



## Motorlu Taşıt Emisyonları

### Gürültü Emisyonu

- Gürültü
- Azaltılması
- Yalıtımı

Prof. Dr. Selim ÇETİNKAYA


## Gürültü

- "İstenmeyen ses"
- Daha doğru tanımlama "insan sağlığına zararlı ses"
- Taşıt kullanıcılar ve ana yolların yakınlarında oturanlar, trafik ve taşıt gürültülerinden az veya çok şikayetçidirler.




## Gürültü...

- Fazla gürültü, işitme duyusunun kaybolmasından yüksek tansiyona kadar çeşitli şekillerde insan sağlığına zarar verebilir.
- Beklenilmeyen çok yüksek bir ses duyulduğu zaman kan basıncı artar, kalp daha hızlı çarpar, eller buz gibi olur, ağız kurur, mide yerinden oynamış gibi olur. Bu şiddetli tepkinin sonucu, sinir sistemi, kalp ve diğer organlarda belli bir gerginlik, yorgunluk ortaya çıkar.
- Gerginliğin devamlı ve sık yaşanmasının sonuçları, iç kulak sinirlerinin tahribi sonucu işitme duyusunun kalıcı olarak kaybolması, kalp hastalıkları, yüksek tansiyon, kolesterol artışı, ülsür, astım gibi çeşitli sinir ve mide hastalıkları biçiminde görülür.




## Gürültü...

- Geçici veya kalıcı işitme kaybı genellikle kısa süreli şiddetli tek bir sesin veya daha az şiddetli uzun süreli seslerin sonucudur.
- Kısa mesafeden gelen gürültüler uzaktan gelenlerden, gece duyulan gürültüler gündüz duyulanlardan daha zararlıdır.
- Çevre bilincinin artmasıyla hava kirliliğinin yanı sıra gürültü kirliliğini azaltma çalışmaları da hız kazanmıştır.
- Taşıt gürültülerini azaltmak amacıyla tasarım değişiklikleri yapılmakta ve gürültüyü yutacak malzeme kullanılmakta, yerleşimleri etkileyen gürültüyü azaltmak için de otoyol kenarlarına ses bariyerleri yapılmakta, gereksiz yere korna çalanlara ceza yaptırımlar uygulanmaktadır.

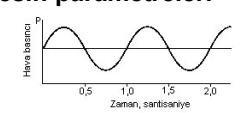


## Fiziksel özellikler

- Gürültü → Enerji
- Küresel olarak yayılır.
- Ses hızıyla yayılır.



## Sesin parametreleri



- Basınç dalgasının en basit tipi sinüs dalgasıdır.
- Ses dalgasının önemli parametreleri:
  - **Ses gücü:** Bir ses kaynağının birim zamanda verdiği ses enerjisi (J/s, W).
  - **Genlik (amplitude)** (veya ses şiddeti, basınç farklılıklarının ölçüsü) genellikle **desibel (dB)** cinsinden ölçülür.
  - **Periyot (τ)** İki dalga tepesi arasındaki zaman
  - **Frekans** (veya ses perdesi) saniyedeki çevrim (**Hertz – Hz**)  
 $f = 1 / \tau$
  - **Dalga boyu (λ)** sesin bir çevrimde (periyotta) katettiği mesafe  
 $\lambda = \tau \times c = c / f$ .
  - **Ses yoğunluğu (intensity)** Birim alana gelen ses gücü (watt/m<sup>2</sup>)

## Ses şiddeti (dB - desibel)

Ses düzeyi genellikle logaritmik desibel (dB) ölçeğiyle ölçülür.

**Desibel:** Ses düzeyini tanımlayan bir birimdir ve ses gücünün referans ses gücüne oranının 10 tabanına göre logaritmasının 10 katıdır.

$$\text{Desibel} = 10 \log (N / N_0) \quad \begin{array}{l} N : \text{Ölçülen güç, W} \\ N_0 : \text{Referans güç, W} \end{array}$$

$$10 \log (N / N_0) = 10 \log (P^2/P_0^2) = 20 \log (P/P_0)$$

Uluslar arası kabul edilen referans basınç 20 µPa, ses gücü düzeyi  $10^{-12}$  W ve ses yoğunluğu düzeyi  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup> dir, (ISO, 1963).

