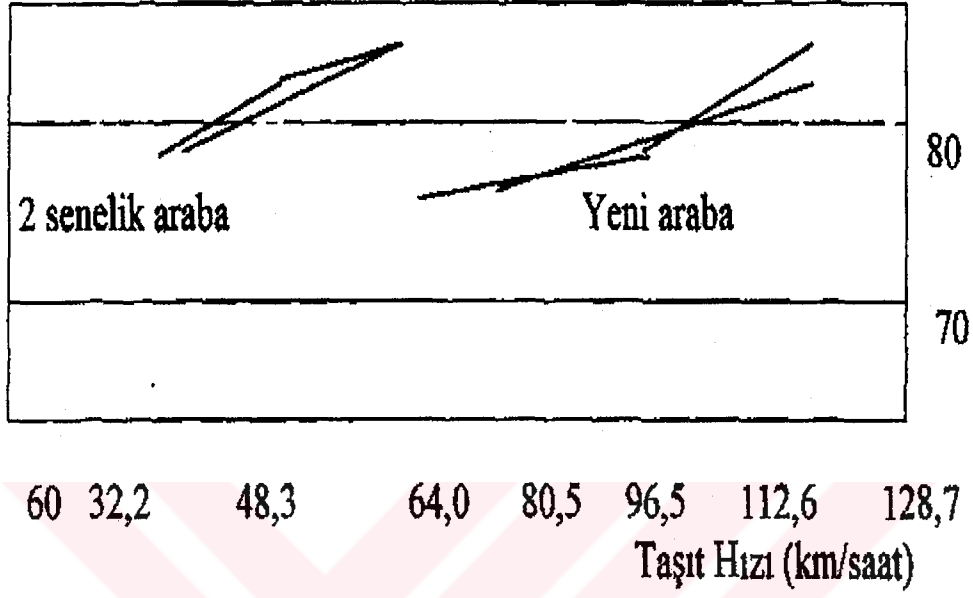
Yolun tek veya çift yönlü olmasına, şerit sayısına, orta refüjde engel olmasına vb. göre gürültü seviyelerinde farklılıklar görülmüştür.

B) Kırmızı hat

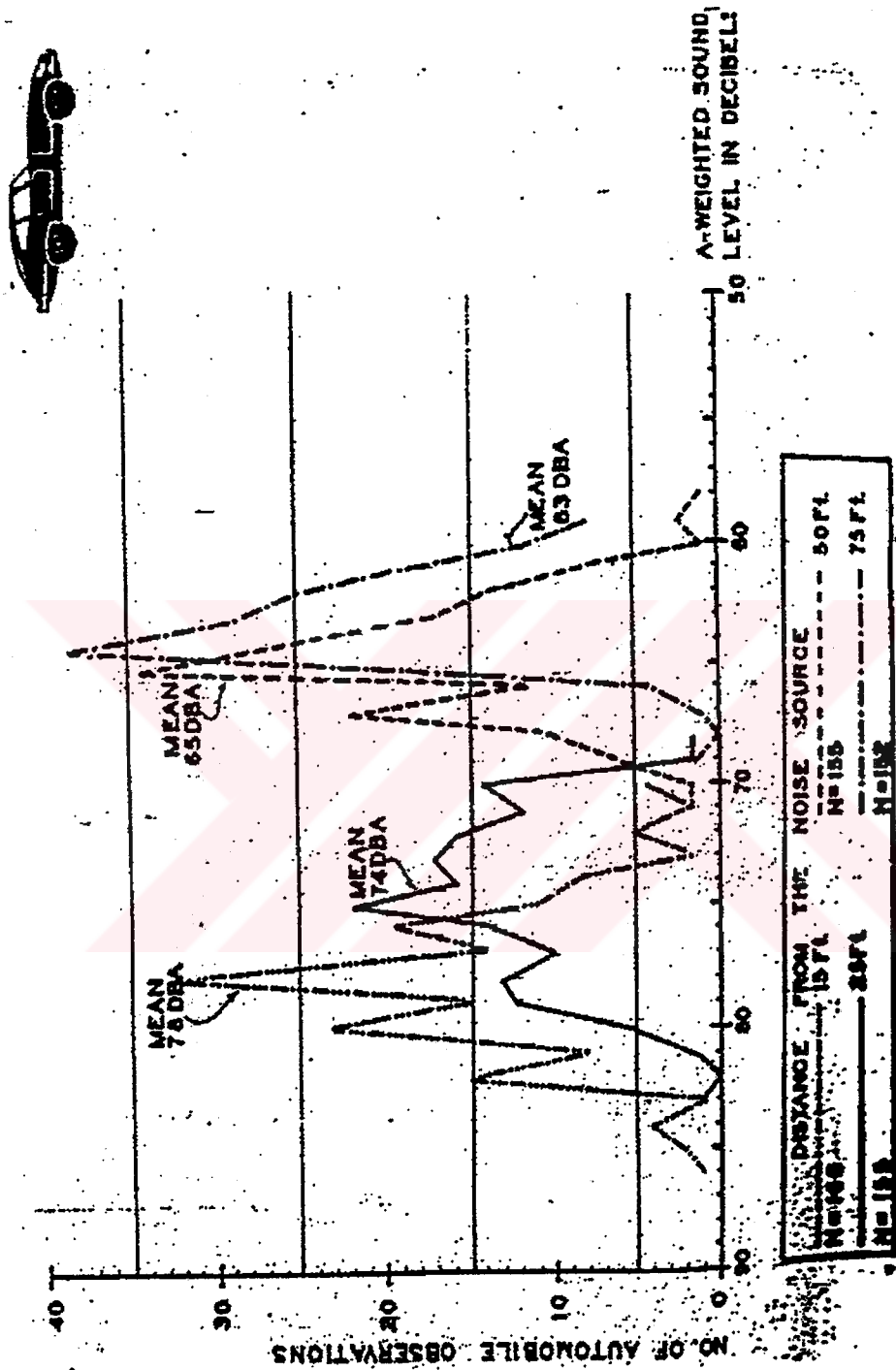
Yokuş aşağı olduklarında gürültü seviyelerinde 2-3 dB civarında azalma olmaktadır. Yokuş yukarı olduğunda ise eşdeğer düzey bir miktar artmaktadır. Binek arabalarında ise eşdeğer düzey bir miktar azalmaktadır.

C) Kaplama türü

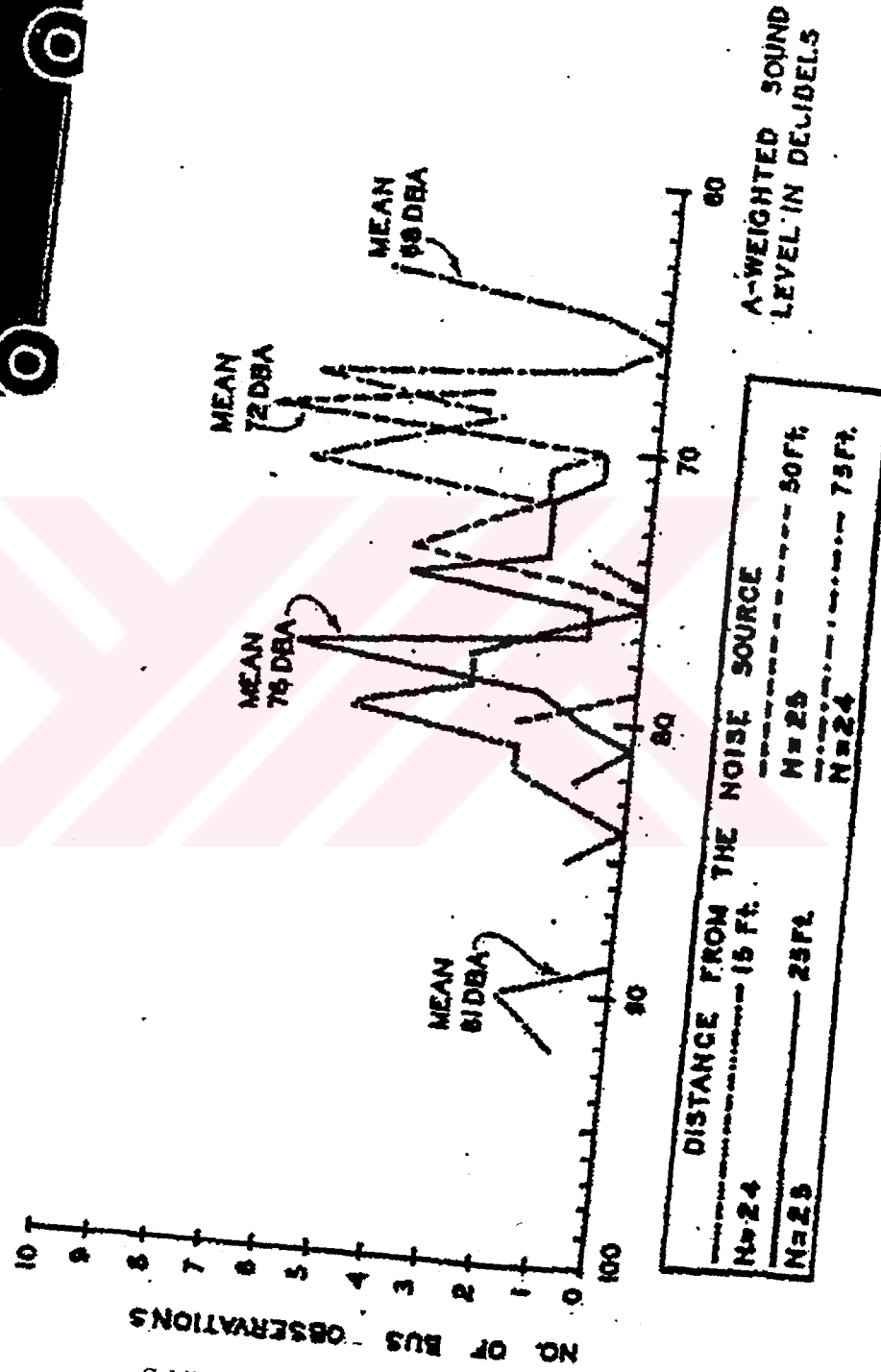
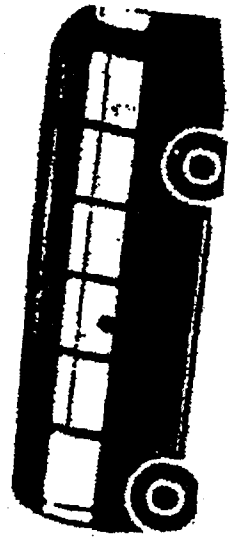
Doku, boşluk oranı, malzemenin yoğunluğu, yüzeyin kuru yada ıslak olması vb. nedenlere bağlı olarak farklı davranışlar kaydedilmiştir. Otoyollardan kaynaklanan gürültülere ilişkin olarak trafik önlemleri sürekli alınmakta olup, yeni otoyollarda güzergahlar mümkün olduğu kadar yerleşim alanlarına uzak geçirilmekte ve mevcut otoyollarda ise otoyolun yerleşim alanlarından geçtiği kısımlarda trafik gürültüsünü azaltıcı önlemler alınmaktadır.



