



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

Cephe Akademi Mesleki Gelişim Eğitimi

Cephede Ses Yalıtımı ve Akustik
Duyal Karagözoğlu / Y. Mimar Rumeysa Evli



Ses

Sesin üç bileşeni

- İncelik-kalınlık
- Azlık- çokluk
- Tını

ve ses

- ZAMAN

içinde değişir.



BÜYÜKLÜK	SİMGE (Birim)	TANIMLAMA Alçak Ses Az Ses -	TANIMLAMA Yüksek ses Çok Ses *	DÜZEY KARŞILIĞI Birimi dB	DÜZEY FORMÜLÜ
GENLİK	A (μm)	küçük genlik (0.1 μm)	büyük genlik (100 μm)	-	-
AKUSTİK BASINÇ	P (μbar , μPa)	düşük akustik basınç (0.0002 $\mu\text{bar} \triangleright p_0$)	yüksek akustik basınç (200 μbar)	SES BASINÇ DÜZEYİ SPL	$=10\log(p/p_0)^2$ $=20\log p/p_0$
SES GÜCÜ	W (w, μw)	düşük güç (10^{-12} w $\triangleright w_0$)	yüksek güç (10^8 w) *	SES GÜCÜ DÜZEYİ SWL	$=10\log w/w_0$
YOĞUNLUK (Intensity)	I (w/m^2 , $\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	Intensity az (10^{-14} $\text{w}/\text{m}^2 \triangleright I_0$)	Intensity fazla	INTENSITY DÜZEYİ IL	$=10\log I/I_0$

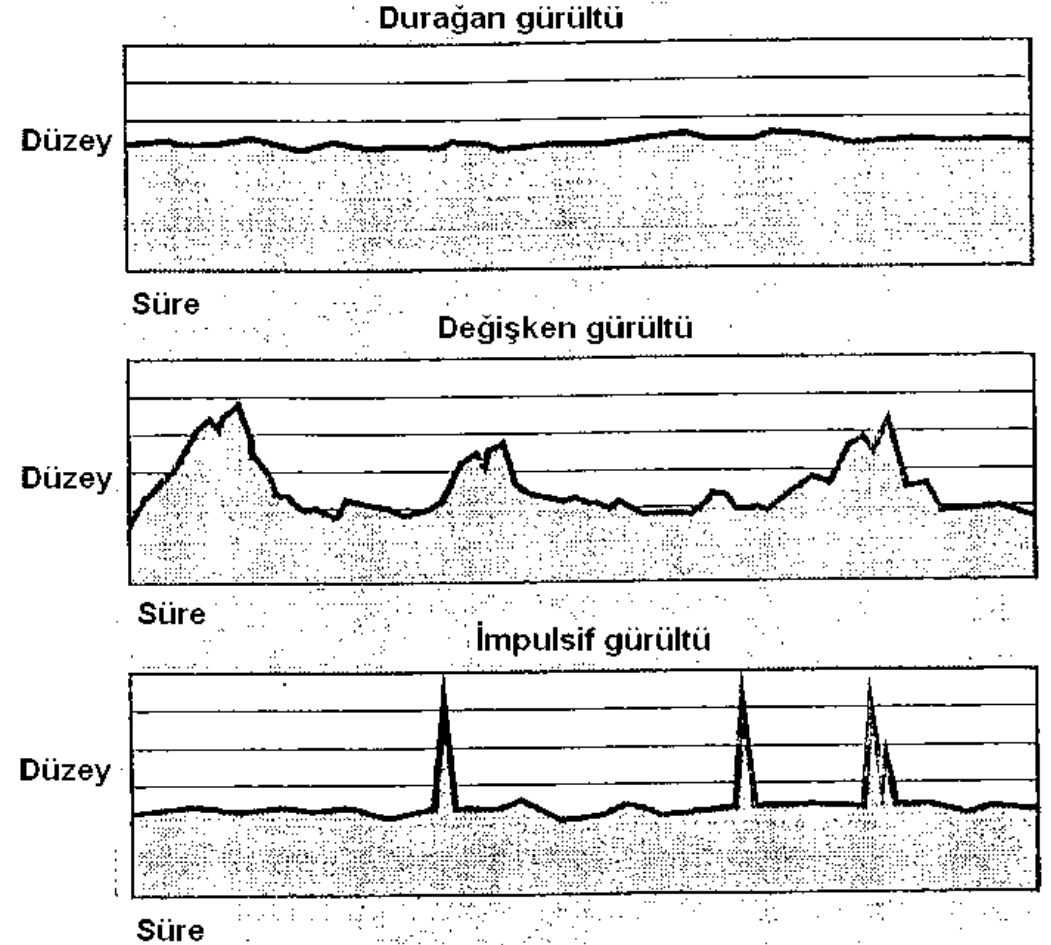
Gürültü

- İnsanlar üzerinde olumsuz etki yapan, hoş gitmeyen, rahatsız edici seslere gürültü denir.
- Gürültü yeryüzündeki canlılar üzerinde birçok olumsuz etkiye neden olan önemli bir çevre kirliliği etkenidir.
- Gürültünün insanlar üzerinde fizyolojik, psikolojik ve rahatsızlık etkilerinin olduğu uzun yıllar yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur.

Gürültü Derecesi	Etkilenme Aralığı	Sağlık Üzerine Etkileri
1.Derece	30-65 dBA	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku düzensizliği ve konsantrasyon bozukluğu
2.Derece	65-90 dBA	Fizyolojik reaksiyonlar; kan basıncı artışı, kalp atışlarında ve solunumda hızlanma, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler
3.Derece	90-120 dBA	Fizyolojik reaksiyonlar, baş ağrıları
4.Derece	120-140 dBA	İç kulakta kalıcı hasar denge bozukluğu
5.Derece	>140 dBA	Beyinde ciddi tahribat, kulak zarının yırtılması

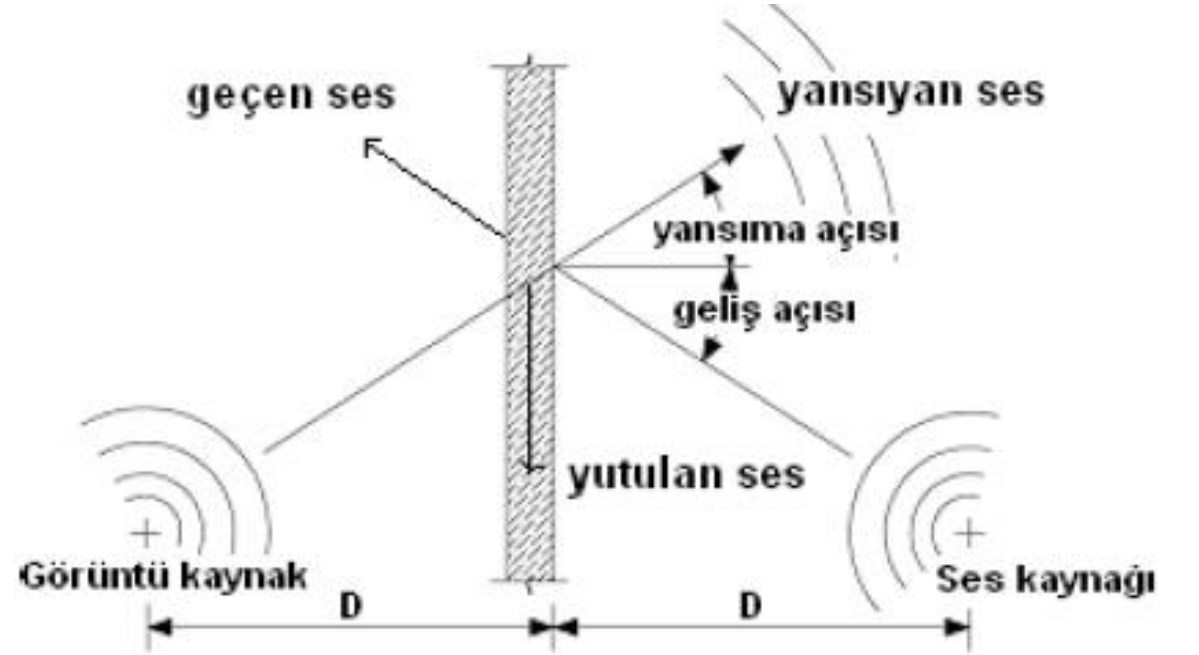
Gürültünün canlılar üzerinde yapmış olduğu etkiler, gürültünün aşağıdaki özelliklerine bağıdır;

- Gürültünün frekans bileşenleri
- Gün boyunca gürültü kaynağının etkileme süresi
- Gürültünün zamana göre değışimi
- Ortalama gürültü düzeyi
- Canlının hayatı boyunca gürültüye maruz kaldığı toplam süre
- Gürültüye maruz kalınan sürede gerçekleştirilen etkinlik
- Yaş ve gürültüye karşı hassasiyet



Gürültü (Ses)

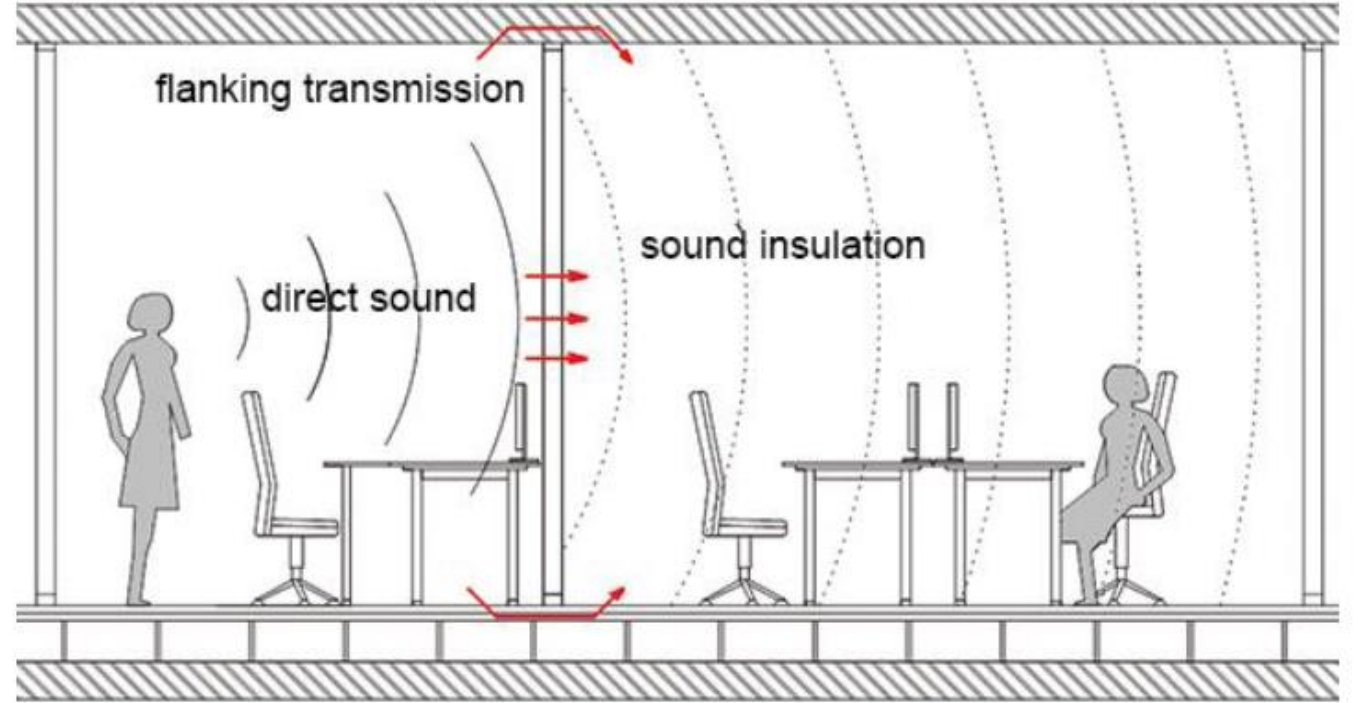
- Bir kaynakta doğar,
- Kaynak alıcı arası ortamda yayılır,
- Yüzeylerden yansır, yutulur, kırınır, geçer
Kalan bölümü alıcı tarafından algılanır.