## Ses gücü

■ Ses gücü, sesin işitme başlangıç düzeyi ( $10^{-12}$  W) ile ilişkisini ifade eden ve "ses gücü düzeyi" (dB) olarak adlandırılan logaritmik bir ölçektir.

$$L_N = 10 \log (N / N_0)$$

- En düşük ses düzeyi, mükemmel işiten bir insanın ancak duyabileceği yaklaşık  $10^{-12}$  W, 0 dB ses gücüdür.
- Bir jet uçağının ses gücü yaklaşık 105 W, 170 dB ile en yüksek gürültülerden biridir.

## ÖRNEK

■ İki speakerden birincisinin çıkardığı sesin gücünün  $N_1$  olduğunu, diğerinin ise aynı sesi daha yüksek  $N_2$  gücü ile çıkardığını, diğer her şeyin (uzaklık, frekans) aynı olduğunu varsayalım.

■ İkisinin desibel farkı:

$$10 \log (N_2/N_1) = 0 \text{ dB}$$

■ İkinci birincinin iki katı güç üretirse, fark:

$$10 \log (N_2/N_1) = 10 \log 2 = 3 \text{ dB}$$

■ İkinci birincinin 10 katı güç üretirse, fark:

$$10 \log (N_2/N_1) = 10 \log 10 = 10 \text{ dB}$$

■ İkinci birincinin bir milyon katı güç üretirse, fark:

$$10 \log (N_2/N_1) = 10 \log 1\,000\,000 = 60 \text{ dB}$$

## Ses yoğunluğu

■ Ses yoğunluğu, birim alana etki eden ses gücüdür, W/m<sup>2</sup>.

■ Ses yoğunluğu ile referans ses yoğunluğu arasındaki ilişki "ses yoğunluğu düzeyi" (dB) ile ifade edilir:

$$L_I = 10 \log (I / I_0)$$

$I$  : Ses yoğunluğu, W/m<sup>2</sup>

$I_0$  : Referans ses yoğunluğu,  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>

## ÖRNEK

■ Referans ses yoğunluğuna göre 15 W/m<sup>2</sup> kaç dB eder?

## ÇÖZÜM:

Referans ses yoğunluğu  $I_0 = 10^{-12}$  W/m<sup>2</sup> alınırsa;

$$L_I = 10 \log (I / I_0)$$

$$L_I = 10 \log (15/10^{-12})$$

$$L_I = 131,18 \text{ dB}$$

## Ses basıncı

■ Ses basıncı, sese dik birim yüzeye etki eden ses kuvvetidir, N/m<sup>2</sup> (Pa).

■ Ses basıncı ile referans ses basıncı arasındaki ilişki "ses basınç düzeyi" ile ifade edilir:

$$L_p = 10 \log (P^2/P_0^2) = 10 \log (P/P_0)^2 = 20 \log (P / P_0)$$

$L_p$  : Ses basınç düzeyi, dB

$P$  : Ses basıncı, Pa

$P_0$  : Referans ses basıncı,  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa

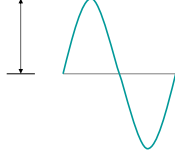
Hatırlatma:

$$\log(P^n) = n \log(P)$$

• Basınç iki katına çıkarsa, ses basınç düzeyi 6 dB ( $20 \log 2$ ) artar.

## Ses basıncı...

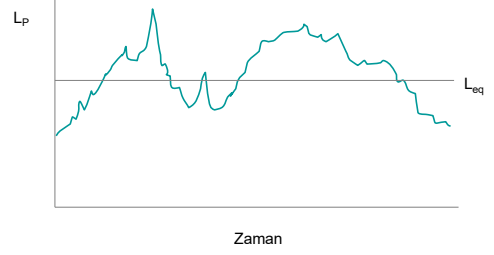
Ses basıncı, Pa (N/m<sup>2</sup>)



Kullanımla ilgili problemler:

- Geniş aralık
- İşitme sınırı = 0,00002 Pa
- Ağrı sınırı = 200 Pa
- Ortalama...?