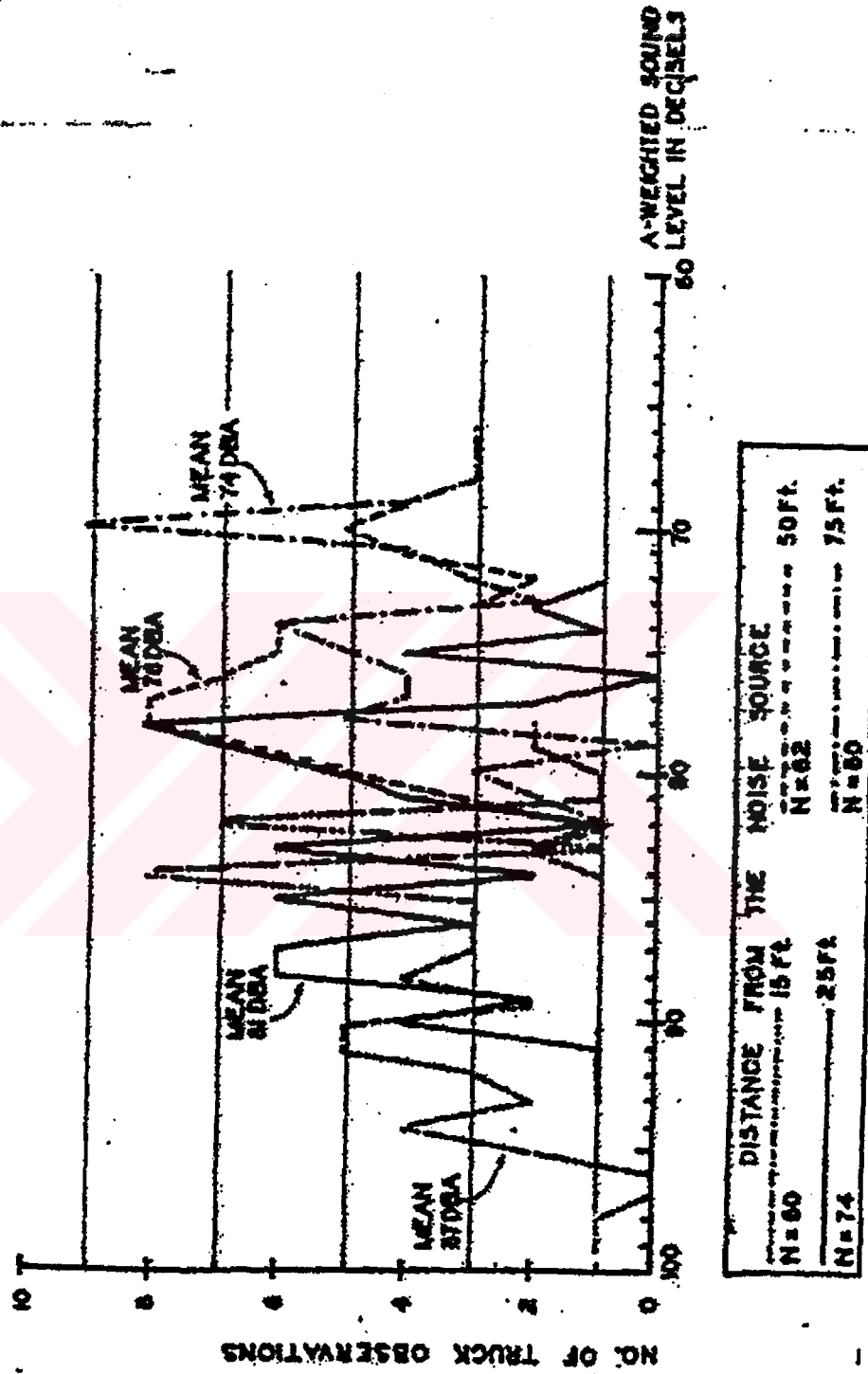
Şekil 4.3. Gürültü miktarının taşıt yaşına göre değişimi



Şekil 4.4. Otomobil gürültüsü



Şekil 4.5. Otobüs gürültüsü



Şekil 4.6. Kamyon gürültüsü

4. 4. Taşıtlarda Gürültü Kontrolü

Taşıtlarda gürültü kontrolü, kaynaklarının çokluğu ve yayılım yollarının çeşitliliği nedeniyle çözümü zor bir akustik problemdir. Hem ses hem de titreşimler taşıtın bütün gövdesi ve donanımları üzerinden yayılmaktadır. İlk önce yapılması gereken gürültü kaynaklarını tespit etmek ve bunların gürültü seviyelerini azaltmaya veya uygun frekanslara kaydırmaya çalışmaktır. İkinci kademede gürültünün yayılma yolları kesilmeye çalışılır(18).

Gürültü, kaynaktan kulağımıza kadar çeşitli yollardan değişmelere uğrayarak gelir. Bu yollar üç ana tipte toplayabiliriz. Doğrudan hava yolu ile yayılım, yapı üzerinden yayılım ve hava + yapı üzerinden yayılım.

4. 5. Karayolu Ulaşım Gürültüsünün Saptanması

Kara taşıt araçlarından doğan gürültünün kurumsal olarak saptanması için analitik yöntemler 1968'lerden beri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin çoğunda duraksız (serbest akışlı) ulaşım koşulları incelenmiş daha sonra kavşaklar ışıklar ve dönemeçlerin yakınlarındaki duraklı akım koşulları da araştırılmıştır. Önceleri analitik yöntemler ile yalın çizgi kaynak etkileri hesaplanırken, daha sonra noktasal kaynakların zaman içinde devinimleri için bilgisayarla simülasyon teknikleri geliştirilmiştir. Çeşitli kent dokusu içinde gürültü yayılımı hesaplamaları, bilgisayarların kullanımı ile gerçekleştirilebilmiştir (19).

Gürültü Kontrol Yönetmeliğinin 7. ve 8. maddeleri, karayolu taşıtlarına ilişkin düzenlemeleri kapsamaktadır. 7. maddeye göre;

- 1- Hiç kimse susturucusuz veya ses giderici diğer parçaları olmadan bir motorlu kara taşıtı çalıştırmaz veya diğer değiştirme amacı dışında bir motorlu araç veya motosiklet üzerindeki susturucu veya ses giderici parça çıkarılamaz, çalışır hale getirilemez.
- 2- Kamuya açık yerlerde çalıştırılan motorlu taşıtların çıkardıkları gürültüler verilen sınır değerleri aşamaz.

3- Bir motorlu araç üzerinde veya içinde korna ile veya ses çıkaran başka bir cihaz ile tehlike uyarısı vasfı taşımayan ses yapmak veya yapılmasına sebep olmak yasaktır.

Taşıtların sesli uyarıcıları TS-1875 ve TS-2214'e göre yapılan ölçümlerde araçtan 2 m uzaklıkta ve 1.2 m yükseklikte 105-118 dBA olmalı ve frekans spektrumu 1800-3550 Hz arasında görülmelidir. Geçiş üstünlüğüne haiz taşıtlara Karayolları Trafik Yönetmeliğinin 157. maddesi hükmü uygulanır.

4.6. Taşıtlardaki Gürültü Kaynakları

4.6.1. Motor gürültüsü

Motor silindirindeki yanma olayı ani bir basınç darbesi yaratır. Bu darbe silindir duvarlarının ve motor kafesi aracılığı ile motor yan duvarlarının titreşmesine sebep olur. Bu titreşimler havanın basınç salınımları yapmasına bir ses oluşmasına sebebiyet verir. Motor gürültüsünün azaltılması için en etkin yol yanma esnasında basınç darbesini yumuşatmaktır. Yani düzgün bir yanma sağlanması gerekir. Bu amaçla sıkıştırma oranını düşürmek, ön emiş yapmak, emme ve egsoz sistemini optimize etmek, yanma odası tasarımını optimize etmek gibi tedbirler alınmaktadır. Motor devir sayısının düşürülmesi, silindir sayısının artırılması ve motor gövdesinin kalınlaştırılması gibi diğer önlemlerin gerçekleştirilmesi yakıt tüketimine, maliyete, performansa ve vergi oranlarına getireceği ek yükler nedeniyle üretici ve kullanıcılar tarafından pek tercih edilmeyen yöntemlerdir. Daha çok motordan yayılan gürültünün izolasyonu yoluna gidilmektedir. Hem motoru meydana getiren elemanların birleştirilmesinde hem de motorun taşıta bağlanmasında elastik bağlantı elemanları kullanılmaktadır. Bu şekil de titreşimlerin yapı yoluyla yayılımı minimuma indirilmektedir.

4.6.2. Hava filtresi emme sesi

Hava emme ağız, filtre haznesi boyun uzunluğu ve filtreye bağlantısı hava akış tekniğine uygun tasarlanmalı. Sistem titreşim açısından incelenmeli, hava filtresi haznesi mümkün olduğunca büyük tutulmalıdır.

4.6.3. Fan sesi

Motor suyunun soğutulması amacıyla kullanılan fan gürültüsünü azaltmak için pervane kanatlarının asimetrik tasarlanması ve iyi dengelenmesi gibi önlemler alınır.

4.6.4. Egsoz gürültüsü

Egsoz gürültüsünün motordan kaynaklanan gaz kuvvetleri, salınımları ve motorun mekanik titreşimleri sebep olur. Gürültü, egsoz sisteminin bütün yüzeylerinden (borular ve susturucular) yüzey titreşimleri şeklinde ve çıkış ağzından hava akış gürültüsü şeklinde oluşur. Egsoz çıkış ağzını daraltmak, susturucu hacimlerini ve adetini arttırmak, boruları optimize etmek gerekir. Ayrıca yolların bozuk oluşundan, gerekse titreşimlerinden egsoz sistemine gelen bu titreşimlerin bu sistem tarafından arttırılarak iletilmemesi egsoz sistemi taşıt gövdesine titreşim düğüm noktalarından bağlanmalıdır (20).

4.6.5. Vites kutusu ve aktarma organları gürültüsü

Vites kutusu gürültüsü takırtı ve uğultu şeklinde tanımlayabileceğimiz iki tipte olur. Bulardan birincisi üzerinde moment bulunmayan dişli gruplarının diş temas değişimi sesidir. Vites kutusu giriş devir sayısı düzensizliği, dişli boşlukları, sürtünme kuvvetleri gibi nedenlere bağlıdır. Uğultu olarak algılanan ikinci ses ise o an moment akışında bulunan dişlilerin yarattığı sestir ve seçilen vites kademesine bağlıdır. Dişli kuvvetlerinin sebep olduğu titreşimler mil ve yataklar vasıtasıyla vites kutusuna iletirler ve gövde panellerinin titreşimiyle gürültü oluşur.