Sesin Geçmesi

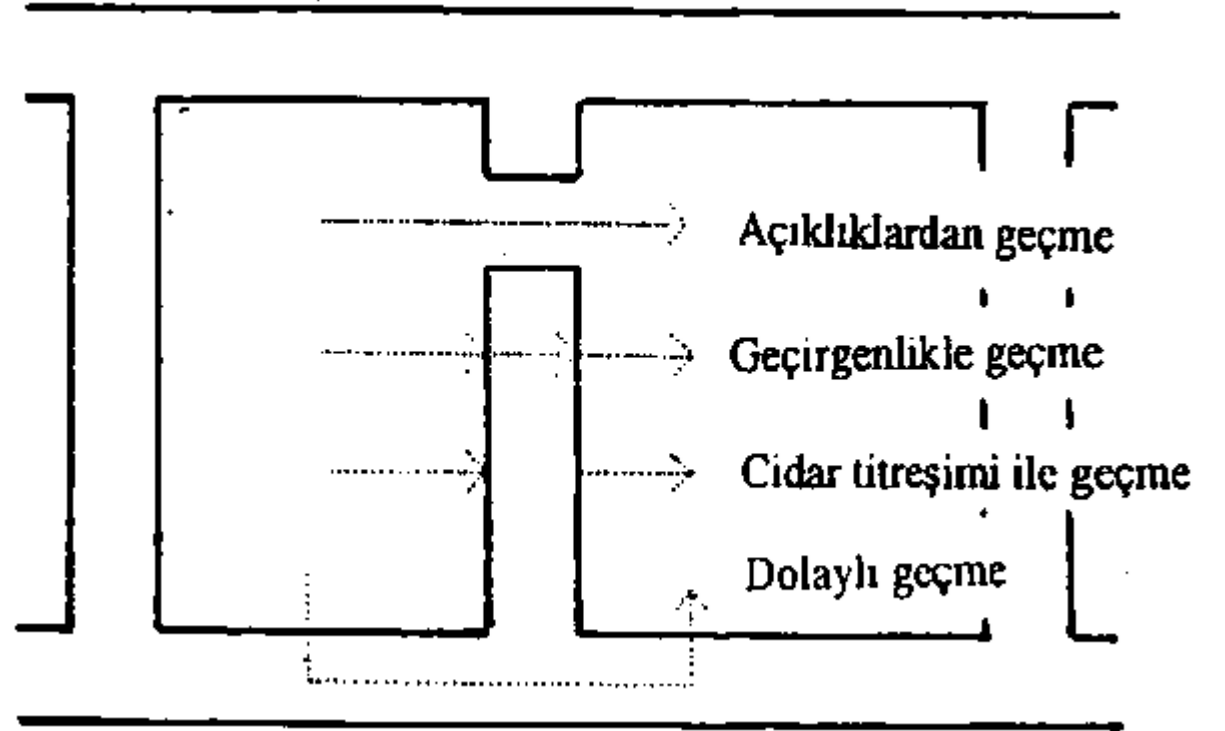
Sesin geçmesi, ses enerjisinin bir ortamdan başka bir ortama geçmesi anlamına gelir. Bu açıdan bakıldığında, ses geçmesi ya da iletilmesi olayını iki bölümde ele almak doğru olur;

- 1. Havada doğan seslerin geçmesi
- 2. Katıda doğan seslerin geçmesi



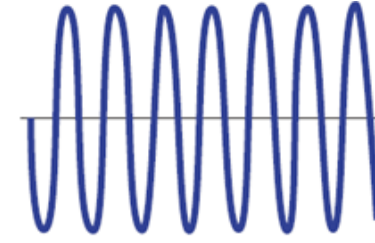
Sesin Geçmesi

- Açıklıklardan geçme
- Geçirgenlikle / iletimle geçme
- Kütle titreşimi ile geçme
- Dolaylı geçme

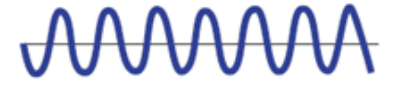


Sesin Açıklıklardan Geçmesi

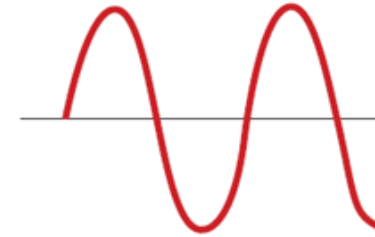
- Sesin bir ortamdan başka bir ortama, bu iki ortamı birleştiren, yani iki ortam arasında süreklilik sağlayan bir açıklıktan geçmesidir.
- Açık ya da yarı açık pencereler, havalandırma kanalları, kapı altı aralıkları, anahtar delikleri gibi açıklıklar bu tür geçmenin gerçekleştiği ortamlardır.
- Açıklıklar büyük ve küçük açıklıklar olmak üzere ikiye ayrılır.
- **Gelen sesin dalga boyundan küçük açıklıklara küçük, gelen sesin dalga boyundan büyük açıklıklara büyük açıklıklar denir.**
- Küçük açıklıklardan genellikle ince sesler geçer.
- Küçük açıklıklarda önlem almak, ancak yüksek ses geçiş kaybı gerektiği durumlarda önem kazanır. Bu gibi durumlarda, kapı altlarında (eşik ya da kanatta), anahtar deliklerinde, doğrama profillerinin strüktürle birleşimindeki açıklıklarda önlem almak gerekebilir.



Yüksek frekanslı (tiz) ve şiddetli (gür)



Yüksek frekanslı (tiz) ve hafif

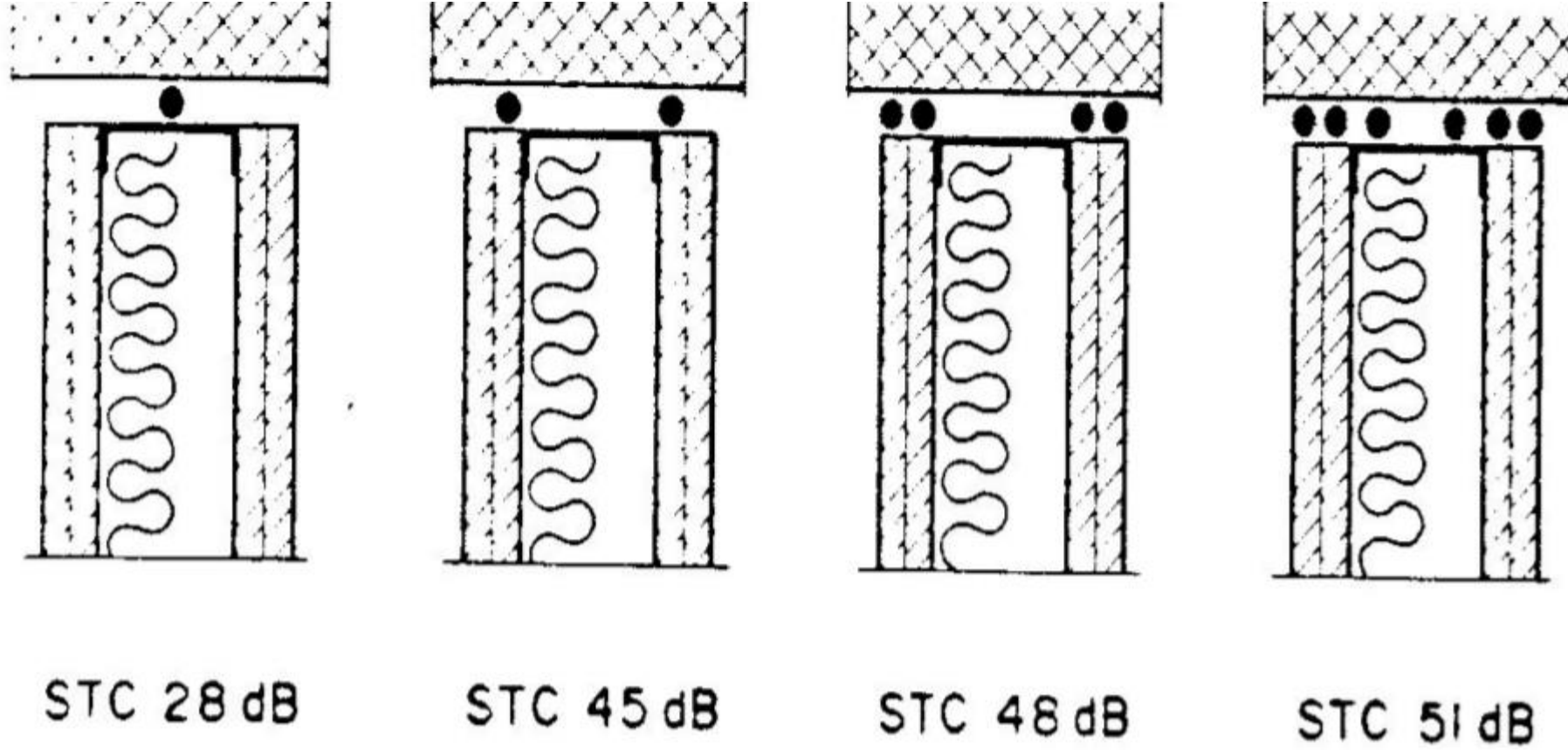


Alçak frekanslı (pes) ve şiddetli (gür)