## Eşdeğer gürültü düzeyi



$L_{eq}$  (Eşdeğer gürültü düzeyi): Ölçme süresince (8 h) ölçülen A-skalası gürültü düzeylerinin ortalaması

## ÖRNEK

Aşağıdaki koşullarda ses basınç düzeyi kaçtır?

- İşitme sınırı,  $P_0 = 20 \mu\text{Pa} = 0,00002 \text{ Pa}$
- Ağrı sınırı,  $P = 200 \text{ Pa}$

## ÇÖZÜM

İşitme sınırında

$$L_p = 10 \log (P^2/P_0^2)$$

$$L_p = 10 \log (0,00002^2/0,00002^2)$$

$$L_p = 0 \text{ dB}$$

Ağrı sınırında

$$L_p = 10 \log (200^2/0,00002^2)$$

$$L_p = 140 \text{ dB}$$

## Ses basıncı...

### Ses basıncı düzeyleri

~ İşitme başlangıcı	0	dB
~ Hışırdayan yapraklar, 1m	30	dB
~ Normal konuşma	55-60	dB
~ Geçen otomobil, 4,5 m	70	dB
~ Elektrik süpürgesi, otoyol trafiği	80	dB
~ Geçen kamyon, 15 m	90	dB
~ Snowmobil	100	dB
~ Zincir testere	110	dB
~ Rock konseri	120	dB
~ Ağrı başlangıcı	130-140	dB
~ Uçağın kalkışı, 30 m	130-150	dB
~ Maytap	150	dB
~ Av tüfeği	170	dB

## Genlik ve frekans

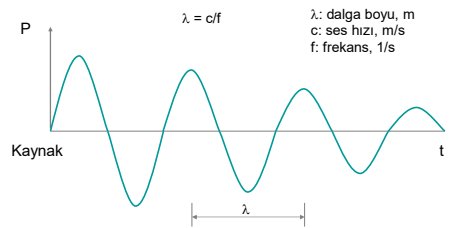
■ Genlik ve frekans birbirinden farklıdır. İki sinüs eğrisi aynı frekansa fakat farklı genliğe ya da tersine sahip olabilir.



Genlikleri farklı iki sinüs dalgası

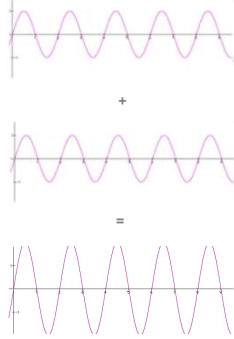
Frekansları farklı iki sinüs dalgası

## Dalga boyu



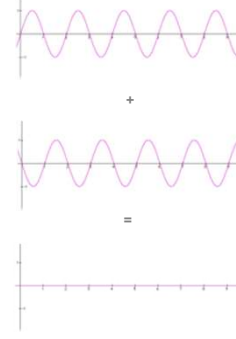
### Dalgaların toplanması

■ Pozitif karışma



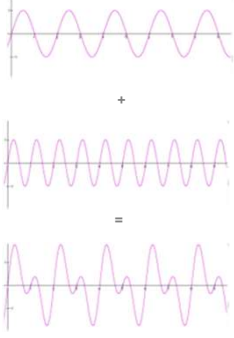
### Dalgaların toplanması...

■ Negatif karışma

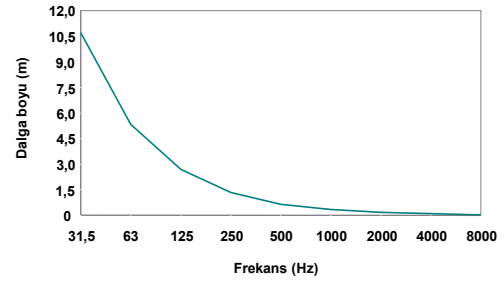


### Dalgaların toplanması...

■ Ritim üreten karışma

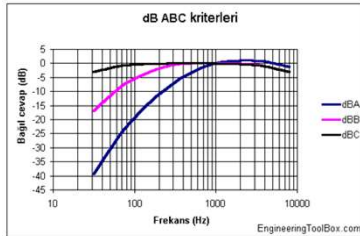


### Dalga boyu frekans ilişkisi



### Desibel ABC skalaları

- Ses ölçümünde insan kulağı önemlidir. İnsan kulağı sadece 1 – 4 kHz aralığındaki sesleri algılayabilir, diğer çok yüksek ve çok düşük frekanslı seslere duyarsızdır. Algılanamayan seslerin insan kulağı algı düzeyine uyarılabilmesi için filtreler kullanılır. Yaygın olarak kullanılan filtreler:
  - dB(A) ~ insan kulağının frekans cevabını karşılayan düzey
  - dB(B)
  - dB(C)