4.6.6. Tekerlek asılış sistemi gürültüsü

Yol bozukluklarının yutulması amacıyla tekerlekler taşıta oynak kollar ve yay-sönüm elemanlarıyla bağlanmıştır. Seyir stabilitesi açısından sert olması istene bu elemanlar, titreşim ve gürültü izolasyonu açısından yumuşak olmalıdır.

4.6.7. Lastik gürültüsü

Lastik gürültüsü seyir hızı ile artmaktadır ve ancak yüksek hızlarda ön plana çıkmaktadır. Tekerlek asılış izolasyon özelliklerine. Lastik yapışma, zemin yüzeyine ve iklim şartlarına (ıslak, karlı, çamurlu, vs.) bağlıdır. Genelde, lastik gürültüsü ile yol tutuculuk özelliği ters düşmektedir (21) .

4.6.8. Seyir rüzgarı gürültüsü

Rüzgar gürültüsü de ancak yüksek hızlarda önemli olmaktadır. Taşıtın dış gövdesindeki hava akışı ve türbülanslardan oluşmaktadır. Taşıt aerodinamiği düzeldikçe seyir rüzgarı gürültüsü de azalmaktadır.

Tekil kaynakların toplam gürültüye etkileri taşıt işletme şartlarına bağlıdır. Örneğin yüksek kademeli vitesle seyredilen şehir içinde (motor devri yüksek, seyir hızı düşük) motor gürültüsü etkin olurken, bunun tersi olan şehirler arası otoyollarda lastik ve rüzgar rüzgar gürültüsü ön plana çıkmaktadır. Çok düşük frekanslar, daha çok yapı titreşimlerinden ortaya çıkarlar. 10 Hz civarından başlayarak, 150 Hz civarına kadar sırasıyla taşıtın gövdesinin ve tekerleklerin asılış sistemi üzerinde titreşimleri, gövdenin eğilme ve burulma titreşimleri, tahrik şaftı eğilme titreşimleri etkili olurlar. 250 Hz'den motor ve lastik gürültüleri devreye girer

5. UYGULAMA ÇALIŞMASI

Gürültü değerlendirilmesi için gürültü ölçümünün sağlıklı yapılması çok önemlidir. Gürültü ölçümü için cihaz özelliklerinin bilinmesi ve ilgili standartların uygulanması kolaylık sağlar.

5.1. Gürültünün Ölçülmesi

Gürültü kontrolünde gürültü ölçümleri önemli bir yer tutar. Gürültü ölçümlerinde amaç gürültü kaynağını bulmak veya belli bir noktadaki gürültü düzeyini saptamaktan, gürültünün frekans dağılımını bulmaya yada darbe gürültüsünü saptamaya kadar çok çeşitli olabilir. En çok kullanılan ölçüm istenilen yerdeki gürültü düzeyinin saptanmasıdır. Bu tip ölçümler genellikle çevre ve işyerindeki gürültü düzeyinin istenen sınırlar içinde olup olmadığını kontrol etmek için yapılır (22).

Gürültü “Ses Seviyesi Ölçer (Sound Level Meter)” denilen aygıtlarla ölçülür (sonometre) ve “Ses Basıncı Seviyesi (Sound Pressure Level -SPL)” birimiyle ifade edilir.

Gürültü ölçümleri ya kaynağın bulunduğu ortamda yada özel olarak hazırlanmış test odalarında yapılır. Test odalarında yapılan ölçümlerde amaç genellikle ses kaynağının ses yayma özelliklerinin bulunması yada kaynağın ses gücü düzeyinin bulunmasıdır .

En çok yapılan ölçüm, ses düzeyinin saptanmasıdır. Bu amaç için geliştirilmiş ses düzeyi ölçerler kullanarak istenilen bir noktadaki ses düzeyi doğrudan ölçülebilir. Basit ve gelişmiş tipleri vardır. Basit tipleri en çok kullanılan olup, amaç istenilen noktalardaki ses düzeyini 1 dB yada 0.5 dB hassasiyette ölçmektir. Hassas türlerde ölçüm hassasiyeti 0.1 dB 'dir. Kullanımları basittir ve süratli ölçüm için kullanılabilirler. Bu tip ölçülerin bir kısmında A, B, C, D ağırlıklı ses düzeyleri

bulmak için ayrı elektronik devreler bulunur. Böylece ses düzeyi; dBA, dBB, dBC, dBD olarak ölçülebilir. Gelişmiş tiplerin, darbe tipi gürültüleri ölçmekten sesi çeşitli frekans bantlarında filtre etmeye kadar bir çok değişik özellikleri olabilmektedir. Mesela preslerin veya şahmerdanların çıkardığı kısa süren darbe tipi gürültüler ancak gelişmiş tiplerle ölçülebilir.

En basit spektrum analizi, mikrofonla elektrik sinyallerine çevrilen ses basıncı değişiminin filtre devreleriyle frekans bantlarındaki harmoniklerine ayrılmasıyla yapılır. Yapılan analiz türüne göre filtre edilecek bandın bant genişliği alt ve üst sınırları otomatik olarak ayarlanır ve incelenen sinyali oluşturan harmonilerden yalnız istenen bant sınırları içinde kalanların geçmesine izin verilir.

Son olarak gürültü dozu ölçerlerden (dozimetre) ve odyometrelerden yararlanılır. Odyometre işitme duyusundaki bozukluğu saptamada kullanılan cihazdır. Belli aralarda odyometrik ölçüm yaptıran kişinin, her frekans bandındaki olası duyma eşiği kayması kolaylıkla saptanabilir. Gürültü dozu ölçerler kulağa en yakın noktada taşınır ve etkisi altında kaldığı gürültü dozunu verdiği gibi söz konusu zaman aralığına kişinin etkisi altında kaldığı en yüksek gürültü düzeyini de saptar. Güvenilir, hassas ölçümler için aşağıdaki kuralları uygulamak gereklidir;

- ❖ Her şeyden önce elimizdeki cihazın pillerinin yeterli güçte olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- ❖ Ölçümlerden önce ve sonra cihaz kalibre edilmelidir.
- ❖ Kullanılan cihazın tipi, numarası vb. özellikleri bir yere not edilmelidir.
- ❖ Ölçüm yapılan ortamın atmosferik özellikleri saptanmalıdır (sıcaklık, nem, dışarıda ölçüm yapılıyorsa rüzgar hızı ve yönü).
- ❖ Ölçüm yapılan yerin bir planının çıkarılması ölçüm noktalarının ve çevredeki yansıtıcı ve yutucu yüzeylerin plan üzerinde işaretlenmesi son derece yararlıdır. Yapılan ölçümlerin çevredeki yüzeylerden ne denli etkilenmiş olabileceğine karar verebilmek için böyle bir planın elimizde olması gereklidir.

- ❖ Bir gürültü kaynağının gürültü düzeyi ölçülecekse, önce söz konusu kaynak çalışmadan, ölçüm noktasındaki arka plan gürültüsünün ölçülmesi gerekir. Böylece asıl ölçüm değerlerinin arka plan gürültüsünden ne denli etkilendiği görülür.
- ❖ Kullanılan cihazın özelliklerine ve ölçülecek gürültünün türüne göre doğru ayarlar seçilmelidir.

5.2. Ankara Bilkent Kavşağında Yapılan Ölçüm Sonuçları

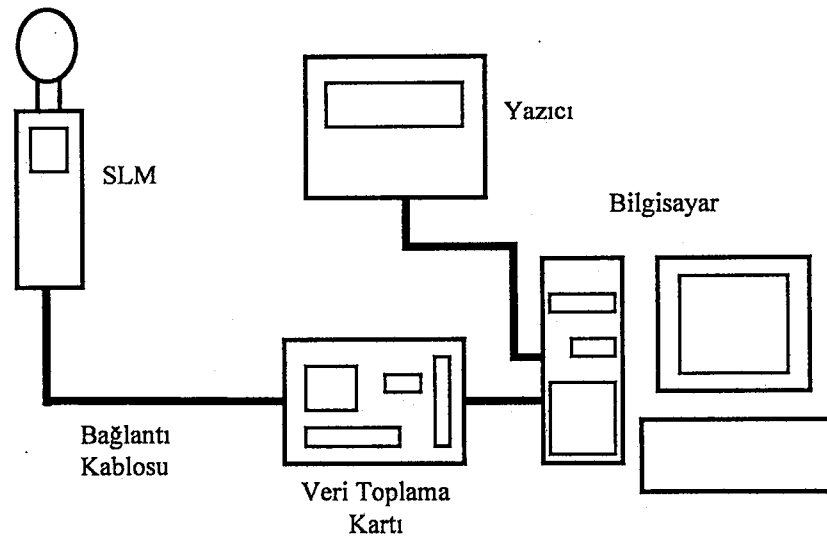
Bilkent Kavşağı'nda yapılan çevresel gürültü ölçümünde Şekil 5.1'de görülen sistem kullanılmıştır. Sistemin teknik özellikleri kısaca şu şekildedir.

5.2.1. Ses basınç seviyesi ölçer

Ölçüm cihazlarının teknik özellikleri yukarıda verilmektedir.

5.2.2. Bağlantı kablosu

Ölçülen sinyalin veri toplama kartı yoluyla bilgisayara aktarılmasında kullanılan elemandır. Veri kayıplarını enaza indirecek şekilde CEL firması tarafından tasarlanmıştır.



Şekil 5.1. Çevresel Gürültü Ölçüm Sistemi

5.2.3. Veri toplama kartı

Bilgisayar vasıtasıyla ses seviyesi kontrolü yapılabilen bir ses toplama kartıdır. Ölçülen ses basıncı seviyesinin bilgisayara aktararak işlenmesini sağlayan elemandır.

Veri Giriş Kartı: 16-bit stereo kayıt yapabilecek sistem ile uyumlu bir Ses Verici kartı.

5.2.4. Yazılım

Bilgilerin sürekli olarak kaydedilmesinde ve incelenmesinde Jade 2.2 isimli bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Yazılım Gazi Üniversitesi'nden Doç. Dr. Nizami AKTÜRK adına kayıtlıdır. Yazılımın özellikleri aşağıdaki gibidir:

Jade 2 Gürültü Görüntüleme Sistemi:

- Herhangi bir ses seviyesi ölçer ile uyumlu bir AC çıkışıyla çalışır.
- Gürültü olaylarını, aynı anda birden daha çok olay olduğunda da, eşzamanlı olarak kayıt eder.
- Veriler alındığında arda arda gelen istatistikleri hesaplar ve ekranda gösterir.
- Birkaç saniyeden birkaç haftaya ve hatta daha uzun bir süre için bilgileri ne kadar süre veya ne amaçla alındığını tamamen kontrol eder
- Lp, Leq ve Lpk değerlerini ileriki analizler için ölçüm dosyası içinde saklar.
- Lmax, Leq, Losha, Lavg, Lep,d, Ldn, Lden (CNEL) ve L90'ı kapsayan standartlara göre geniş aralıklı bir istatistik imkanı sağlar.