Alçak frekanslı (pes) ve hafif

Çift duvarlarda yalıtım

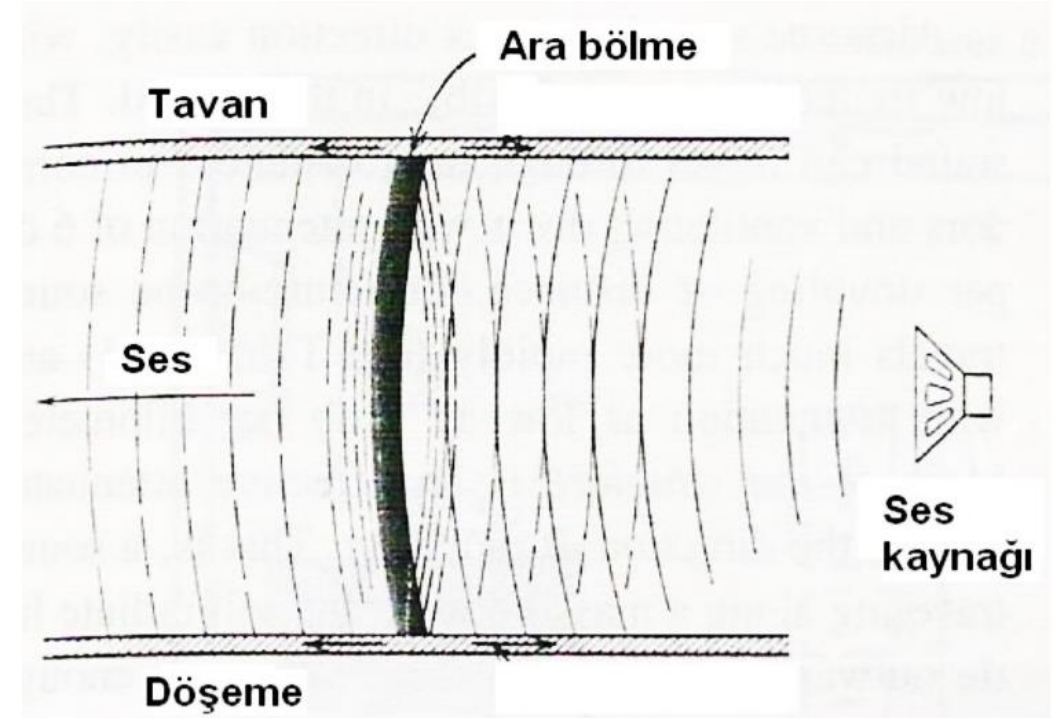


Sesin Geçirgenlikle / İletimle Geçmesi

- Sesin bu yolla geçmesi, ısının iletimle geçmesine benzer. Yani, ses bir ortamın moleküllerinin, öteki ortamı titreştirmesi yoluyla, bir ortamdan öteki ortama geçer.
- Isıda, iletimle geçmede, geçen enerji oldukça yüksek düzeylere ulaştığından bu yol önemli bir geçme yoludur.
- Oysa seste, iletimle geçme, sesin ortam değiştirirken çok büyük bir kayba (~50 dB) uğraması nedeniyle önemli bir geçme biçimi değildir. (Ses havadan duvara geçerken ~50 dB, duvardan tekrar diğer ortamın havasına geçerken ~50 dB kayba uğrar.)
(elbette burada duvarın 50dB kayıp sağlayabildiği varsayımı vardır, genellikle de enderdir)
- Ancak çok yüksek ses geçiş kaybı gereken durumlarda önlem alınması gereken bir geçme biçimidir.

Sesin Kütle Titreşimiyle Geçmesi

- Sesin geçme yolları içinde en önemli olanı Kütle Titreşimi ile geçmedir.
- Geçen ses enerjisinin yaklaşık %95'i bu yolla geçer.
- Kütle titreşimiyle geçme, ses dalgalarının, duvar, döşeme, kapı, cam gibi cidarları bütünüyle titreştirmesi yoluyla geçmesi olayıdır.
- Bu olayda, tüm yüzeyleri ile titreşen cidarlar, ikinci hacmin havasını tıpkı bir hoparlör gibi titreştirerek sesin geçmesine yol açarlar.
(kısmen yeniden yayın yapıyor denebilir)
- Bu olayın gerçekleşmesi için, cidarların titreşim genliklerinin çok küçük olması yeterlidir.
(0.1µ ile 200 µ arasında)



Sesin Kütle Titreşimiyle Geçmesi

BERGER (KÜTLE) YASASI

- Cidar, kendisini bütünüyle titreştirmeye çalışan ses dalgalarının gücüne, yani ses dalgalarının hava basıncında yol açtığı itme ve çekmelere kütlesi (ağırlığı) ile karşı koyar.
- Bir cidar, ne kadar ağır olursa, onu titreştirmek de o oranda zor ve bundan ötürü de geçen ses o oranda az olur. Buna Kütle(Berger) Yasası denir.
- Bir cidarda geçen sesteki azalmaya ses geçiş kaybı denir. Simgesi TL ya da R, birimi dB'dir.
- Ses geçiş kaybı, geçmeyen sesin gelen sese oranı olup dB ile yani logaritmik bir büyüklük ile anlatılır.
- Ses Geçiş Kaybı belirlemeleri Kütle titreşimi ile geçen ses için yapılır.

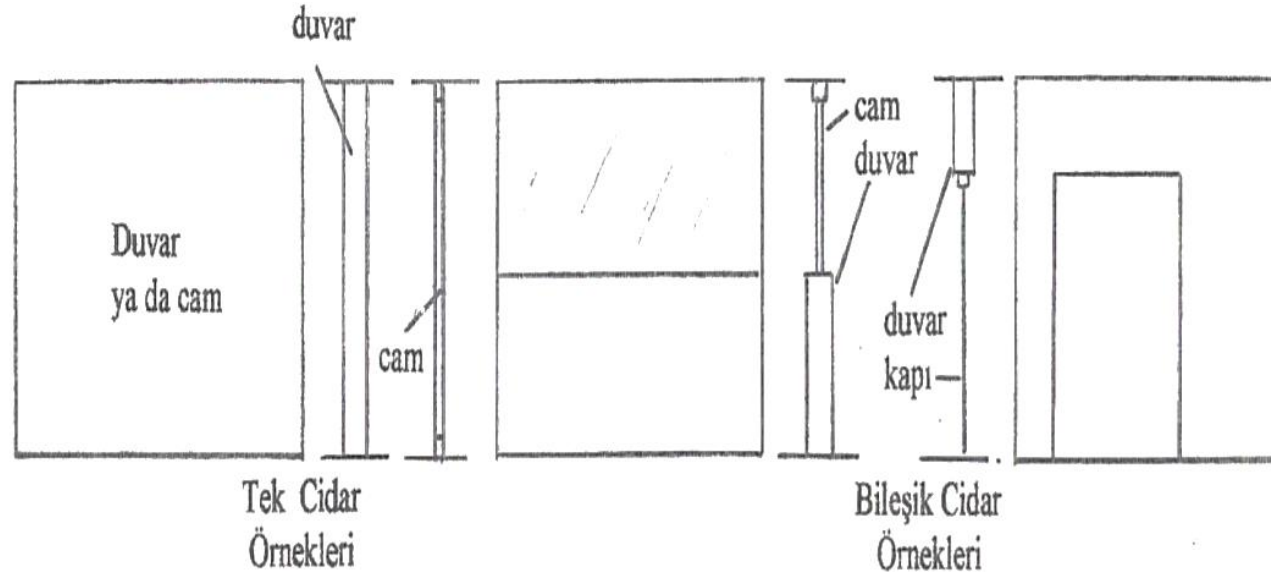
Ses Geçiş Kaybı açısından cidar zellikleri

- Tek cidarlar
- Bileşik cidarlar
- Çift cidarlar

Ses Geçiş Kaybı açısından cidar zellikleri

TEK ve BİLEŞİK CİDARLAR

- Yapılarda yer alan cidarlar, tek ve bileşik cidarlar olmak üzere iki grupta incelenebilir.
- Tek bir gereçten yapılmış cidarlara Tek Cidar denir. Betonarme perde duvar, tuğla duvar, ahőap ya da alçı bölme duvarı gibi. (ift yaparsanız çift olabilir tabii)
- Ses geçiş kaybı değerleri değişik birkaç yapı elemanından oluşmuş cidarlara ise bileşik cidar denir. Duvar+Kapı, Duvar+Pencere, Kapı+Duvar+Pencere gibi



Tek Cidarlarda Ses Geçiş Kaybı

- Tek cidarlarda ortalama ses geçiş kaybı,

$$R(TL) = 20 \log m + 7,6$$

$$R(TL) = \text{Ses geçiş kaybı (dB)}$$

m = kitle ağırlığı (kg/m^2) formülü ile hesaplanır.

Kitle yasası kitle her iki katına çıktığında -ya da sabit bir gerecin kalınlığı iki kat arttığında- ses geçiş kaybının **6 dB** artacağını öngörür.

$$m = 10 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

(4mm cam)

$$R = 27,6 \text{ dB}$$

$$m = 20 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

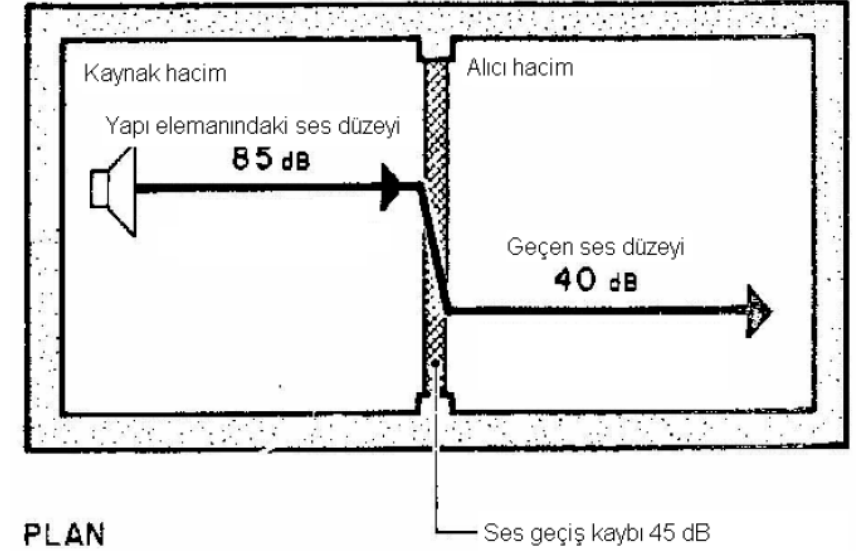
(8mm cam)

$$R = 33,6 \text{ dB}$$

$$m = 100 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

(40mm cam)

$$R = 47,6 \text{ dB}$$



Cidarın kitesi, **2 kat arttığında ses geçiş kaybı 6 dB, 10 kat arttığında ses geçiş kaybı 20 dB artar.**

Ses geçiş kaybı **logaritmik bir büyüklük** olduğundan kitle iki katına çıkınca R iki kat artmaz, yalnızca 6 dB artar.