### Desibel ABC skalaları

- Tipik sağlıklı kulak işitme aralığı 15 Hz ... 20 000 Hz dir.
- Düşük frekanslara karşı insan kulağının yaptığı gibi ayırımı yapmak için, insan işitme hassasiyetine göre düzenlenmiş logaritmik **dB(A)** skalası kullanılır.
- **dB(A)**: Ses düzeyi metresinde A-ağırlıklı filtre ağı kullanılarak, desibel cinsinden ölçülen ses basınç düzeyi
- **A-ağırlıklı filtre**, insan kulağına karşılık gelen frekansa benzer biçimde sesin çok düşük ve çok yüksek frekans elemanlarını dikkate almayan ve gürültünün reaksiyonları ile iyi bağıntı kuran ses filteresidir.

## Desibel(A) skalası...

### Örnek - dB(A) ölçümü

- Ses basıncı değişik oktavlarda ölçülmüşse sonuç dB(A) ses basıncı logaritmik toplama ile hesaplanabilir.

Oktav	1	2	3	4	5	6	7	8
Ölçülen ses basınç düzeyi (dB)	54	60	64	53	48	43	39	32
db(A) filtresi (dB)	26	16	9	4	0	-1	-1	1
Sonuç ses basınç düzeyi (dBA)	28	44	55	49	48	44	40	31

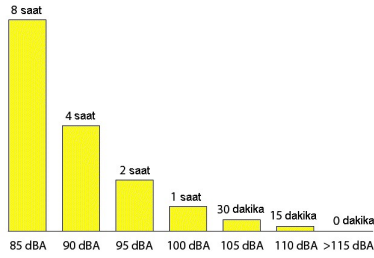
## Gürültü kirliliği...

Alan kullanım kategorisi	Dış ortam gürültüsü L <sub>dn</sub> * dBA					
	55	60	65	70	75	80
Konutlar, oteller, moteller						
Dış spor alanları, piknik alanları, seim parkları ve oyun alanları						
Okullar, kütüphaneler, müzeler, hastaneler, bakım evleri, toplantı salonları, camiler						
Ticari ve profesyonel büro binaları						
Oditoryumlar, konser salonları, amfityatrolar						

\* L<sub>dn</sub>: 24 saatlik bir günde, gece 22.00 ile sabah 7.00 arasında ölçülen değerlere 10 desibel eklendikten sonra elde edilen ortalama gürültü düzeyi

## Gürültü kirliliği...

- Müsaade edilebilir gürültü sınırları



Leq (8 h) ≤ 75 dB(A) ihmal edilebilir risk düzeyidir. Bunun üzerinde, gürültünün sebep olduğu kalıcı işitme kaybı riski artar.

## Taşıt gürültüsü

- Gürültü ve titreşim**, taşıtın toplam ahenginde önemli bir rol oynar.
- Taşıtların, sürücü ve yolcuların beklentilerini karşılayacak konfor ve zevkli ortamı sağlaması beklenir.
- Taşıt gürültüsü ve titreşimleri** şu iki grupta değerlendirilebilir:
  - Dış ortam (yol) gürültüsü
  - Taşıt içi gürültü
- Dış ortam gürültüsü, tüm taşıtların toplam dış gürültüsünü ve tek taşıtın dış gürültüsünü hedefler.
- Özellikle yoğun yerleşim alanlarında egzoz gazları ve gürültü emisyonlarına bağlı kirlilik ciddi bir problemdir.
- Güncel uygulamada sadece taşıtın hızlanma sırasındaki dış geçiş gürültü düzeyi yasal olarak sınırlanmaktadır.