5.2.5. Yazıcı

İnceleme sonucunda oluşturulan grafiklerin kağıt üzerine dökülmesini sağlayan elemandır.

5.2.6. Kronometre

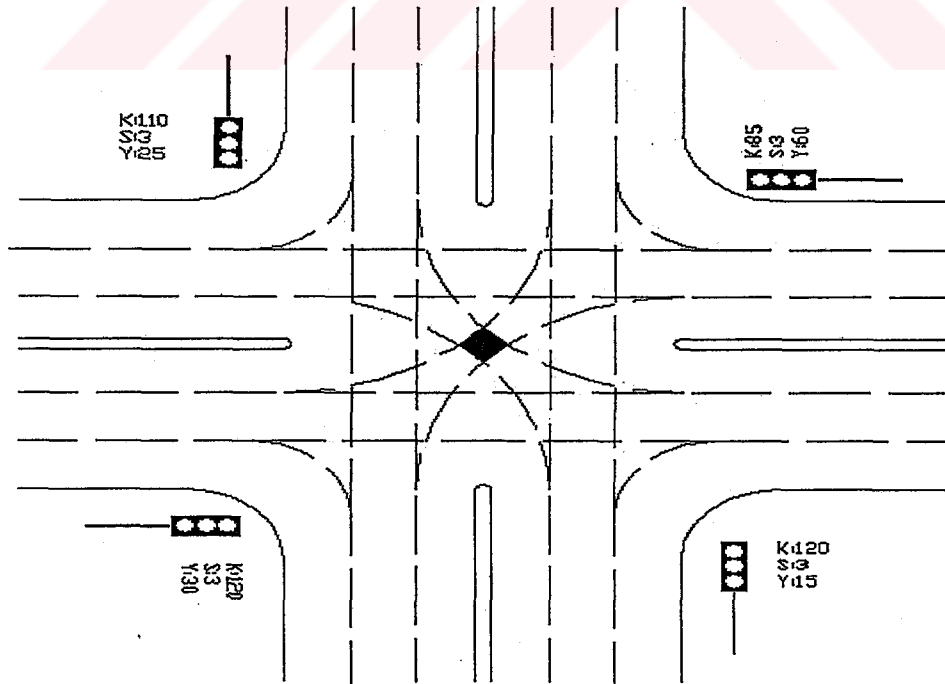
Ölçümlerde Synchrotimer marka X-5000 model 1/100 saniye hassasiyetinde bir kronometre kullanılmıştır.

5.2.7. Ölçüm şartları

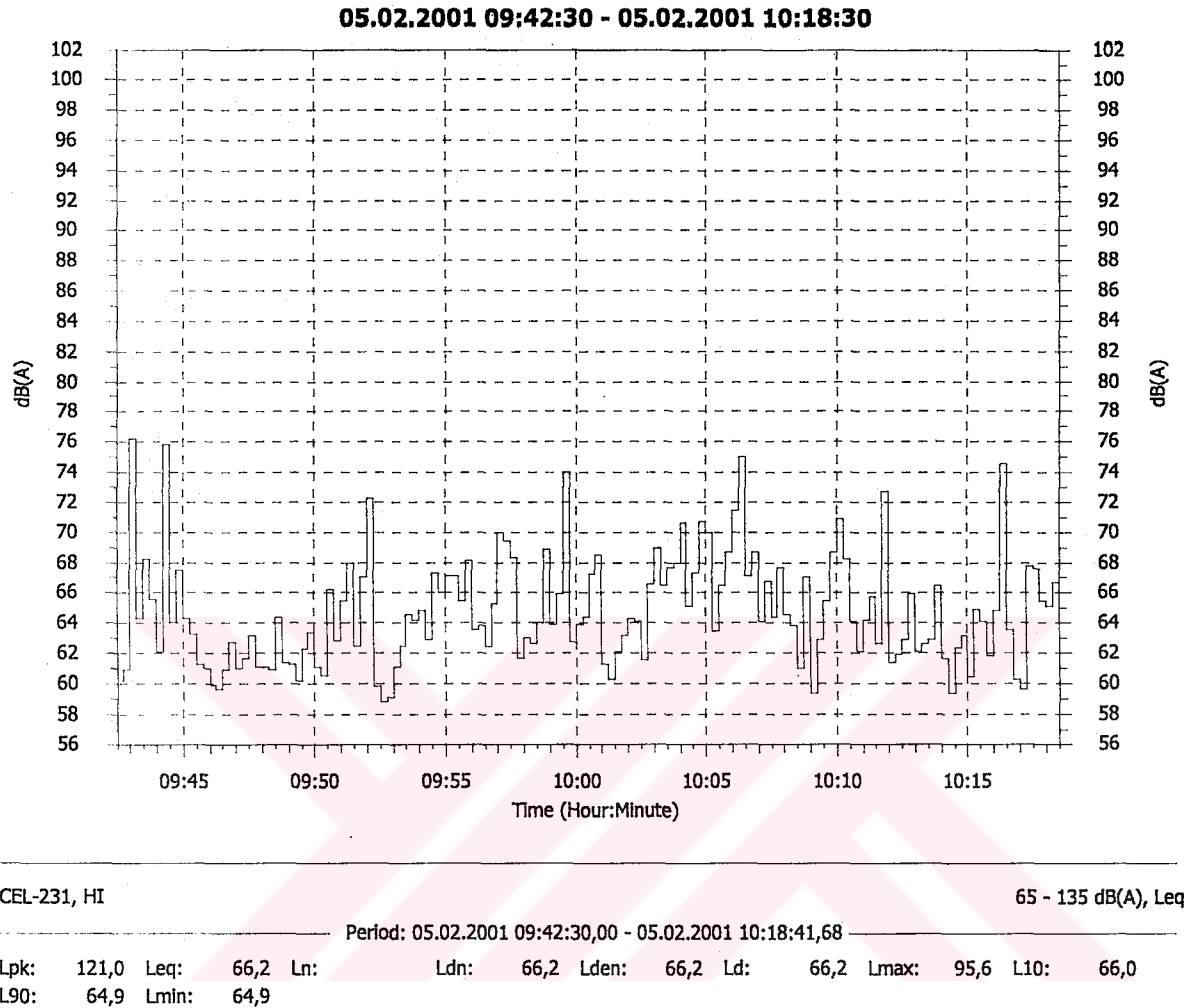
Hava sıcaklığı 18 °C, ortam rutubet değeri %50 ve rüzgar hızı ortalama 5 km/saat olarak tespit edilmiştir. Rüzgarın oluşturacağı muhtemel hava akışı dikkate alınarak gürültü seviyesi ölçüm cihazına rüzgar kesici takılmıştır.

5.2.8. Ölçüm bulguları

Bu çalışma kapsamında Ankara'daki Bilkent kavşağı dikkate çalışma noktası olarak seçilmiştir. Bunun iki önemli sebebi vardır: Kavşak jandarma görev bölgesindedir ve yoğun bir karayolu trafiğine maruzdur. Şekil 5.2'de kavşağın görünümü verilmiştir.



Şekil 5.2. Bilkent Kavşağı



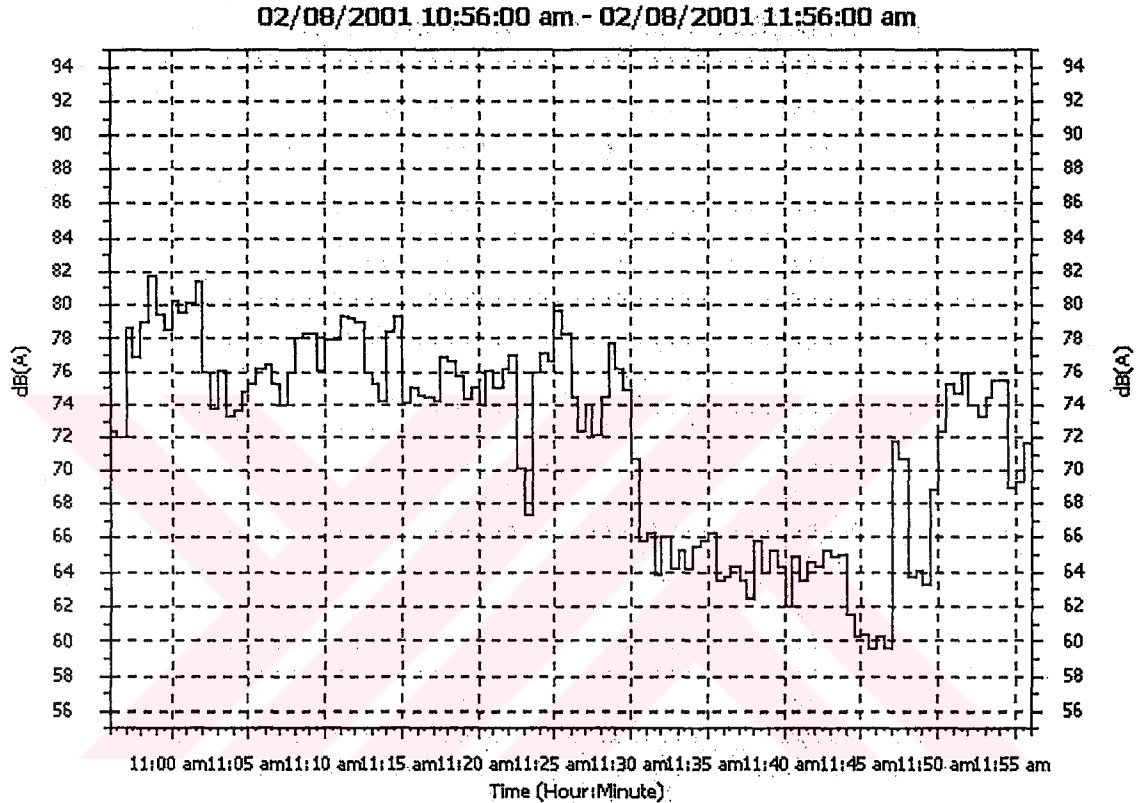
Created by Jade 2.44 for Gazi University, The Dept. of Mechanical Engineering

Şekil 5.3. Bilkent Kavşağı Toplu Konut İdaresi Önü (09:40-10:20)

Şekil 5.3, 5.4, 5.5’de Toplu Konut İdaresi önünde yapılmış olan ölçümler görülmektedir. Ölçüm tarihlerinde bilgisayarın tarih sisteminde meydana gelen bir hatadan dolayı iki yıl geriye gidilmiştir. Yani ölçümler 2003 yılı şubat ayı içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Ölçüm grafiğinin altında ölçümlere ait istatistiksel değerler görülmektedir. Ölçümler gündüz saatlerinde gerçekleştirildiği için L_d değeri önem taşımaktadır. Şekil 5.3, 5.4, 5.5 lere bakıldığında bu değerler değişen saat dilimlerinde sırasıyla 66,2, 74,9, 73,8

dBA olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu değer Özen vd. (2003)'ün modelleme sonucu bulduğu değerlerle örtüşmektedir.