Tek Cidarlarda Frekansa Bağlı Ses Geçiş Kaybı Değişimi

$$R (TL) = 20 \log fm - 47$$

$$R (TL) = \text{Ses geçiş kaybı (dB)}$$

$$m = \text{kitle (kg/m}^2\text{)}$$

$$f = \text{frekans (Hz)}$$

f (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
R/TL (dB)	15	21	27	33	39	45

- Ses geçiş kaybı kuramsal olarak oktavda 6 dB artar.
- Frekansın iki katına çıkması ile ses geçiş kaybının iki kat artacağı öngörölür.
- Cidarlar ya da bölme elemanlarının yüksek frekanslar için ses geçiş kaybı yüksek, alçak frekanslar için ses geçiş kaybı dölüktür.

- Kalın sesler yavaş titreşimli olduklarından, cidarları daha kolay titreştirir, dolayısıyla daha çok geçer.
- İnce sesler, çabuk titreşimli olduklarından cidarları daha zor titreştirir ve daha az geçerler.
- Cidarların kalın sesler için ses geçiş kaybı düşük, ince sesler için ses geçiş kaybı yüksektir.
- Kütle Yasası;

»Kütlenin

»Frekansın

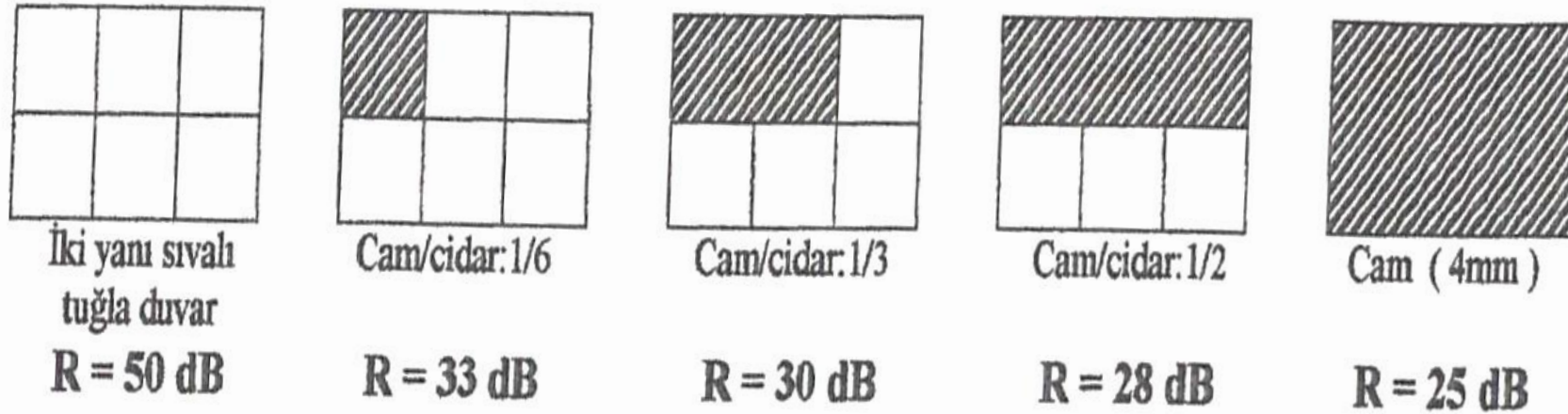
iki katına çıkması ile ses geçiş kaybının 6 dB artacağını öngörse de gerçekte cidarların ses geçiş kayıpları tam olarak böyle değişmez.

- Kütle ağırlığı dışında; cidara eğik gelen seslerle oluşan dalgalanma, cidarın özfrekansında gelen seslerin cidarı daha kolay titreştirmesi ya da cidarı oluşturan gerecin esnekliği, cidarın gerçek ses geçiş kaybını belirler. (özfrekans: bir maddenin, elemanın rezonansa girebildiği frekanstır)

	STC(Rw)	125	250	500	1000	2000	4000
Camlar							
4mm glass in aluminum fr.	28	20	22	28	34	34	30
6mm glass	31	25	28	31	34	30	37
Çift camlar							
3/6/3 glass/air/glass (mm)	28	24	24	24	34	39	32
3/25/3 glass/air/glass (mm)	35	25	20	34	41	46	35
3/100/6 glass/air/glass (mm)	45	29	35	44	46	47	50
6/25/6 glass/air/glass (mm)	39	24	32	37	43	37	47
duvarlar							
single leaf plastered both side (240 kg/m ²)	47	34	37	41	51	58	62
cavity brickwork(480 kg/m ²)	51	41	45	48	56	58	62
levhalar							
two layers of 13 mm plasterboard	30	24	29	31	32	30	36
6 mm steel plate (50 kg/m ²)	38	27	35	41	39	39	46
kapılar							
43 mm solid core door	26	17	21	26	29	31	34
acoustic metal doorset,dbl seals	47	36	39	44	49	54	57

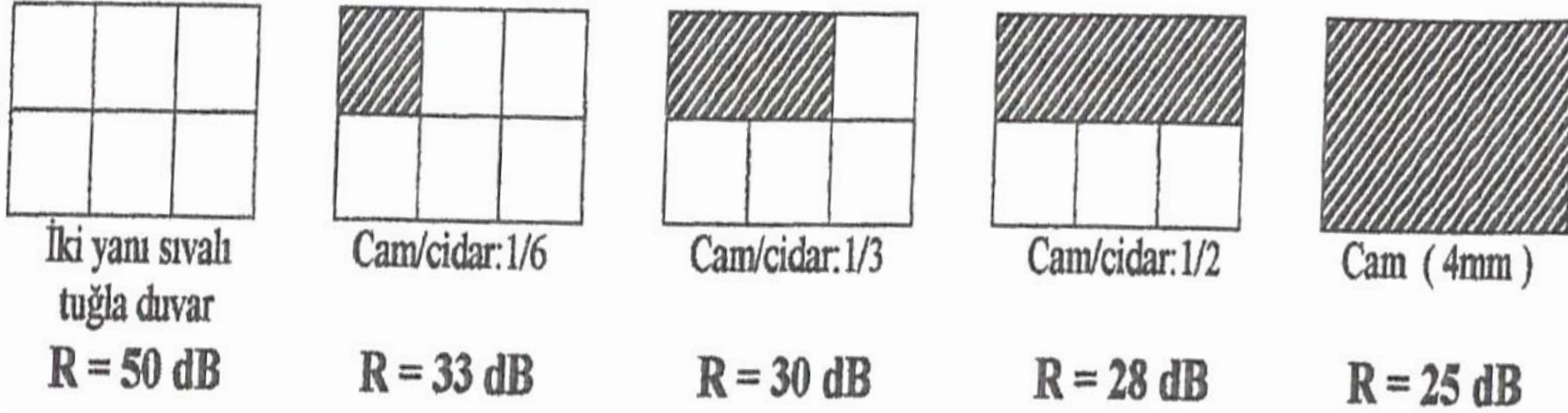
Bileşik Cidarlarda Ses Geçiş Kaybı

- Ses geçiş kaybının logaritmasal bir büyüklük olması nedeniyle, bir bileşik cidarın toplam ses geçiş kaybı, değişik parçalarının ses geçiş kaybı değerlerinin toplamı ya da ortalaması değildir.
- Ses geçiş kaybı az olan bileşik cidar parçasının alanı küçük de olsa, bütünün ses geçiş kaybını büyük oranda etkiler.
- Bu konuda ses ve ısı arasında bir paralellik kurularak büyük yanılgılara varılabilmektedir.



- Farklı cam oranları için ses geçiş kaybı (R) değerleri

- Farklı cam oranları için ses geçiş kaybı (R) değerleri



- Yukarıda hesaplamaları daha önce yapılmış bir çalışmanın sonuçları yer almaktadır. Bu sonuçlara göre;
- İki yanı sıvalı tuğla duvar olan bir cidarda hiç cam açılmamışken 50dB olan ses geçirmezlik, yalnızca 1/6 oranında cam açılması durumunda oldukça büyük bir kayba uğrayarak 33dB'e inmiştir.
- Duvar yüzeyinde açılan cam oranının iki katına çıkması ya da yarıya inmesi durumunda ortaya çıkan sesgeçirmezlik farkı ise yalnızca 3dB'dir.
- Yine sadece 1/6 oranında pencere açılması ile 17dB'lik büyük bir kayıp ortaya çıkarken, tüm cidar cam olduğunda kayıp bu değerden sadece 8 dB daha aşağıya inmiş yani 25dB azalma olmuştur.

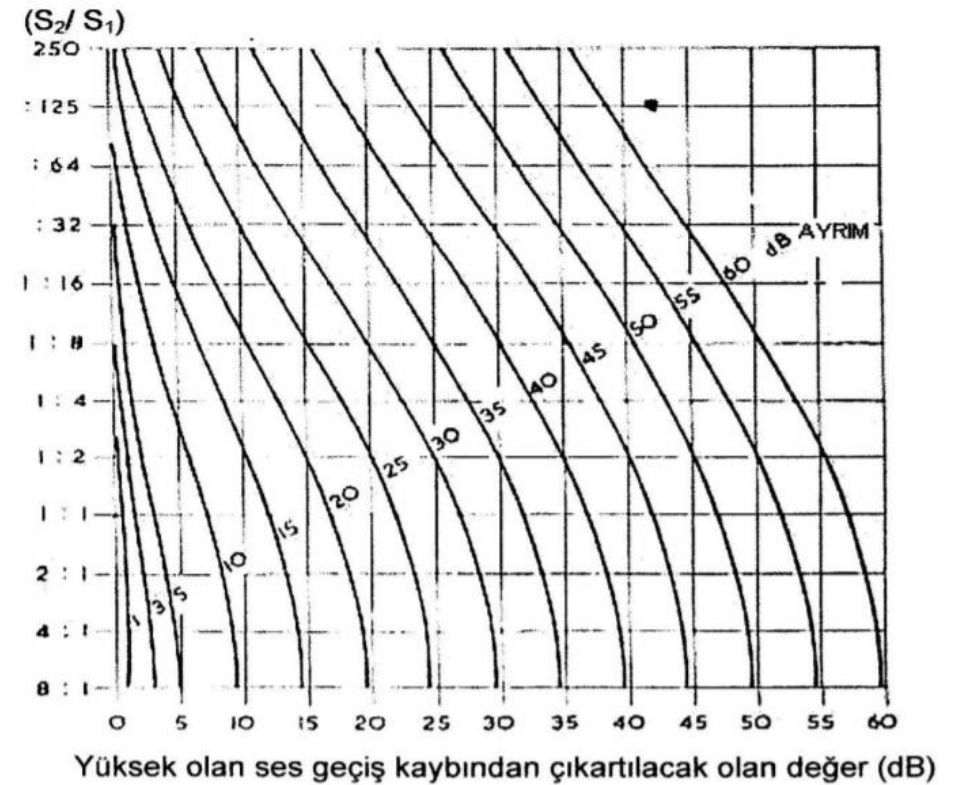
- İçinde pencere ve/ya da kapının yer aldığı bir duvar örneğinde olduğu gibi, ses geçiş kaybı değişik gereçlerden oluşmuş bir yapı elemanının ses geçiş kaybı, genelde, ses geçiş kaybı düşük olan bölümünün ses geçiş kaybına yakın olur. Cam yüzeyler (pencereler) ve kapılar, genelde ses yalıtımı açısından zayıf yüzeyler oluşturdukları için, içinde buldukları duvarın ses yalıtımı, büyük oranda söz konusu yüzeylerin ses geçiş kaybı değerine bağlıdır.