## Taşıt içi gürültü

- Taşıtlar giderek daha sessiz hale geldikçe, kullanıcıların akustik konfor duyarlılığı da artmıştır.
- Taşıt içi ses kalitesi, son yıllarda akustik mühendislerinin önemli uğraşlarından ve taşıt imalatçılarının amaçlarından biri haline gelmiştir.
- Taşıtın kendinden kaynaklanan gürültülerin yanı sıra, yol gürültüleri de taşıtın hemen hemen her parçasından içeri alınmaktadır.

## Taşıt içi gürültü...

- Taşıt içi önemli gürültü kaynakları şunlardır:
  - Motor gürültüsü
  - Emme gürültüsü
  - Egzoz gürültüsü
  - Aksesuar gürültüleri
  - Müzik seti gürültüsü
  - Isıtma-havalandırma ve klima sistemleri gürültüsü
  - Dış aerodinamik gürültü
  - Fren gürültüsü
  - Yol gürültüsü

## Taşıt içi gürültü...

- Hızlanma, sürüş ve kullanım sırasında çıkan taşıt gürültüsü, mühendislik hedefleri açısından şu iki grupta değerlendirilebilir:
1. Normal sürüş koşullarında hissedilmemesi gereken elemanlar:
    - Transmisyon, vites, klima kompresörü, alternatör, yakıt pompası, tekerlekler, güç direksiyonu, vb.
  2. Rahatsız etmeyecek düzeyde gürültü çıkarması beklenen elemanlar:
    - Motor, kapı kapama, koltuk ayarlayıcısı, otomatik camlar, cam sileceği
    - Yol ve rüzgâr gürültüsü

## Motor gürültüsü

- Motorlu taşıtların en önemli gürültü kaynağı motordur.
- Gürültü aerodinamik etkilerin, yanmanın oluşturduğu kuvvetlerin veya dönen ya da salınan motor parçalarının mekanik uyartımlarının sonucu olabilir. Buna göre motor gürültü kaynakları şöyle gruplandırılabilir:
  - Egzoz sistemi
  - Emme sistemi
  - Vantilatör ve soğutma sistemi
  - Motor bloğu yüzeyi
- Özellikle diesel motorlarında yanmadan kaynaklanan titreşimler motor gürültüsünün en önemli kaynağıdır.
- Motorların pazarlanmasında yüksek motor performansı, yakıt ekonomisi ve güvenilirliğinin yanı sıra motor gürültüsü de önemli bir faktör haline gelmiştir.
- **Gürültü genellikle kalite ile ilişkilendirilir.** Sessiz ve düzgün çalışan bir motor, sert ve kötü sesler çıkaran motora tercih edilmektedir.

## Motor gürültü azaltımı

- **Motor gürültü azaltımı uygulamaları:**
  - Daha rijit silindir bloğu
  - Ofset piston
  - Zaman dişlisi olarak sessiz veya düşük gürültülü zincirler
  - Oldukça rijit krank mili
    - İkinci derece balans mekanizması
    - Hafif krank kasnağı
  - Daha rijit külbütör kapağı ve zaman dişli muhafazası
  - Motor haznesinde akustik malzeme kullanımı
  - Blokta alt karter arasında ses yalıtıcı kullanımı
- **Emme gürültüsünün azaltılması**
  - Büyük hacimli hava filtresi
  - Büyük hacimli ana rezonatör odası
- **Egzoz gürültüsünün azaltılması**
  - Çift susturucu (rezonatör)