CEL-231, HI

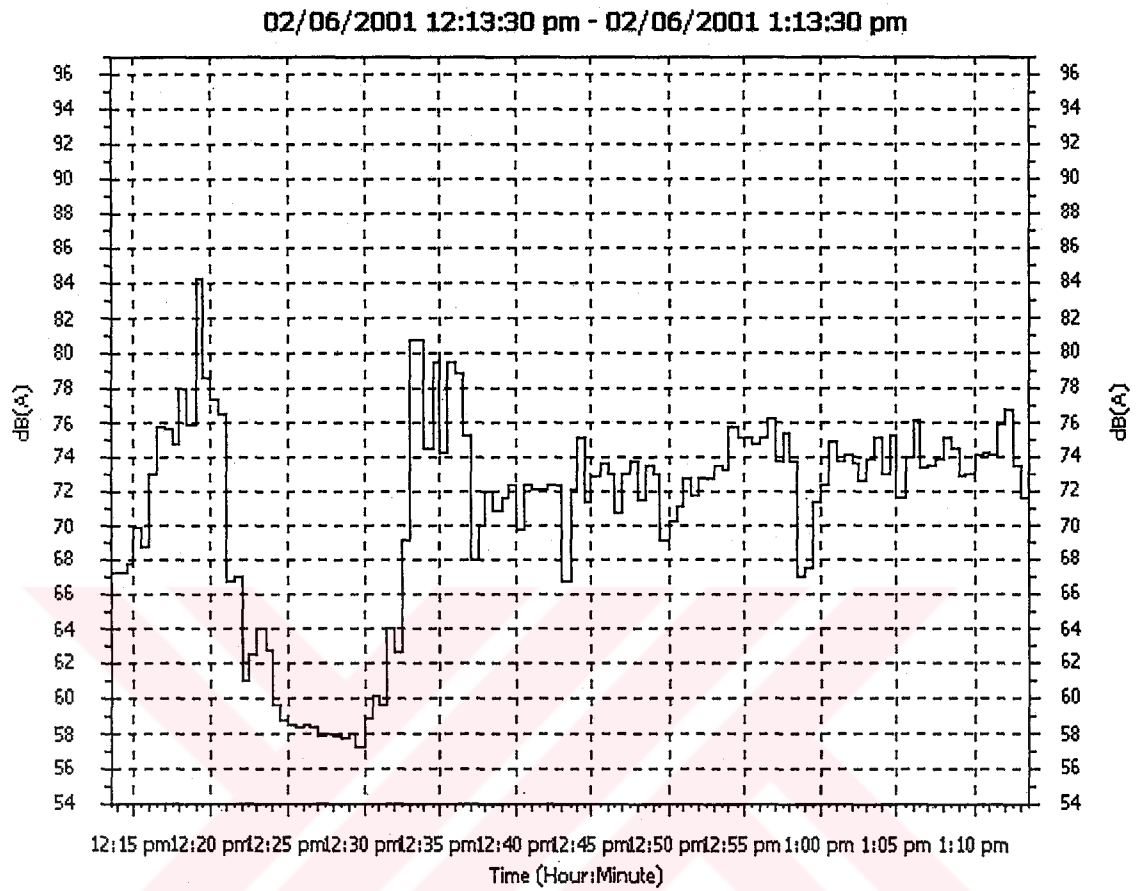
65 - 135 dB(A), Leq

Period: 02/08/2001 10:56:00.00 am - 02/08/2001 11:56:00.00 am

Lpk:	104.4	Leq:	74.9	Ln:		Ldn:	74.9	Lden:	74.9	Ld:	74.9	Lmax:	91.4
L10:	78.6	L90:	64.9	Lmin:	64.9								

Created by Jade 2.44 for Gazi University, The Dept. of Mechanical Engineering

Şekil 5.4. Bilkent Kavşağı Toplu Konut İdaresi Önü (11:00-12:00)



CEL-231, HI

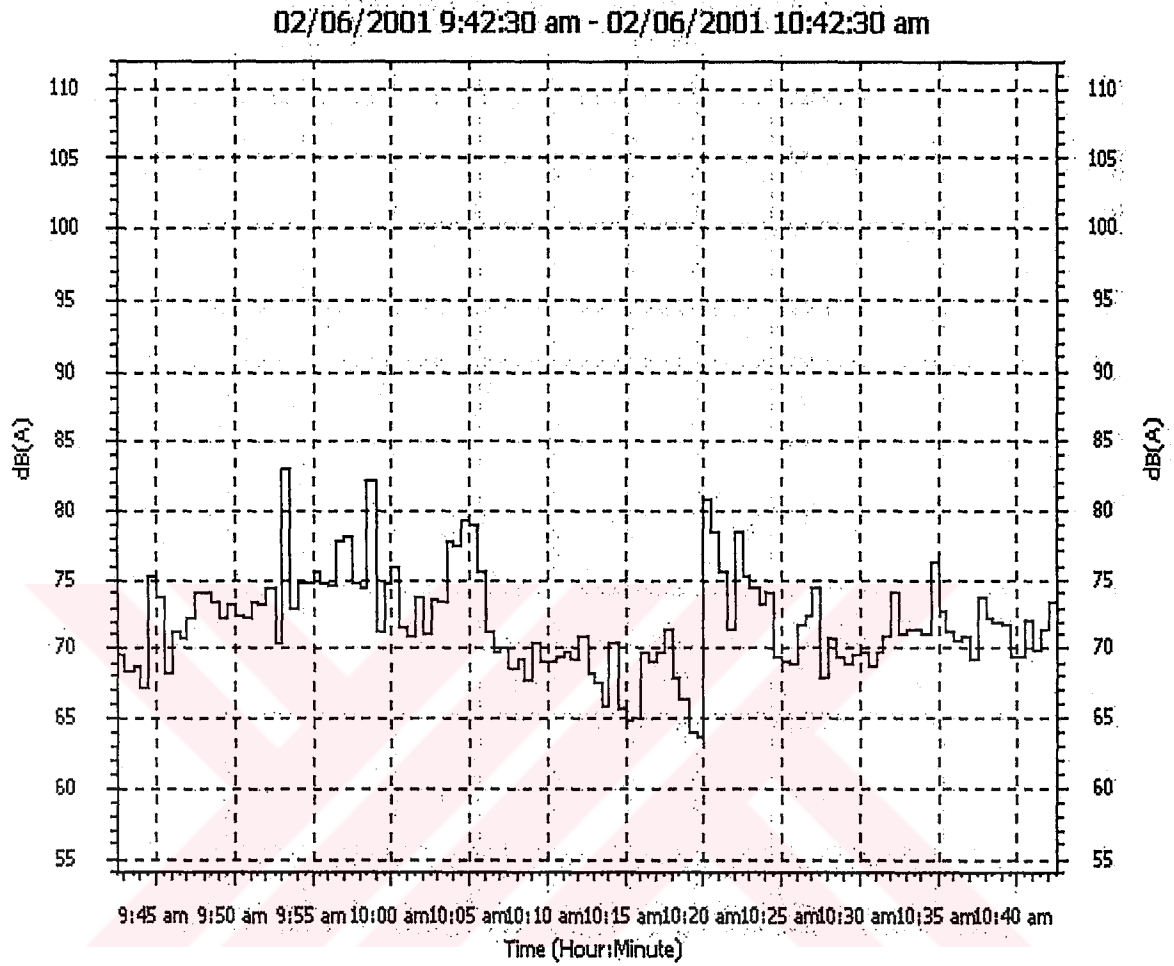
65 - 135 dB(A), Leq

Period: 02/06/2001 12:13:30.00 pm - 02/06/2001 1:13:30.00 pm

Lpk:	104.4	Leq:	73.8	Ln:		Ldn:	73.8	Lden:	73.8	Ld:	73.8	Lmax:	93.4
L10:	76.7	L90:	64.9	Lmin:	64.9								

Created by Jade 2.44 for Gazi University, The Dept. of Mechanical Engineering

Şekil 5.5. Bilkent Kavşağı Toplu Konut İdaresi Önü (12:15-13:15)



CEL-231, HI

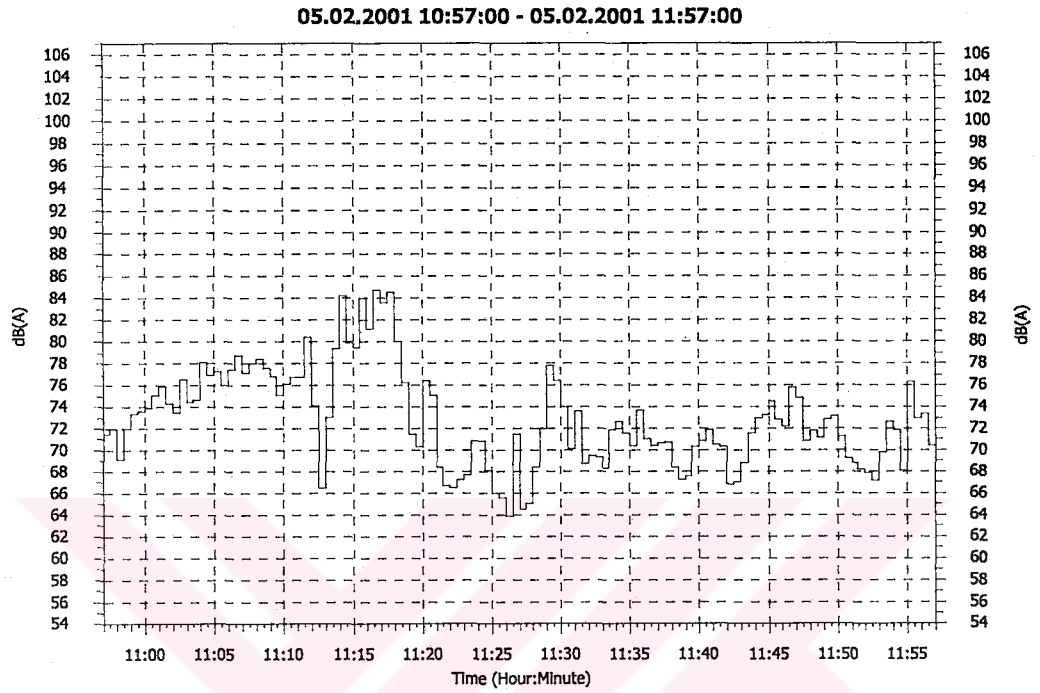
65 - 135 dB(A), Leq

Period: 02/06/2001 9:42:30.00 am - 02/06/2001 10:42:30.00 am

Lpk:	131.7	Leq:	73.7	Ln:		Ldn:	73.7	Lden:	73.7	Ldi:	73.7	Lmax:	105.8
L10:	75.6	L90:	65.2	Lmin:	64.9								