$$R = 10 \log_{10} \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{S_1 \times 10^{-R_1/10} + S_2 \times 10^{-R_2/10} + \dots + S_n \times 10^{-R_n/10}}$$

R= Bileşik yapı elemanının sağladığı ses geçiş kaybı (dB)

S(1,2,..n)= Ses geçiş kaybı değişik kesitlerin yüzey alanı (m²)

R(1,2,..n)= Ses geçiş kaybı değişik kesitlerin ses geçiş kaybı (dB)

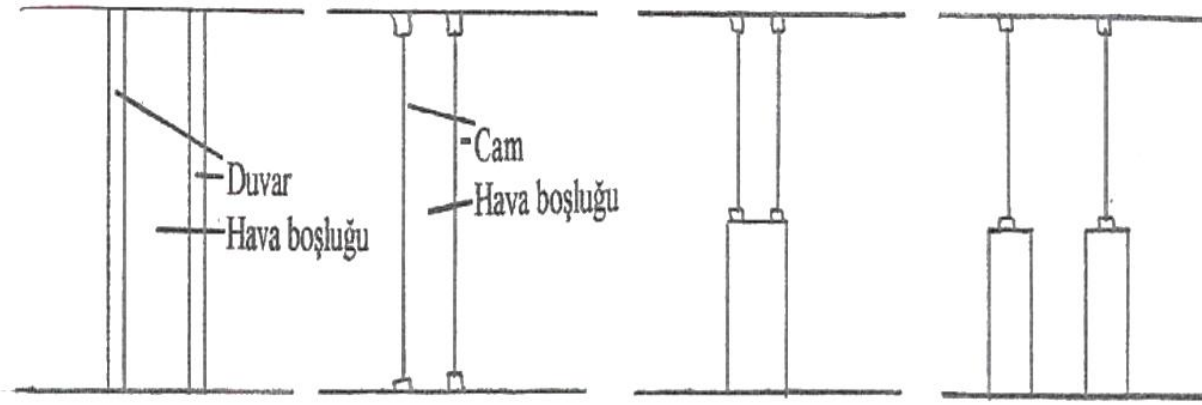


Şekil 5.2. Bileşik cidar ses geçiş kaybı belirleme grafiği (42)

(S₂: Ses geçiş kaybı düşük olan bölümün alanı;
S₁: Ses geçiş kaybı yüksek olan bölümün alanı;
R_A: Ses geçiş kayıpları arasındaki ayırım)

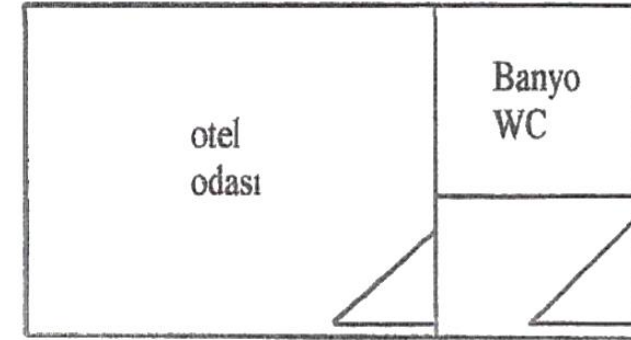
Çift Cidarlar

- Gerek tek cidarlar, gerekse bileşik cidarlarda ses geçiş kaybını arttırmak, gereken ses geçiş kaybını sağlamak için en iyi ve emin yol çift cidar yapmaktır.
- Çift cidarlar, bir tek cidara, araya bir boşluk bırakıp, bir tek cidar daha eklemek yoluyla oluşturulur.



Tek cidarlarda çift
cidar örnekleri

Bileşik cidarlarda çift
cidar örnekleri



Çift kapıdan çift cidar

Farklı hacimler arasında çift cidar örnekleri

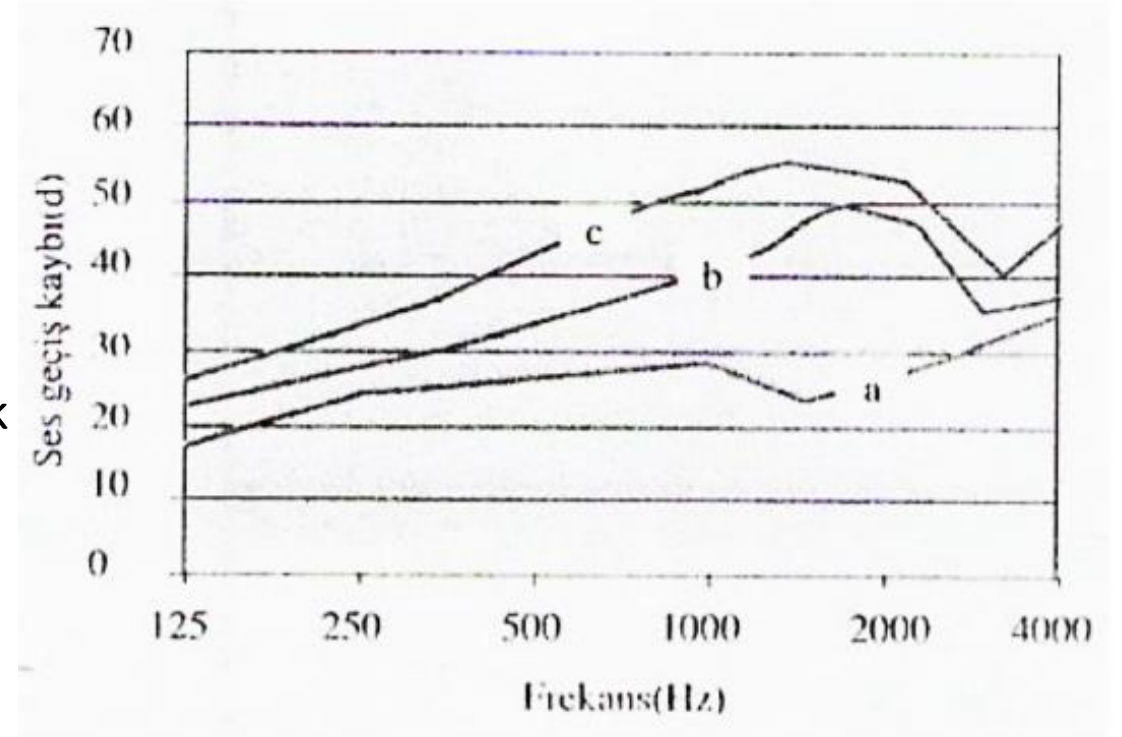
- Çift cidarlarda aradaki hava boşluğunun artması ses geçiş kaybını arttırmaktadır.
- a:12 mm'lik iki alçı levhanın arada hava boşluğu bırakmadan bitişik uygulanması,
- b:12 mm'lik iki alçı levhanın arada 10 cm hava boşluğu bırakılarak uygulanması,
- c:12 mm'lik iki alçı levhanın arada 10 cm hava boşluğu bırakılarak ve ses yutucu gereç kullanılarak uygulanması.

$$R(TL): 20\log m + 13\log d + 20\log f - 58$$

m: Duvar kesitinin toplam kütle ağırlığı (kg/m²)

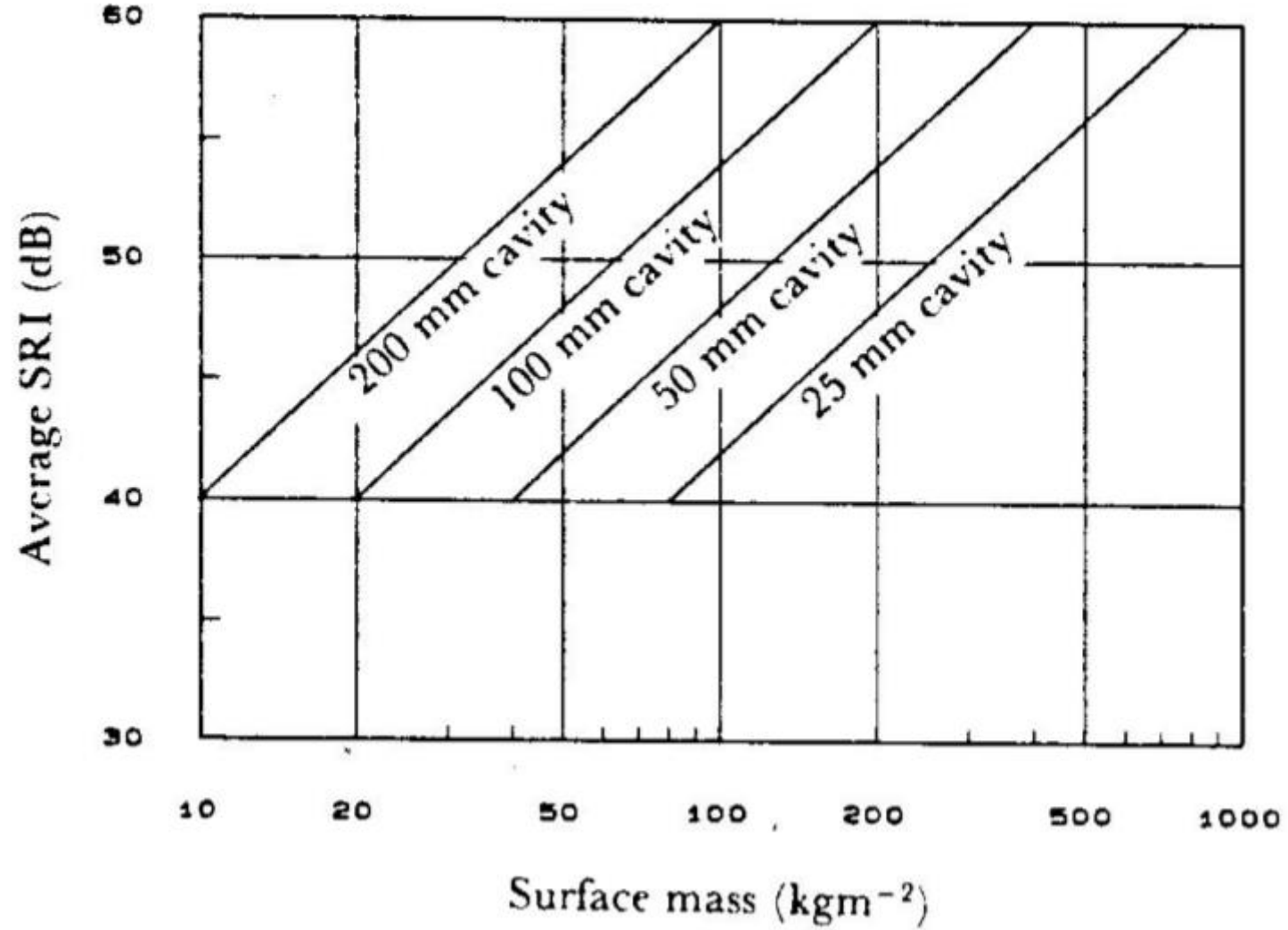
d: 2.5 cm'den az olmamak koşulu ile hava boşluğu (cm)

f: Frekans (Hz)