## Motor gürültü azaltımı...

- Motor gürültüsü, tasarım çalışmalarıyla, ses yutucu malzemeler veya akustik levhalarla azaltılmaktadır.
- DI diesel motorlarda kullanılan yeni yanma sistemleriyle yanma gürültüsü 8 dB kadar, toplam motor gürültüsü de yakıt sistemi ve diğer kaynakların (susturucu emme manifoldu, titreşim sönmülemeli malzemeden yapılan külbütör kapağı, alt karter ve alt karter lastik bölmeleri) katkısıyla 2-3 dB kadar azaltılmış, IDI ile karşılaştırılabilir duruma gelmiştir.
- Yakıt enjeksiyon karakteristiklerinin optimizasyonu (pilot enjeksiyon, kademeli enjeksiyon, zamanlama, ana ve pilot enjeksiyon hacimleri ve yakıt basıncı) ve EGR, silindir basıncı artışı ve motor gürültüsünü azaltmakta, benzin motorunununkine yaklaşmaktadır.
- Piston piminin ofset yapılması pistonun rölanti ve tam yük - yüksek hız çarpma gürültüsünü azaltmaktadır.
- Türboşarjör gürültüsü de yeni geliştirilen değişken nozul geometrisiyle azaltılabilmektedir.

## Taşıt ve yol gürültüleri

- Karayolu taşıtlarının temel gürültü kaynaklarından biri de taşıt ile yol ve hava arasındaki sürtünme temasıdır (tekerlek ve lastikler, rüzgâr).
- Genellikle 100 km/h'in üzerindeki otoyol sürüşünde yolla temas gürültüsü baskındır.
- Trafik gürültü düzeyi esas olarak şu faktörlere bağlıdır:
  - Trafik akış oranı
  - Taşıt hızları
  - Trafikteki taşıt çeşitleri (ağır taşıtlar ve motosikletler otomobillerden yaklaşık iki kat daha gürültülü)
- Özel problemler daha çok trafik ışıkları, tepeler ve kesişen yollarda ortaya çıkmaktadır.

## Taşıt ve yol gürültüleri...

Otomobil gürültüsünün önemli kaynakları ve katkı yüzdesi



Gürültünün kaynağı	Katkı yüzdesi
Motor	23-30
Egzoz sistemi	25-35
Emme sistemi	05-15
Fan ve soğutma sistemi	07-15
Transmisyon sistemi	12-15
Tekerlekler	10-15

## Gürültü...

- Trafikteki başlıca gürültü kaynakları
- **Sürücü davranışı**
  - Taşıtın nasıl sürüldüğü gürültü emisyonunu kuvvetle etkiler.
- **İyi ayar**
  - Taşıtlar, servisleri iyi yapılmadığında ve özellikle orijinal yedek parça kullanılmadığında, imalatçının tasarladığından daha gürültülü olabilir.
- **Trafik yönetimi**
  - Geliştirilmiş (iyi düzenlenmiş) trafik akışı gürültüyü azaltır.
- **Yol yüzeyi**
  - Değişik yol yüzeylerinin (şose/asfalt/beton) gürültü düzeyleri farklıdır.



## Taşıt ve yol gürültüleri...

- Karakteristik motor freni gürültüsü, yokuş yakınlarında, otoyal çıkışlarında ve bazı virajların yakınlarında ortaya çıkmaktadır.
- Çalışmalar motor freni gürültüsünün ivmelenme sırasındakine yakın düzeyde olduğunu göstermektedir.
- Gürültünün temel sebeplerinden biri de uygunsuz, kusurlu veya kötüleşmiş susturucu kullanmaktır. "Düz baca" (susturucu yok) egzoz sistemli taşıtların gürültü düzeyi, orijinal ekipman susturucularından 16 ... 22 dB(A) kadar daha yüksektir.

## Taşıt ve yol gürültüleri...

- Oto imalatçıları taşıt maliyetini azaltmak için ağırlığını azaltmakta, bunun için de daha ince sac ve fiberglas, plastik, kompozit gibi malzemeler, iç kısımlarda hafif kumaşlar ve ince halılar kullanmaktadır.
- **Hafif metaller:** Kapı panelleri, yan paneller, taban sacı, gövde, vb. daha ince malzemelerden yapılmakta ve bu da yol gürültülerinin bloke edilmesini olumsuz etkilemektedir. Lüks otolarda daha ağır yapısal metal kullanımı sebebiyle içeriye alınan yol gürültüsü daha azdır.
- **Plastik paneller:** Yeni taşıtların iç kısımlarında plastik paneller kullanılmakta, plastik de (özellikle göstergeler bölgesi) sesi iyi bloke edememektedir. Eski taşıtlarda kullanılan iç panel ile metal gövde arasındaki yalıtıcı köpüğün yerine şimdi sadece plastik iç paneller kullanılmaktadır.
- **Pencereler:** Yol gürültüsünün diğer bir giriş yolu camlardır. Cam, bir kısım sesi bloke etmekte, lastik fitiller, lastik döküm pencere montaj elemanları ve çerçeve, gürültü iletiminde esas rolü oynamaktadır. Üstü açılan (convertible) otoların bazılarında pencere çerçevesi bile bulunmamaktadır.