Created by: lade 2.44 for Gazi University, The Dept. of Mechanical Engineering

Şekil 5.6. Bilkent Kavşağı Alışveriş Merkezi Önü (9:40-10:40)



CEL-231, HI

65 - 135 dB(A), Leq

Period: 05.02.2001 10:57:00,00 - 05.02.2001 11:57:00,00

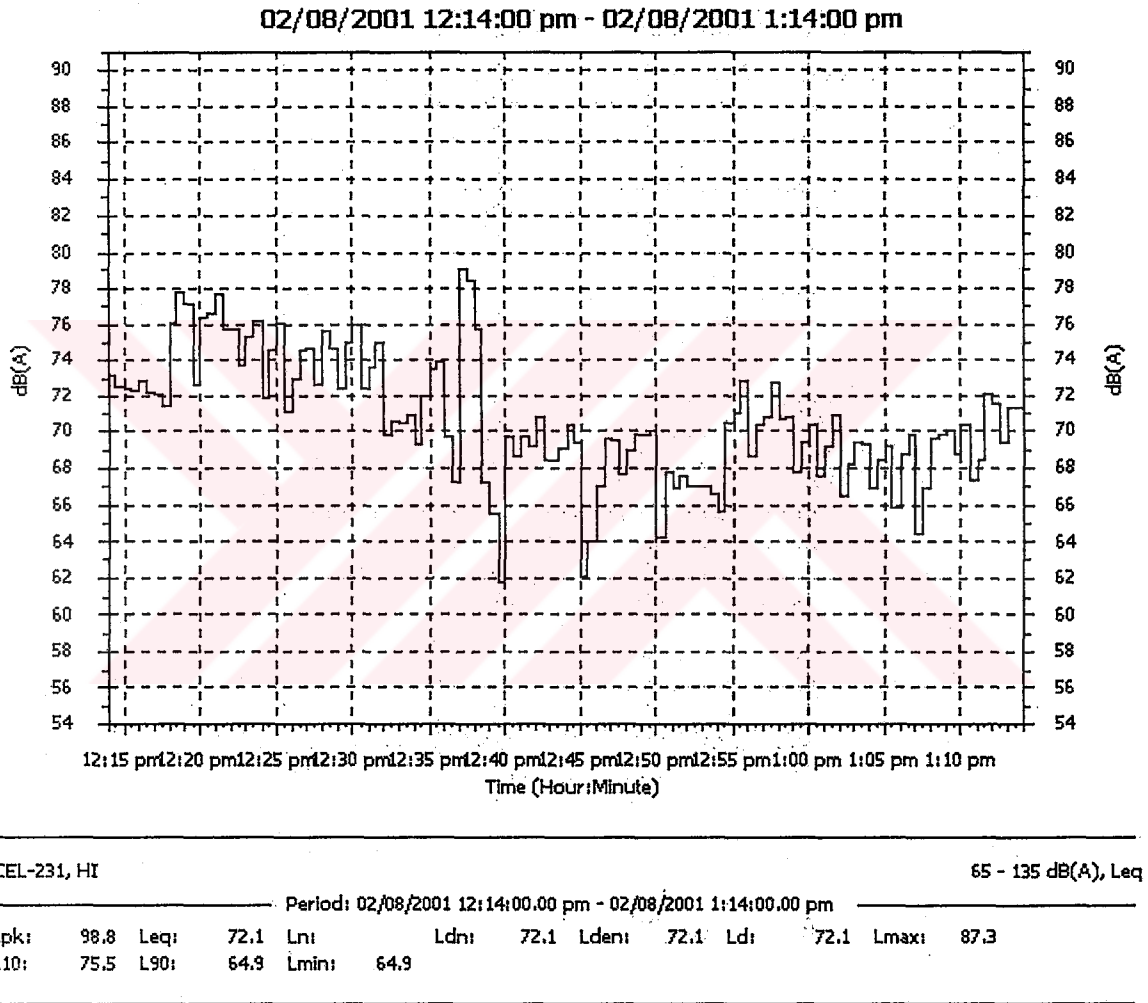
Lpk:	122,2	Leq:	75,5	Ln:	Ldn:	75,5	Lden:	75,5	Ld:	75,5	Lmax:	103,6	L10:	78,5
L90:	64,9	Lmin:	64,9											

Created by Jade 2.44 for Gazi University, The Dept. of Mechanical Engineering

Şekil 5.7. Bilkent Kavşağı Alışveriş Merkezi Önü(11:00-12:00)

Şekil 5.6, 5.7'de ölçüm sonuçlarına göre L_{dn} değeri 73,7 ve 75,5 dBA olarak bulunmuştur. Bu değerler ölçüm alınan alanda gürültü düzeyinin, Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen izin verilebilir gürültü düzeylerini aştığı gözlenmiştir. Göreceli olarak yüksek olmasına karşın, ölçümlerin kavşağa daha yakın bir noktadan alındığı göz önünde bulundurulduğunda ve trafik kompozisyonunda göreceli gürültülü araçlar bulunması dikkate alındığında bu değerlerin kabul edilebilir sınır değerlerde olduğu görülür.

Gündüz gece seviyesinde bütün gündüz dilimi veya bütün gece dilimi değerlendirildiğinden bir saatlik bir zaman diliminde uluslararası kabul edilebilir sınır değerlerin aşılmış olması o kadar mühim değildir.

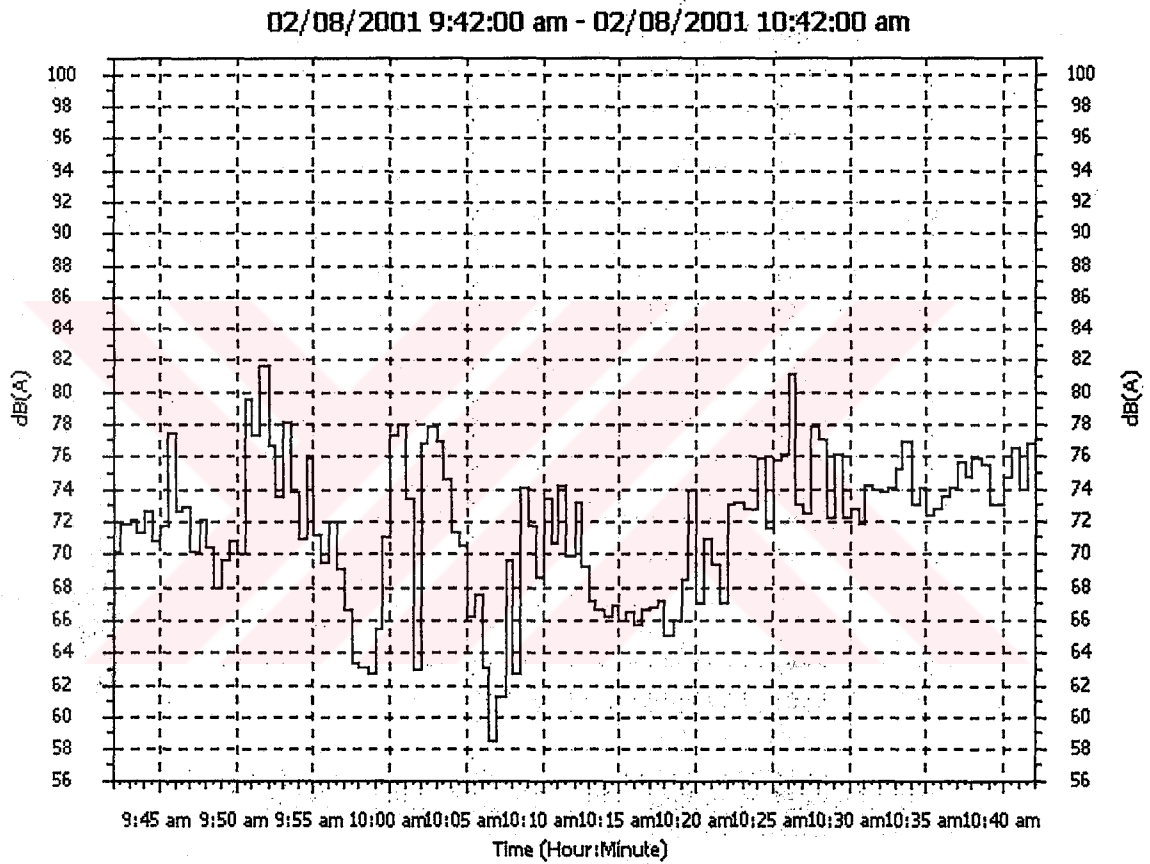


Created by Jade 2.44 for Gazi University, The Dept. of Mechanical Engineering

Şekil 5.8. Bilkent Kavşağı Alışveriş Merkezi Önü(12:15-13:15)

Bilkent kavşağı Bilkent Alışveriş Merkezi Önünde yapılan ölçümlerde Şekil5.8' de de görüldüğü gibi Eşdeğer gürültü seviyesi (Leq) 72.1 dBA dır. Maksimum gürültü seviyesi ise 87.3 dBA olduğu gözlenmiştir. Ölçüm alınan

alanda gürültü düzeyinin, Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen izin verilebilir gürültü düzeylerini aştığı gözlenmiştir.