Çift Cidarlarda Yüksek Ses Geçiş Kaybı Önlemleri

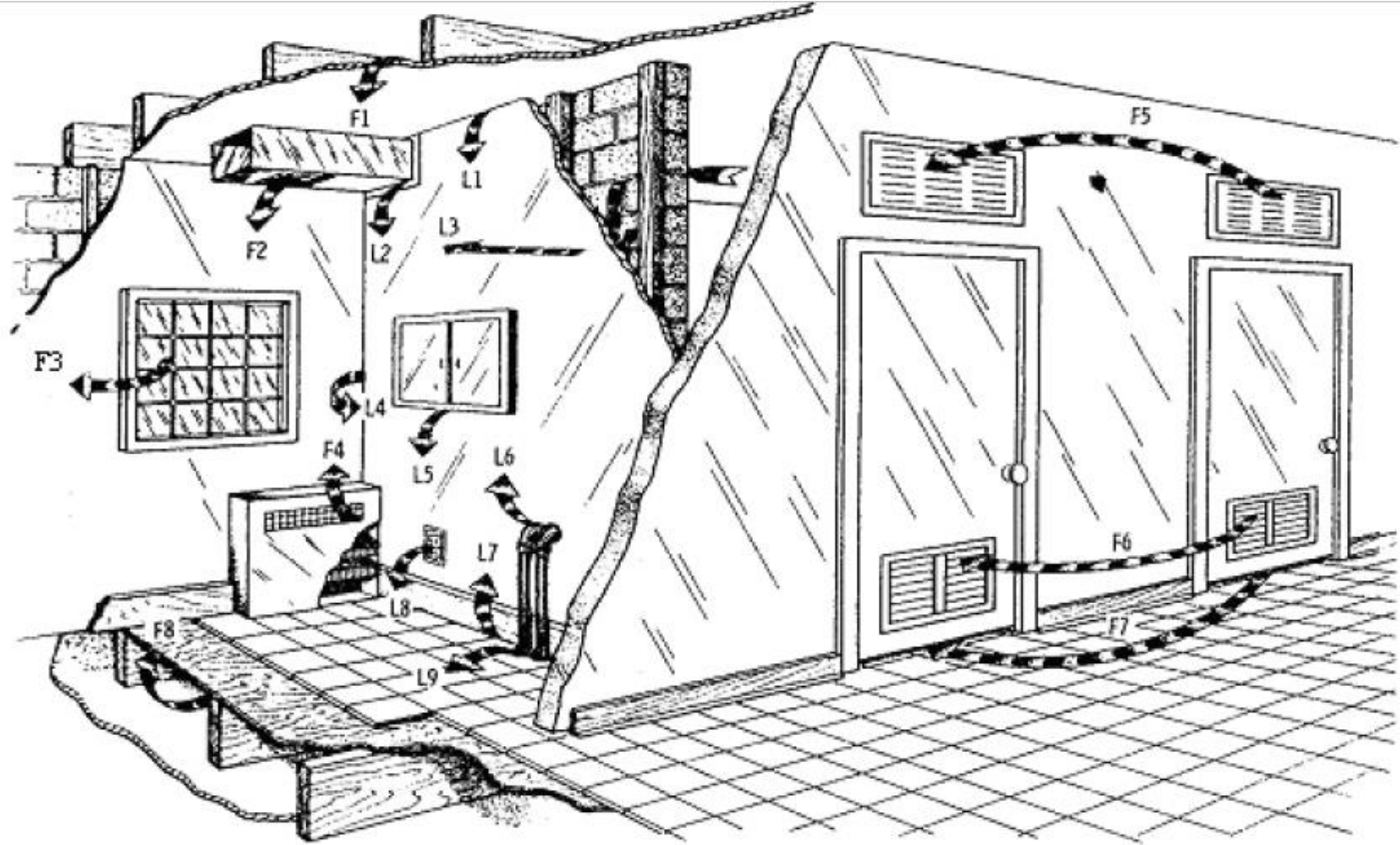
- 1. Yapı elemanları ve kalınlıkları soruna uygun olarak seçilmesi
- 2. Yapı elemanlarının kalınlıkları aynı olmamalı ve aralarında $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ gibi basit oranlar bulunmamalı (Örneğin rezonansı önlemek için 6 mm'lik iki cam yerine, aynı kitleyi sağlayan 5 ve 7 mm'lik camlar daha iyi sonuç verir)
- 3. Yapı elemanlarından kitle ağırlığı fazla olanı, gürültünün geldiği yönde kullanılmalıdır.
- 4. Bölme elemanları, taşıyıcıya yumuşak tesbit edilmelidir.
- 5. İki eleman arasındaki hava boşluğunun bağlayıcı etkisini ortadan kaldırmak için havanın titreşimini önleyici materyaller kullanılır. (Camyünü, Taşyünü,...)
- 6. Açılır kapanır çift cidarlarda, yani kapı ve pencerelerde duvar-doğrama, doğrama-doğrama, doğrama-levha(cam ya da kapı) bağlantıları iyi yalıtılmalıdır.
- 7. Çok yüksek ses geçiş kaybı gereken durumlarda çift cidar elemanlarından biri eğimli yapılmalı ya da ikiden fazla cidar kullanılmalıdır.



- Çift katmanlı kesitlerde hava boşluğuna bağlı olarak sağlanan ortalama ses geçiş kaybı değerleri

Sesin Dolaylı Geçişi

- Ses enerjisinin, iki hacmi ayıran yapı elemanı dışında, diğer yapı elemanlarından yayılarak diğer hacmi etkilemesi dolaylı geçme olarak adlandırılır.
- Sesin kütle titreşimiyle geçmesinde, kütlenin yaptığı dalgalanma hareketi, herhangi bir kesintiye uğramazsa yapı elemanı boyunca hareket ederek yayılmasını sürdürür.
- Özellikle betonarme döşeme, perde duvarı gibi homojen gereçlerde etkili olan bu olay sonucunda, ses enerjisi kaynağa bitişik olan ya da olmayan hacimlerin havasına geçerek, kimi zaman etkili bir ses düzeyi oluşturabilir.
- Açıklıklardan geçme de, kimi durumlarda dolaylı geçme sınıfına girer.



F=Sesin dolaylı geçiş yolları

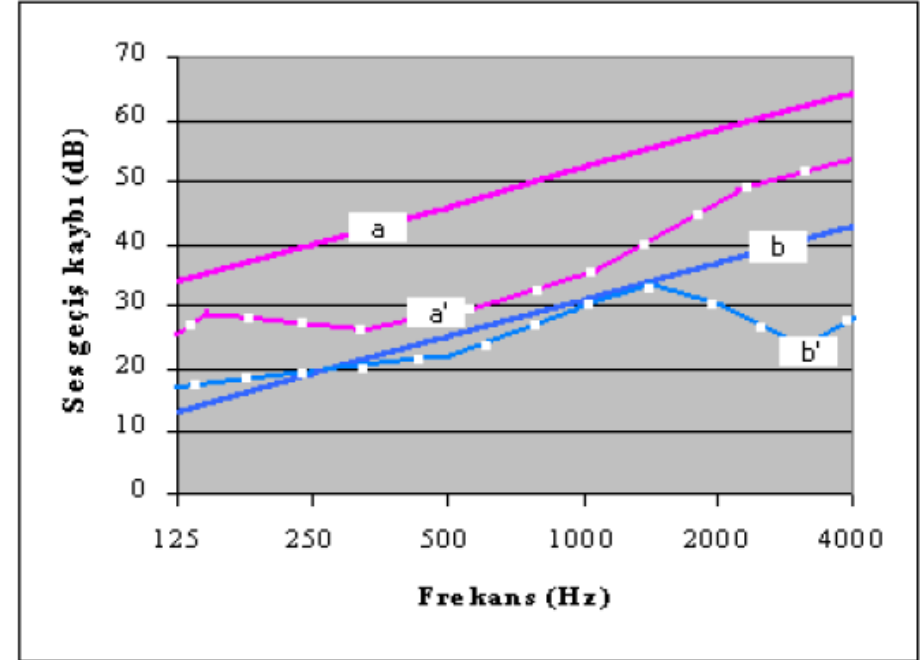
L=Sesin açıklıklardan geçiş yolları

Dolaylı geçişin önlenmesine yönelik önlemler

- Olanaklı ise, kesiklikler (derzler) yapmak,
- Gereç değişikliği yapmak,
- Homojen gereçler yerine, heterojen gereç kullanmak,
- Duvar-döşeme, duvar-tavan ve benzeri tüm birleşim noktalarında esnek bağlantılar uygulamak,
- Söz konusu olabilecek tüm açıklıkları gerektiği şekilde kapatmak,
- Asma tavan uygulamalarında gereken önlemleri almak
- Kanal, boru benzeri sesin kolayca yayılmasına yol açacak elemanlarda uygun detayları uygulamak.

Ses Geçiş Kaybında Rezonans Ve Frekans Rastlaşmasının Önemi

- Uygulamada kimi frekanslarda hesaplanandan daha düşük ses geçiş kaybı değerleri elde edilebilmektedir.
- Bu durumun temel nedenleri, rezonans ve frekans rastlaşması nedeniyle, kesitin kimi frekanslarda ses enerjisine karşı koyma gücünün azalmasıdır.
- Bu frekansların saptanıp gereken önlemlerin alınmasının yanı sıra, hesaplarla belirlenen gereken ses geçiş kaybı değerinden yaklaşık 5 dB daha fazla ses geçiş kaybı değerine sahip kesitin uygulanması da uygun olur.