## Taşıt ve yol gürültüleri...

- Oto imalatçıları yol gürültüsünü azaltmak için gövde içine ince bir bütül lastik ses yalıtıcı yerleştirmektedir. Döşeme halısının kenarından kaldırılacak olursa, aracın metal gövdesi yerine bu siyah renkli kaplama malzemesi görülebilir.
- Bütül lastik yalıtkan, motor, direksiyon ve transmisyon sistemlerinin gürültülerini önemli ölçüde absorbe etmekte, ancak yanlarda, kapılarda ve tavanda kullanılmamaktadır.

## Taşıt gürültü standartları

Taşıt sınıfı	Gürültü düzeyi*, dBA		
	Mevcut	1 Haz 2003	1 Nisan 2005
2-tekerlekli : 80cc'ye kadar 80 cc'den 175cc'ye kadar 175cc'den fazla	80 (benzin) 82 (diesel)	75 77 80	
3-tekerlekli : 175cc 'ye kadar 175cc'den fazla	82 (benzin) 85 (diesel)	77 80	
Otomobiller	82	75	74
Ticari taşıtlar : 4 tona kadar azami yükü ağırlık 4-12 ton arası azami yükü ağırlık 12 ton'dan fazla azami yükü ağırlık 2 tona kadar azami yükü ağırlık 2 - 3,5 ton arası azami yükü ağırlık ve motor gücü 75kW'tan az yük taşıyan Motor gücü 150 kW'a kadar olan taşıtlar Motor gücü 150 kW'tan fazla taşıtlar	85 89 91	80 83 85	76 77 78 80

\*Avrupa Birliği standartlarına göre taşıttan 7,5 m uzakta ölçülen geçiş gürültü düzeyleri tablodakileri geçmemelidir.

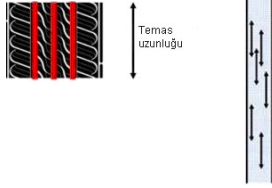
## Rüzgar gürültüsü

- Rüzgar gürültüsü yol gürültülerinin benzeridir ve ucuz taşıtlarda lüks otolardakinden daha fazla duyulur. Rüzgar gürültüsünün taşıtı etkileyen iki yolu:
  - **Esintiler:** Geniş yüzeyli taşıtlar daha fazla etkilenir. Otomobil stereo sisteminin ses kalitesini bozar. Birçok taşıtta speaker tweeterları tarafından üretilen "yüksek sesler"i elimine eder. Lüks otolarda stereo sistem sesinin çok daha temiz olmasının sebebi budur.
  - **Uygun yalıtımsız pencereler:** Uygun yalıtımı olmayan pencere kenarlarındaki aralıklardan rüzgarın ıslığı duyulur. Bu gürültüler de yine speakerlar tarafından üretilen orta ve yüksek sesleri bozar.

## Lastik gürültüsü

### Diş gürültüsü

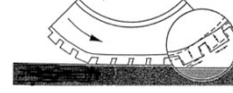
- Hava pompalama gürültüsü:** Lastiğin temas alanındaki diş oyuklarında sıkışan ve genişleyen hava tarafından üretilen gürültü.
- Lastik zemine temas ettikçe, çevresel diş oyukları temas alanında tüp biçimini alır. Oyuklardaki hava sıkıştırılır ve oyukların uçlarına zorlanır.
- Bu havalı müzik aletlerindeki benzer bir durumdur ve en belirgin olarak beton, "sıcak karışım" gibi düzgün yol yüzeylerinde üretilir.