CEL-231, HI

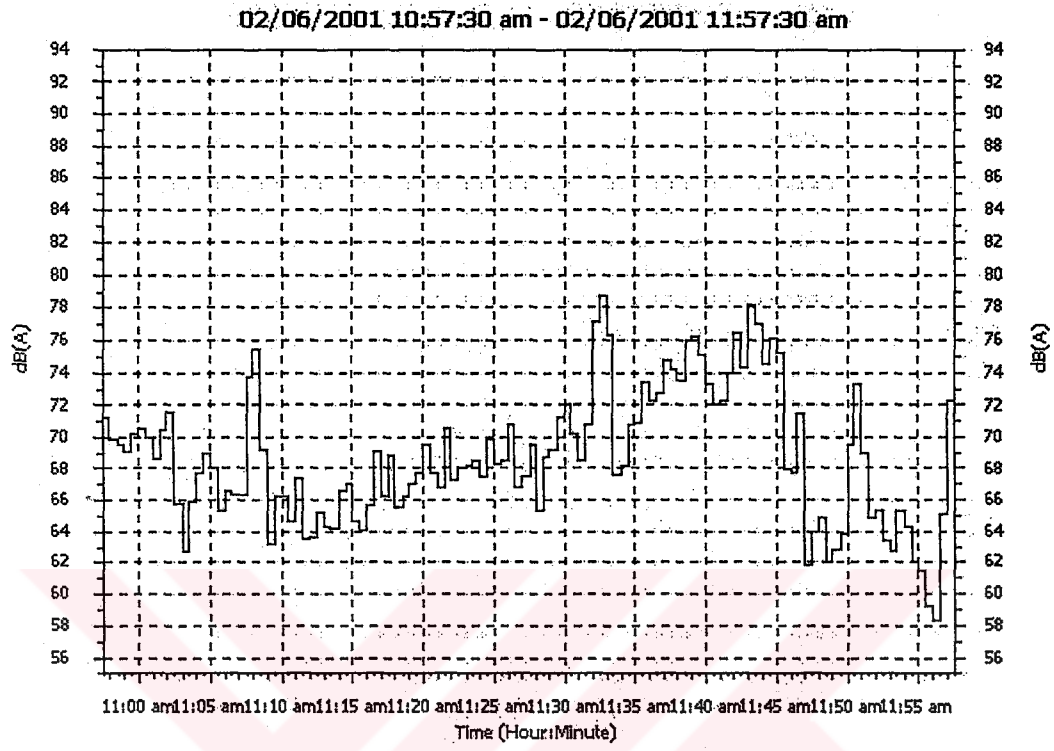
65 - 135 dB(A), Leq

Period: 02/08/2001 9:42:00 am - 02/08/2001 10:42:00 am

Lpk:	112.7	Leq:	73.6	Ln:		Ldn:	73.6	Lden:	73.6	Ld:	73.6	Lmax:	96.7
L10:	76.7	L90:	64.9	Lmin:	64.9								

Created by Jade 2.44 for Gazi University, The Dept. of Mechanical Engineering

Şekil 5.9. Bilkent Kavşağı Toplu Konut Sitesi Önü(9:40-10:40)



CEL-Z31, HI

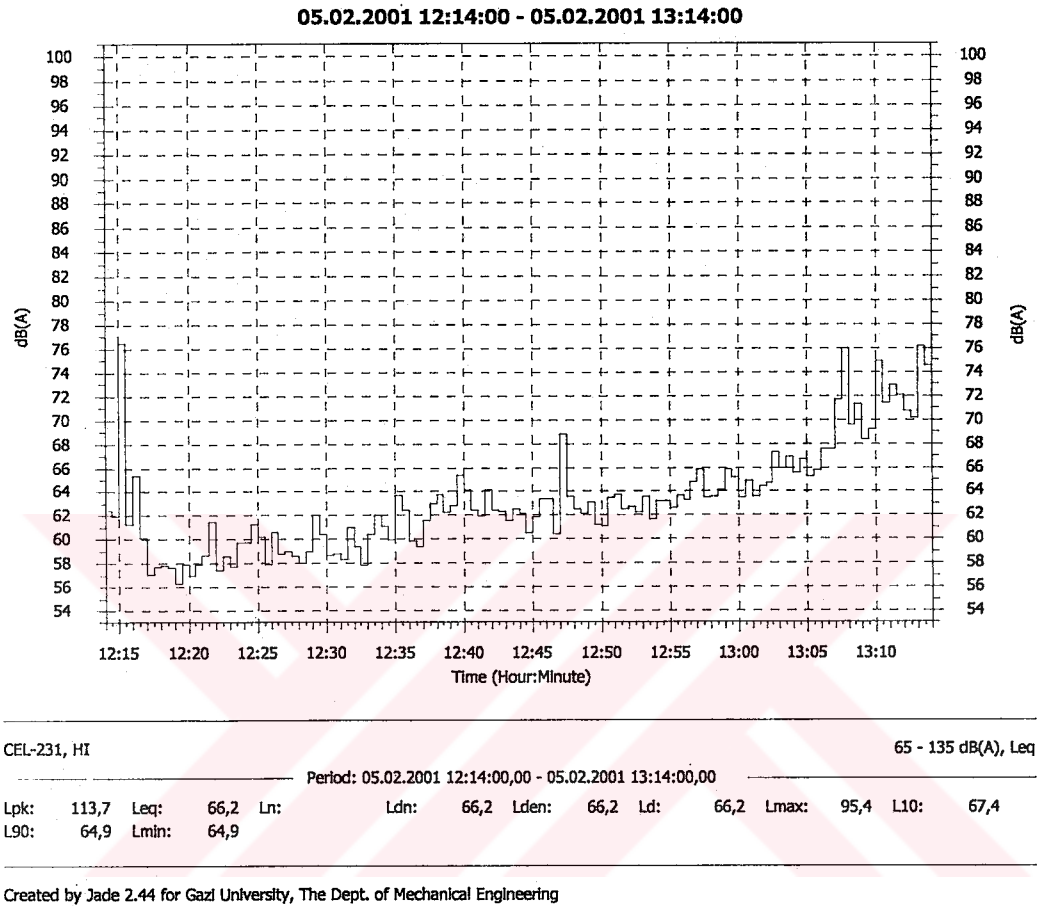
65 - 135 dB(A), Leq

Periöd: 02/06/2001 10:57:30.00 am - 02/06/2001 11:57:30.00 am

Lpk: 105.4 Leq: 70.8 Lni: Ldni: 70.8 Lden: 70.8 Ld: 70.8 Lmax: 91.8
 L10: 74.1 L90: 64.9 Lmin: 64.9

Created by Jade 2.44 for Gazi University, The Dept. of Mechanical Engineering

Şekil 5.10. Bilkent Kavşağı Toplu Konut Sitesi Önü(11:00-12:00)



Şekil 5.11. Bilkent kavşağı Toplu Konut Sitesi Önü(12:15-13:15)

Bilkent kavşağı Toplu Konut Siteleri önünde yapılan ölçümlerde şekil 5.9, 5.10, 5.11.'de de görüldüğü gibi Eşdeğer gürültü seviyeleri (Leq) 73.6, 70.8, 66.2 dBA dır. Maksimum gürültü seviyeleri ise 96.7, 91.8, 95.4 dBA olduğu gözlenmiştir. Ölçüm alınan alanlarda gürültü düzeyinin, Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen izin verilebilir gürültü düzeylerini aştığı gözlenmiştir.

Uluslararası standartlarda yaşanabilecek çevre için gürültü üst sınır değerinin 65 dBA'dan yüksek olmaması gerektiği belirtilmiştir. Yapılan ölçümlerin bir saatlik eşdeğer ortalamasının sonucunda herhangi bir karayolu ulaşım gürültüsü problemi yok gibi görünmesine rağmen yolların tam kapasite kullanılması durumunda ve gün

boyu yapılacak hesaplamalarla gerçek durumlar ortaya çıkacaktır. Karayolu ulaşımının neden olacağı çevresel gürültü detaylı olarak ölçülmeli ve bu ölçüm sonuçları ile uyumlu modellemeler yapılarak hem günümüzdeki hem de gelecekteki karayolu etrafı için gürültü haritaları oluşturulmalıdır (Aktürk vd., 1998, 2000). Gürültü haritalarının oluşturulması için bölgede düzenli ölçümlere ihtiyaç vardır. Gelecekte 65 dBA sınır değerinin aşılabileceği düşünülerek gürültüye maruz kalan bölgeler için uluslararası standart olarak kabul edilen aşağıdaki önerilere göre planlama yapılmalıdır.

- *A Bölgesi* (75 dBA ve üzeri); Bu bölgede yalnızca kara ulaşımıyla ilgili inşaatlara izin verilmeli, fakat bina içindeki gürültünün 42 dBA'yı geçmemesi için uygun yalıtım yapılmalıdır.
- *B Bölgesi* (70 dBA-75 dBA arası); Bu bölgede inşaatlar sınırlandırılmalıdır. Tarımla ilgili konut ve üretim binalarına, bina içi gürültüsünü yerin türüne göre 35 dBA'ya kadar indirecek yalıtım yapılması şartıyla, izin verilebilir. Bu bölgede ayrıca sanayi bölgelerinde yer bulamayan sanayilere izin verilebilir. Bu durumda da bina içi gürültüsünü yerin türüne göre 35 dBA'ya kadar indirecek şekilde yalıtım yapılmalıdır.
- *C Bölgesi* (65 dBA-70 dBA arası); Bu bölgede toplu konut, eğitim yapıları, sağlık yapıları, dinlenme tesisleri ve huzurevi gibi yapılara izin verilmemelidir. Bu bölgede inşaat yapılırsa yalıtım yapılması zorunlu tutulmalıdır(23).

Karayolu gürültüsünden gelen şikayetler, yol kenarına yeni inşa edilmiş evlerin sahipleri tarafından gelmektedir. Birçok karayolu yapılırken önce boş alanlar kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra zaman içerisinde bu alanlar dolmakta ve karayolları çevresinde yerleşim birimleri oluşturulmaktadır. Arazinin daha planlı kullanılması halinde gelecekte çıkabilecek sorunların önüne geçilmesi mümkündür. Bu tür bir kontrol yerleşimde ilerlemeye engel olmayacaktır ancak binalar ve yollar arasında makul boşluklar bırakılması gerekmektedir. Gürültüye karşı daha az hassasiyeti bulunan ticari binalar karayolunun yakınına inşa edilirken insanların yaşamakta olduğu evler daha uzağa inşa edilmelidir (24).

Karayollarına ek birimler yapılırken planlamanın ön safhalarında ilgili birimler tarafından ses ölçümleri yapılır. Bu uygulamanın amacı projenin ileride bir gürültü problemi yaratıp yaratmayacağını saptamaktır. İlk olarak, mevcut karayolunda gürültü seviyeleri ölçülür veya bilgisayar tarafından modellenir. Daha sonra proje uygulandığı takdirde oluşabilecek gürültü seviyesi tahmini yapılır. Eğer tahmin edilen gürültü seviyeleri belirlenmiş gürültü sınırlarını aşıyorsa bunun tersini sağlayacak çözümler üretilmeye başlanır. Bu konuda farklı çözümler düşünülebilir.

Tampon bölge, karayolunun kenarında bırakılmış boş alanlara verilen isimdir. Karayolu yapımı sırasında bu tür tampon bölgeler oluşturulabilir. Hatta bu arazilerde ikamet izni verilmemektedir. Karayolunun hemen yanbaşıda ev yapılması mümkün olmadığından, trafik gürültüsünün evlere ulaşmasının bir miktar önüne geçilmiş olur. Yol kenarında tampon bölge bırakmanın bir başka iyi yanı ise yol kenarı düzenlemesinin ve görünümünün daha kolay olmasıdır. Yinede bu yöntemde aksayan yönler bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; yol yapımıyla birlikte çevresindeki arazinin bir kısmı da boşa gitmektedir. İkincisi; bazı hallerde yol kenarında zaten yerleşmiş olan yerleşim birimleri bulunmaktadır. Bu durumda yapılabilecek tek şey, yolu yerleşim birimi dışına, uzağa bir yere taşımaktır.