Ses yalıtım değerinde hesap ve ölçme sonuçları arasındaki ayrımlara örnekler (110 kg/m² beton blok, **a**: hesap; **a'**: ölçme sonucu (STC35); 10 kg/m² alçı levha, **b**: hesap; **b'**: ölçme sonucu (STC 28))

Uygulamada ses geçiř kaybının dūřmesinde rezonansın etkisi

- Yapı elemanının özfrekansına rastlayan frekanslarda, genelde ölçülen ses geçiş kaybı, hesaplanandan dūřüktür. Yapı elemanının boyutu, ağırlığı, sertliği(esnekliği), tespit biçimi benzeri özelliklerine bağlı olan özfrekanslarda oluşan rezonans olayı sonucu, bu frekanslardaki sesler kesitten kolay geçer.
- Özellikle homojen gereçlerde önem taşıyan bu olay, pek çok kesit için alçak frekans bölgesinde oluşur.

$$f_{11} = \frac{\pi t}{2} \sqrt{\frac{E}{12\rho}} \left[\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right]$$

f_r = rezonans frekansı (Hz)

a, b = Yapı elemanının eni, boyu (m)

t = Yapı elemanının kalınlığı (m)

E =Young's modülü (esneklik katsayısı) (Newton/m²) ρ = Yoğunluk (kg/m³)

Uygulamada ses geçiş kaybının düşmesinde frekans rastlaşmasının etkisi

- Homojen kesit özelliğine sahip yapı elemanlarının dalgalanma esnekliği nedeni ile öz dalgalanma frekansları vardır.
- Öz dalgalanma frekansı ile elemana eğik gelen sesin frekansı arasında uyum olması durumunda oluşan frekans rastlaşması nedeniyle, bu frekanslarda kesitin ses geçiş kaybı değeri düşer. Bu olay, ince ve esnek levhalar ile camlarda daha belirgin oluşur.

$$f_{(\theta)} = \frac{c^2}{2\pi h \sin^2 \theta} \sqrt{\frac{12\rho(1-\sigma^2)}{E}}$$

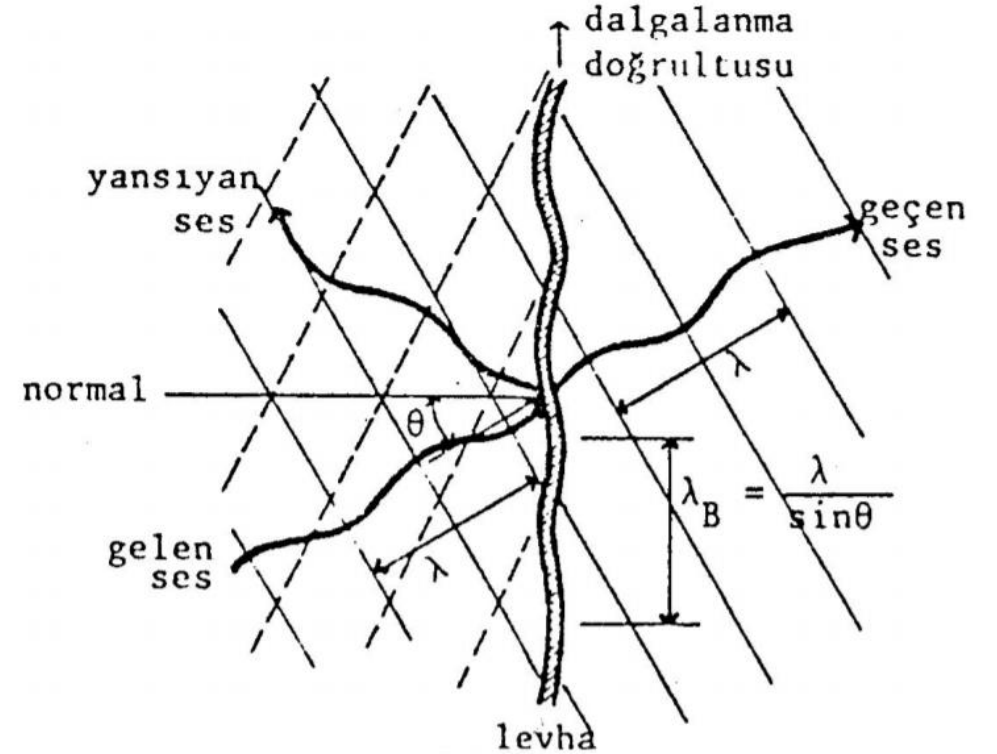
$f_{(\theta)}$ = rastlaşma frekansı (hz)

c = sesin hızı (m/sn)

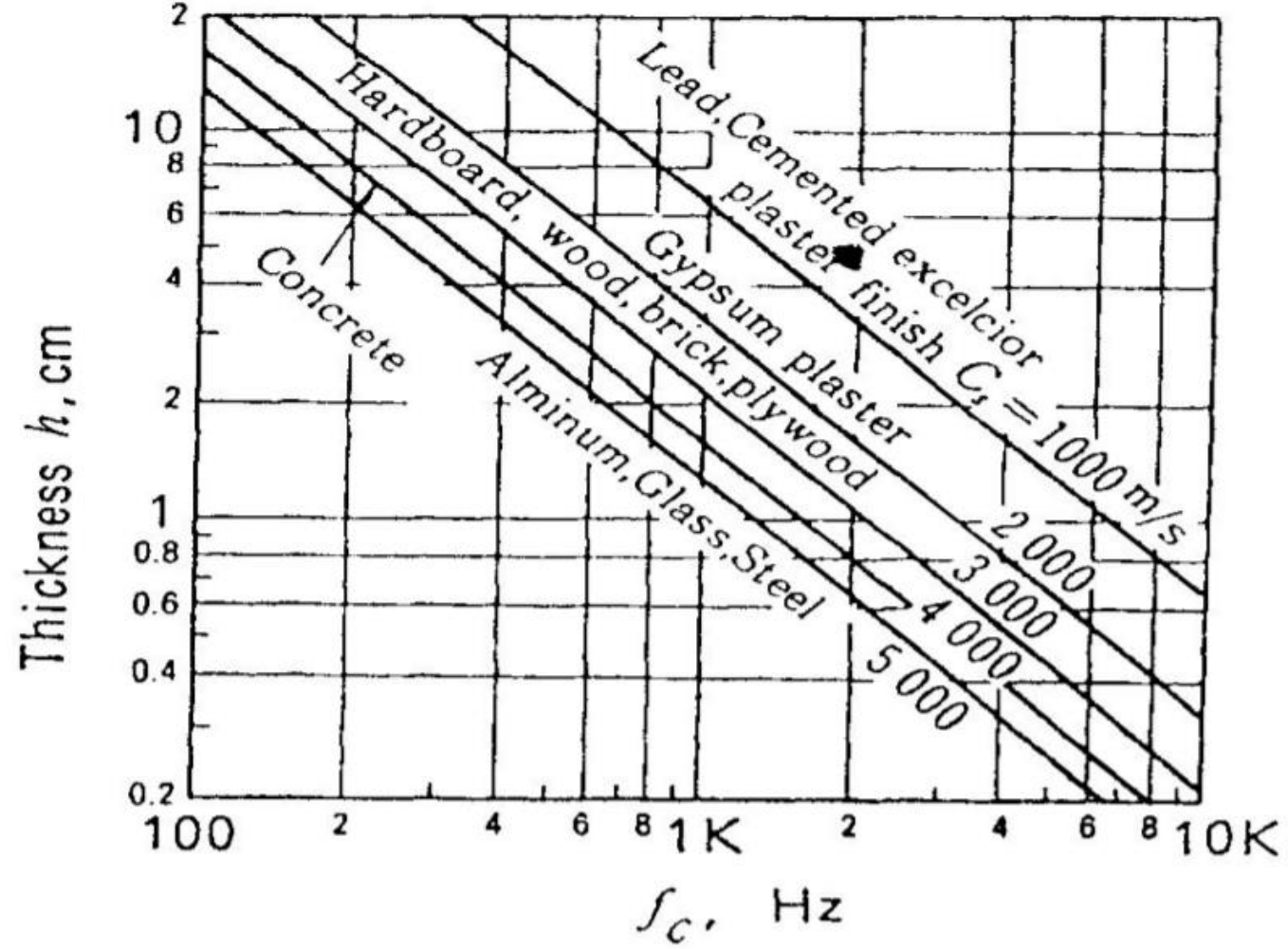
h = levha kalınlığı (m)

θ =sesin geliş açısı

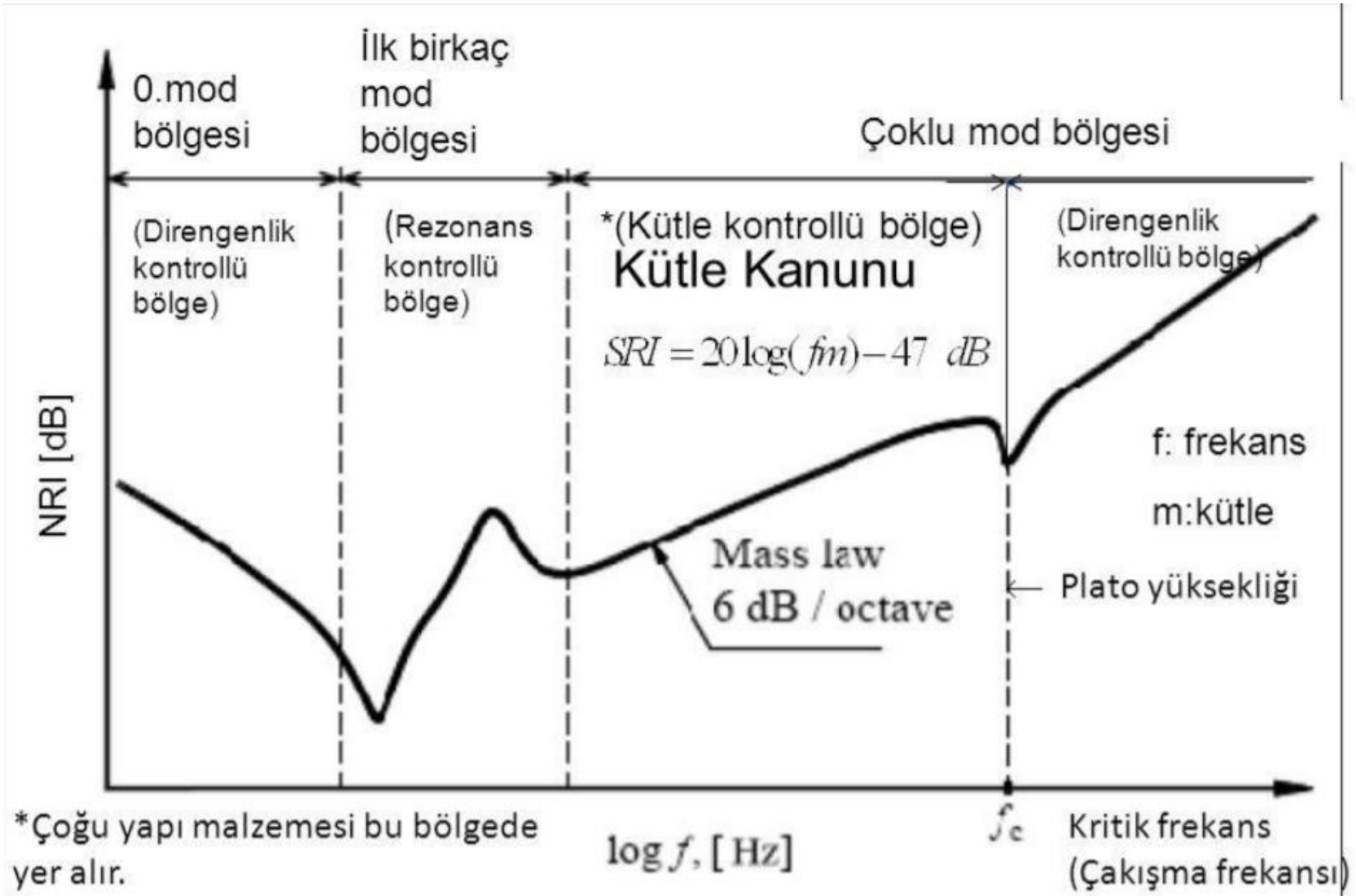
σ = Poisson oranı E =Esneklik katsayısı



Dalgalanma hareketi yapan kesitten ses enerjisinin geçişi



Kritik frekansın kesit özellikleri ile ilişkisi



Ses/ Gürültü Azaltım İndeksinin (SRI/NRI) Frekansla Değişimi

Kesit özelliği	R(TL) dB						STC
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
13 mm alçı levha (80 kg/m ²)	15	20	25	29	32	27	28
30 mm beton levha (100 kg/m ²)	17	24	32	33	36	39	30
90 mm beton blok (147 kg/m ²)	30	30	37	35	38	41	37
135 mm dolu tuğla (iki yanı sıvalı, 270 kg/m ²)	32	34	40	47	55	51	48
140 mm beton blok (%100 dolu, 301 kg/m ²)	38	37	46	55	62	69	50
500 mm taş duvar (370 kg/m ²)	37	45	51	57	62	73	55
100 mm betonarme döşeme (263 kg/m ²)	48	42	45	56	57	67	49
150 mm beton panel döşeme (366 kg/m ²)	38	43	52	59	67	72	55