## Lastik gürültüsü...

### Diş gürültüsü ...

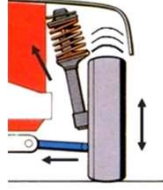
- Darbe gürültüsü:** Diş blokları zemin temas eder ve ayrılırken oluşan diş bloğu titreşimi tarafından üretilen gürültüdür. Çok atak, blok tip diş desenli lastikler, dikkate değer darbe gürültü eğilimlidir.



## Lastik gürültüsü...

### Yol gürültüsü

- Engebeli ve kasisli yollarda darbeler tarafından üretilen lastik titreşimlerinin oluşturduğu sestir. Süspansiyon ve taşıt gövdesi tarafından kabine iletilir.



## Lastik gürültüsü...

Tam gazda lastik gürültüsünün toplam gürültüye oranı



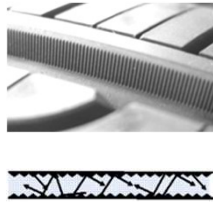
Tipik otomobil ölçümleri

Tem gazda tekerlek gürültüsü ikinci vitesteki toplam gürültünün üçte biri, üçüncü vitesteki toplam gürültünün yansı kadarıdır.

## Lastik gürültüsü...

### Sessiz duvar

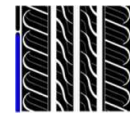
- Sessiz duvar, oyukların yanlarında bulunan çentiklerdir ve çevresel ana oyuklardaki yüksek perde gürültüsü olan **hava pompalama gürültüsünü** en aza indirmeye yöneliktir.
- Sessiz duvar çentikleri, oyuklar boyunca hava akışını bozarak, oyuk yanlarında hava basıncını azaltıcı etki yapar ve "hava pompalama" gürültü şiddetini önemli ölçüde azaltır.



## Lastik gürültüsü...

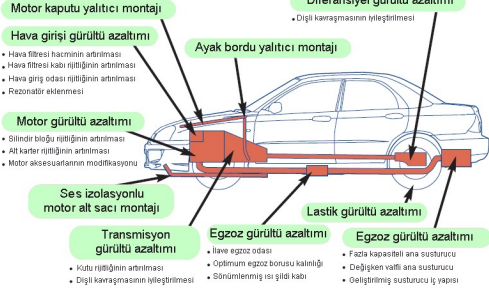
### Susturucu halka

- Yol gürültüsünü en aza indirmek için lastik yanaklarına eklenen küttedir.
- Susturucu halka**, düzensiz yol yüzeyleri tarafından uyartılan harmonik titreşimleri en aza indirmeye de yardımcı olmaktadır.
- Susturucu halka, yüksek frekanslı yol gürültüsünün (200 – 400 Hz) sebebi olan lastik yanaklarının titreşim genişliğini azaltır.
- Her iki yandaki susturucu halkalarda farklı aralıklarla kesintiler bulunur ve bu özellik yol gürültü ve/veya titreşimi olarak ortaya çıkan harmonikleri azaltır.

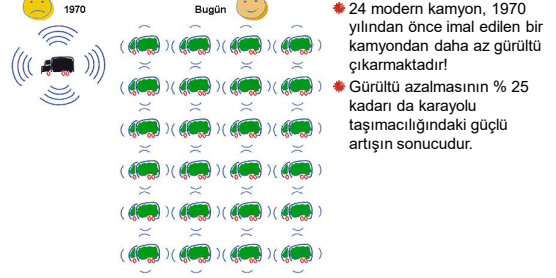




## Taşıt gürültü azaltımı



## Taşıt gürültü azaltımı...



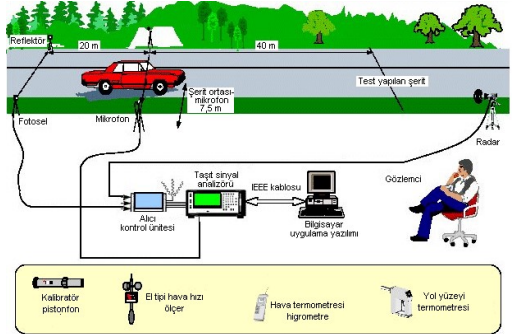
## Yol yüzeyi gürültüsü ölçümü



## Yol yüzeyi gürültüsü ölçümü...



## Geçiş gürültü ölçümü



SON