Yerleşim birimi ve karayolu arasında tampon (boş) bölge bırakılmak suretiyle gürültünün insanları rahatsız etmesi bir miktar engellenebilir.

Bir diğ er çözüm ise yol kenarına gürültü bariyerleri yerleştirmektir. Böylelikle evler ve yol arasında yol boyunca bir engel oluşturulmuş olacaktır. Etkili gürültü bariyerleri trafik gürültüsünü yarı yarıya düşürerek, 10-15 dB civarında bir azalma sağlayabilmektedirler. Bariyerler tepecik veya yol boyunca yatay duvar şeklinde oluşturulabilir. Tepecik halinde konulan bariyerler daha doğal ve güzel görünmektedirler. Bunun yanısıra yüksek yapılması gerektiğinde çok alana ihtiyaç duyarlar. Duvarlar ise daha az yer kaplar. Yapısal ve estetik açıdan duvarlar genellikle azami 7.5 m yüksekliğe kadar yapılabilir. Duvarın malzemesi ağaç, duvar sıvası, beton, taş, metal veya benzeri bir malzeme olabilir. Malzeme seçimi genellikle çevreyle uyumlu olacak ve güzel görünecek şekilde seçilir.

Tüm bunların yanı sıra bariyer yapımında bir takım kısıtlamalar bulunmaktadır. Bariyerin işe yarayabilmesi için yeterince yüksek ve sesi bloke edebilecek kadar uzun olması gerekmektedir. Yine bariyerler, tepede bulunan evler ya da bariyerden yüksekte bulunan kısımlar için çok etkili olamamaktadır. Yoldaki kesişme noktalarını ya da virajların diğer kesimlerinin görülebilmesi için bırakılması gereken boşluklar bariyerlerin sağlamış olduğu avantajı ortadan kaldırmaktadır. Bazı bölgelerde ise evler çok dağınık yerleşmiş olduğundan maliyeti aşacağı gerekçesiyle bariyer kullanılamamaktadır.

Ağaçlandırma ise gürültüyü önlemenin bir başka yoludur. Eğer yapılan ağaçlandırma yeterince yüksek, yeterince geniş ve yeterince sık ise gürültü engellenmiş olur. 75 metrelik bir alanda sıkça yapılan ağaçlandırma gürültüyü 10 dB azalma sağlayabilir. Bu da mevcut gürültünün yarısına indirildiği hissini oluşturur. Ne yazık ki, yoldan gelen gürültünün bu şekilde engellenmesi kullanışlı bir yöntem değildir. Yani yol kenarı boyunca yeterli sayıda ve istenilen boyutlarda ağaçlar yetiştirilmesi, maliyet ve zaman açısından kayıp olarak görülebilir. Bunun yanı sıra yol yapılırken çevredeki mevcut ağaçlar korunması halinde gürültünün engellenmesi söz konusu olabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yapılan ölçümler ve bunların analizi sonucunda, Bilkent Kavşağı'nın çevresindeki üç değişik noktadaki mevcut trafik gürültüsünün üç değişik zaman dilimi için ölçülmesi gerçekleştirildi, ölçüm gürültü düzeylerinin, Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen izin verilebilir gürültü düzeylerini aştığı gözlenmiştir.

Gürültü kaynakları incelendiğinde; açık alanlarda trafik gürültüsü ve buna bağlı olarak araçların çıkarmış olduğu gürültüden kaynaklanmaktadır. Karayolu ulaşım gürültüsünün günümüzde insan sağlığını tehdit eden boyutlara ulaşması nedeniyle, özellikle yerleşim merkezlerinde trafik yoğunluğunun olduğu yerlerde gürültü değerlerinin, hem ölçümlerle hem de modellerle tespit edilmesinin ve gürültü haritaları çıkarılarak bunların hem trafik planlamasında hem de kara kullanımında kullanılmasının önemi vurgulanmıştır.

Ana gürültü kaynağı olan trafik gürültüsünü önlemenin yolu; özellikle taşıtların standartlara uygun olarak sessizleştirilmesi, klaksonlarının sıkı bir şekilde kontrol edilmesi sağlanmalıdır. Gürültünün kaynaklarında kontrol edilmesi mümkün olmuyorsa, başvurulacak yöntem; gürültünün yayıldığı çevrede alınabilecek önlemlerdir. Bu önlemlerden en önemlisi; Kavşak çevresinde yüksek frekanslarda 40 dB'e kadar ses azaltımı sağlayan yapay ses yutucu perdelerle çevrenmesi veya daha ucuz olması nedeniyle, ağaçların kavşak kenarlarına perde olarak dikilmesidir .

KAYNAKLAR

1. Güney, A., "Taşıt Gürültüsü Ölçümü ve Yönetmelikleri", *I Ulusal Mekanik Sempozyumu*, s 151-160, İTÜ, İstanbul (1994).
2. Toprak, R. ve Aktürk, N., "Raylı Ulaşım Sistemlerinin Neden Olduğu Gürültü ve Çevresel Etkileri", *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 417, pp. 33 – 38 (2002).
3. Toprak, R. ve Aktürk, N., "Raylı Ulaşım Sistemlerinin Neden Olduğu Çevresel Gürültü" *TMMOB Makine Mühendisleri Odası*, İstanbul'da Kent İçi Ulaşım Sempozyumu, 28-29-30 Haziran İstanbul (2001).
4. Aktürk, N., "Havalimanlarının Neden Olduğu Çevresel Gürültünün Kara Kullanımında Dikkate Alınması", TMMOB Makine Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, *Ankara'da Kentleşme Ve Yerel Yönetimler Sempozyumu*, 22 – 23 Haziran Ankara (2001).
5. Aktürk, N. ve Gümüşdağ, C. F., "Ankara Esenboğa Havalimanı'nın Neden Olduğu Çevresel Gürültünün Belirlenmesi", *4. Ulusal Akustik Kongresi*, sf. 77 – 91 , 29-31 Ekim Antalya, Kaş (1998).
6. Gülgeç, İ., "Ulaşımında Trafik Gürültüsü", İkinci Toplu Taşıma Kongresi, *Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü*, Ankara.
7. Beranek, L. L., *Noise Reduction, McGraw-Hill Book Co. Inc.*, ABD (1974).
8. Alexandre, A., *Road Traffic Noise*, New York-Wiley (1975).
9. Clifford R.B., *Noise Pollution, University of Pennsylvania Press*. (1971).
10. Özer, M. Yapı Akustiği ve Ses Yalıtımı, *Arpaz Matbaacılık*, s. 330, İstanbul (1979).
11. Magrab, E. B., *Environmental Noise Control, John Wiley & Sons* (1998).
12. Aktürk, N. ve Ünal, Y., "Gürültü, Gürültüyle Mücadele ve Trafik Gürültüsü", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bülteni*, Sayı 3, sf. 21-32. (1998).
13. Aktürk, N. ve Gürpınar, M., "Çevresel Ulaşım Gürültüsünün Trafik Planlaması Yönünden İncelenmesi", Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi*, 25-27 Nisan Maltepe, Ankara (2001).
14. Alexandre, A., *Road Traffic Noise*, New York-Wiley(1975).

15. Aktürk, N.; Ercan, Y. ve Durmaz, A., "İzmir Adnan Menderes Havalimanı'nın Sebep Olduğu Gürültünün Belirlenmesi", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, C. 13, No 2, Nisan, sf. 289-302, Ankara (2000).
16. Özen, M., Eroğlu, M. ve Aktürk, N. "Karayolu Kaynaklı Çevresel Trafik Gürültüsünün Modellenmesi Ve Gürültü Tahminleri", II. Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, *G. Ü. Mühendislik-Mimarlık Fak*, 25-27 Nisan , Maltepe, Ankara (2002)
17. Ataş, A.; Şahin, E.; Belgin, E. ve Aktürk, N., "Endüstriyel Gürültünün İşitme Eşikleri Üzerine Etkileri", *5. Ergonomi Kongresi, Milli Prodüktivite Merkezi, İ.T.Ü.*, pp. 261-269, İstanbul (1995).
18. Akalp, M.K.; Eroğlu, M. ve Aktürk, N., "Taşıtlardaki Kabin Gürültüsünün Yalıtımı", *Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi ve Fuarı* , 8-10 Mayıs Ankara (2002).
19. Çetin, İ.; Eroğlu, M. ve Aktürk, N., "Taşıt Motorlarının Neden Olduğu Gürültü", *Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi ve Fuarı* , 8-10 Mayıs Ankara (2002).
20. Öge, A.; Ögüt, T., "Bir otomobil egzost sisteminin iç performans analizi", *Dördüncü Ulusal Akustik Kongresi*, 29-31 Ekim , Kaş/Antalya (1998).
21. Bay, F. ve Güney, A., "Lastik-Yol Gürültüsü", *Dördüncü Ulusal Akustik Kongresi*, 29-31 Ekim , Kaş / Antalya (1998).
22. Aktürk, N.; Ercan, Y. ve Durmaz, A., "Muğla Dalaman Havalimanı'nın Neden Olduğu Çevresel Gürültünün Belirlenmesi", *10.Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu*, Selçuk Üniversitesi, 12-14 Eylül Konya(2001).
23. Canter, L.W. (Ed.), *Environmental Impact Assessment, McGraw-Hill*, ABD(1996).
24. Aktürk, N., "Havalimanlarının Neden Olduğu Çevresel Gürültünün Kara Kullanımında Dikkate Alınması", TMMOB Makine Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, *Ankara'da Kentleşme Ve Yerel Yönetimler Sempozyumu*, 22 – 23 Haziran Ankara (2001).

ÖZGEÇMİŞ

Murat ALKAN, 1973 yılında Kayseri’de doğdu. İlkokulu İstanbulda, ortaokulu Bulancak/Giresun’da, liseyi Kuleli Askeri Lisesi/İstanbul’da okudu. Harp Okulundan 1995 yılında Jandarma Teğmen olarak mezun oldu. Sırasıyla Tuzla Piyade Sınıf Okulu, Foça Jandarma Komando Okulu ve Jandarma Subay Okulunu bitirmeyi müteakip çeşitli jandarma kıtalarında kıta komutanlıkları yaptı. Halen Jandarma Okullar Komutanlığı Jandarma Meslek Yüksek Okulu Öğretim Başkanlığında öğretim görevlisi olarak görev yapmakta olup evli ve bir çocuk babasıdır.