Akustik konfor

Tasarım aşamasında akustik koşulları hesaba katmak bir mekanın konfor seviyesini büyük ölçüde artırabilirken, bunları göz ardı etmek, tehlikeli ve sağlıksız mekanlara yol açmaktadır.

Özellikle yoğun gürültü bölgelerinde performans ihtiyaçları anlamında da durum kritikleştiğinden ses yalıtımının er ya da geç projeye dahil edilmesi gerekmektedir.

Erken aşamalarda alınacak tasarım kararları ile çok daha etkin çözümler üretilebilecekken projenin ilerleyen evrelerinde, beklenen performansı karşılamadığı anlaşılan yapı elemanlarını iyileştirmek daha maliyetli ve zor olmaktadır.

Gürültü sorununun çözümü ve akustik konforu sağlamak için:

- (1) sorunu doğru analiz etmek,
- (2) en ekonomik ve işlevsel çözümü belirlemek,
- (3) bu çözümü gürültü azaltım prensiplerine göre uygulamak gerekmektedir.

Gürültü kontrolüne yönelik tasarımda yerleşim aşamasında başlayarak, mekan organizasyonu, yapı eleman ve bileşenlerinin tasarımı, yapı malzemesi seçimi ve uygun montaj işlemleri ile gürültünün yarattığı olumsuz etkiler minimize edilebilir.

Yapı elemanlarında gürültü azaltımının etkin tasarımı öncelikle bitişik hacimdeki ya da dış ortamdaki ses kaynaklarının ve seviyelerinin tespitini gerektirmektedir.

Cephe elemanlarının ses yalıtımı için binanın yerleşeceği bölgedeki gürültü koşulları analiz edilmelidir.

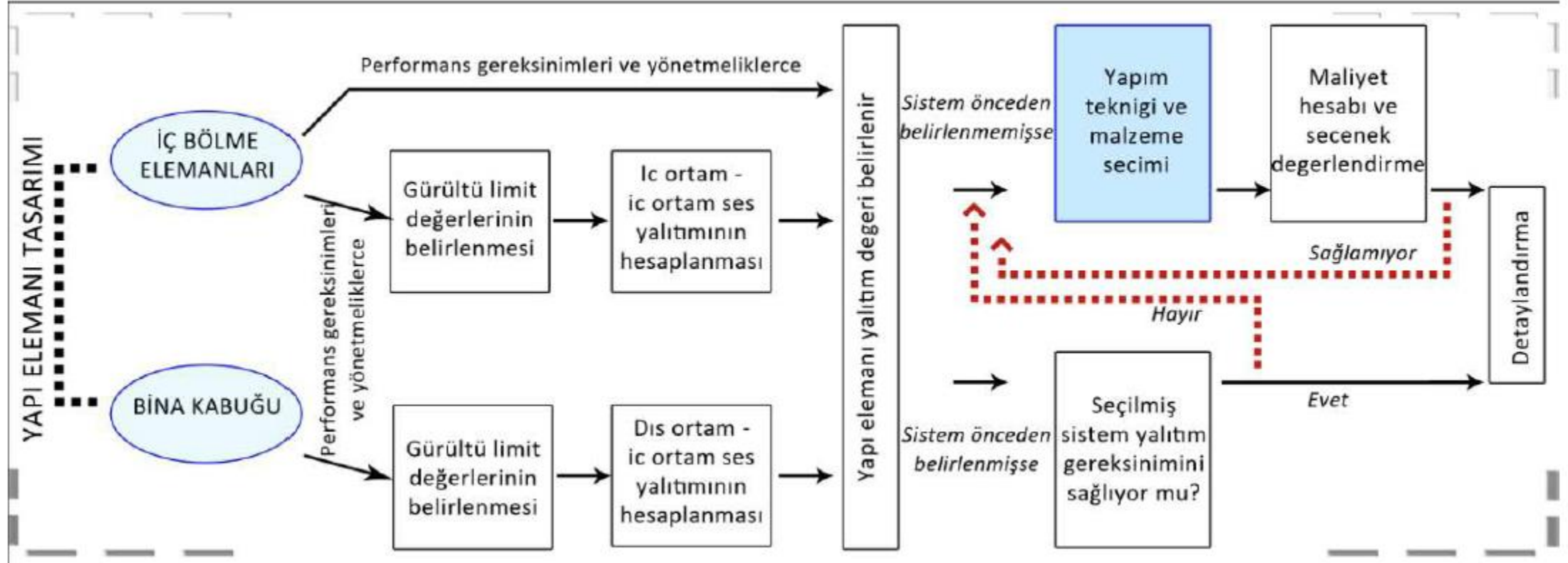
Bu değerler, yerinde yapılacak gerçek zamanlı ölçümlerle veya mevcut ve gelecekteki durumu belirlemek üzere hazırlanmış gürültü haritaları yardımıyla elde edilebilir.

İkincil olarak yapı içi çevrede işleve bağlı limit değerler tespit edilmelidir.

İşitme konforunun sağlanabilmesi amacıyla kabul edilebilecek arka plan gürültüsü değerlerinin bir kısmı “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”nde bulunabilir.

İstenen arka plan seviyesini sağlamaya yönelik, yapı elemanından beklenen en düşük ses yalıtım düzeyini tanımlayan ölçütler ise ses yalıtım kriterleridir.

Bir yapı elemanının ses iletim özellikleri ses iletim kaybı (Transmission Loss, TL) ile ifade edilir ve yapı elemanına gelen sesin, elemanın diğer tarafına iletimi sırasındaki azaltımı olarak tanımlanır.



Kabul Edilebilir Gürültü Düzeyleri

- Gürültünün insanlar üzerinde yol açtığı olumsuz etkileri önlemek ve gerek yapı dışında, gerekse yapı içindeki etkinlikleri zedelemeyecek akustik ortamın oluşumunu sağlamak için, gürültünün belli sınırlar altında kalması gerekir.
- Her ortamda belli bir gürültü vardır. Önemli olan gürültü düzeyinin, etkinliği zedelemeyecek sınır değerlerin altında kalmasını sağlamaktır.
- Yapı içi ve yapı dışında aşılmaması gereken gürültü düzeyleri uluslararası ve ulusal standart ve yönetmeliklerde belirtilmektedir.

Yönetmelik ve Yasalar

- Ülkemizde 31 Mayıs 2017 tarihli ve 30082 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik ve
- 7 Mart 2008 tarihli ve 26809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği günümüzde yürürlükte dir.

Tanımlar

- a) A - ağırlıklı ses basınç düzeyi (dBA): İnsan işitme sisteminin düşük basınçlı seslere karşı en çok hassas olduğu orta ve yüksek frekanslara daha fazla ağırlık veren ve gürültüden olan etkilenmeyi belirleyen ve gürültü kontrolünde yaygın olarak kullanılan A-ağırlık eğrisi yardımıyla elde edilen tek sayılı bir ses düzeyi birimini,
- b) Ağırlıklı darbe sesi yalıtımı iyileştirme indeksi (ΔL_w): 1/3 oktav bantlarda belirlenen darbe sesi yalıtımı iyileştirme indeksi ΔL 'nin bir referans eğri kullanılarak elde edilen tek sayılı değerini,
- c) Ağırlıklı ses azaltma indeksleri (R_w, R'_w): Yapı elemanlarının yalıtım performanslarını belirtmek üzere elemanın ses azaltım indeksi veya görünür ses azaltım indeksi değerlerinden, bir referans eğri kullanılarak elde edilen tek sayılı yalıtım göstergelerini,
- ç) Ağırlıklı ses azaltma iyileştirme indeksi (ΔR_w): 1/3 oktav bantlarda belirlenen ses azaltma iyileştirme indeksi ΔR 'nin, bir referans eğri kullanılarak elde edilen tek sayılı değerini,

Tanımlar

- d) Ağırlıklı ses yutuculuk kat sayısı (α_w): Ses yutuculuğunun frekansa bağlı değerlerinin, bir referans eğri kullanılarak elde edilen tek sayılı değerini,
- e) Ağırlıklı standardize edilmiş cephe düzeyi farkı ($D_{2m,nT,w}$): Cephenin 2 metre önünde mevcut trafik gürültüsü veya özel bir ses verici kaynak yardımıyla ölçülen ses basınç düzeyi ile alıcı odadaki ses basınç düzeyi arasındaki farkın, alıcı odasındaki reverberasyon süresine göre düzeltilmiş değerinden bir referans eğri kullanılarak elde edilen tek sayılı yalıtım göstergesini,
- f) Ağırlıklı standardize edilmiş darbe sesi basınç düzeyi ($L'_{nT,w}$): Alan ölçümlerinde alıcı odasında ölçülmüş ve hesaplanmış darbe sesi basınç düzeyinin, alıcı odasının reverberasyon süresine bağlı bir düzeltme terimi kullanılarak azaltılmış spektral değerinden bir referans eğri kullanılarak elde edilen tek sayılı yalıtım göstergesini,
- g) Ağırlıklı standardize edilmiş düzey farkı ($D_{nT,w}$): Bitişik iki odadan birisinde bir veya daha fazla ses kaynağı tarafından üretilen hava doğuşlu sesin her iki odada oluşturduğu ses basınç düzeylerinin yer ve zaman ortalamaları arasındaki farkın, alıcı odanın reverberasyon süresine göre düzeltilerek elde edilen spektral değerinden bir referans eğri kullanılarak elde edilen tek sayılı yalıtım göstergesini,

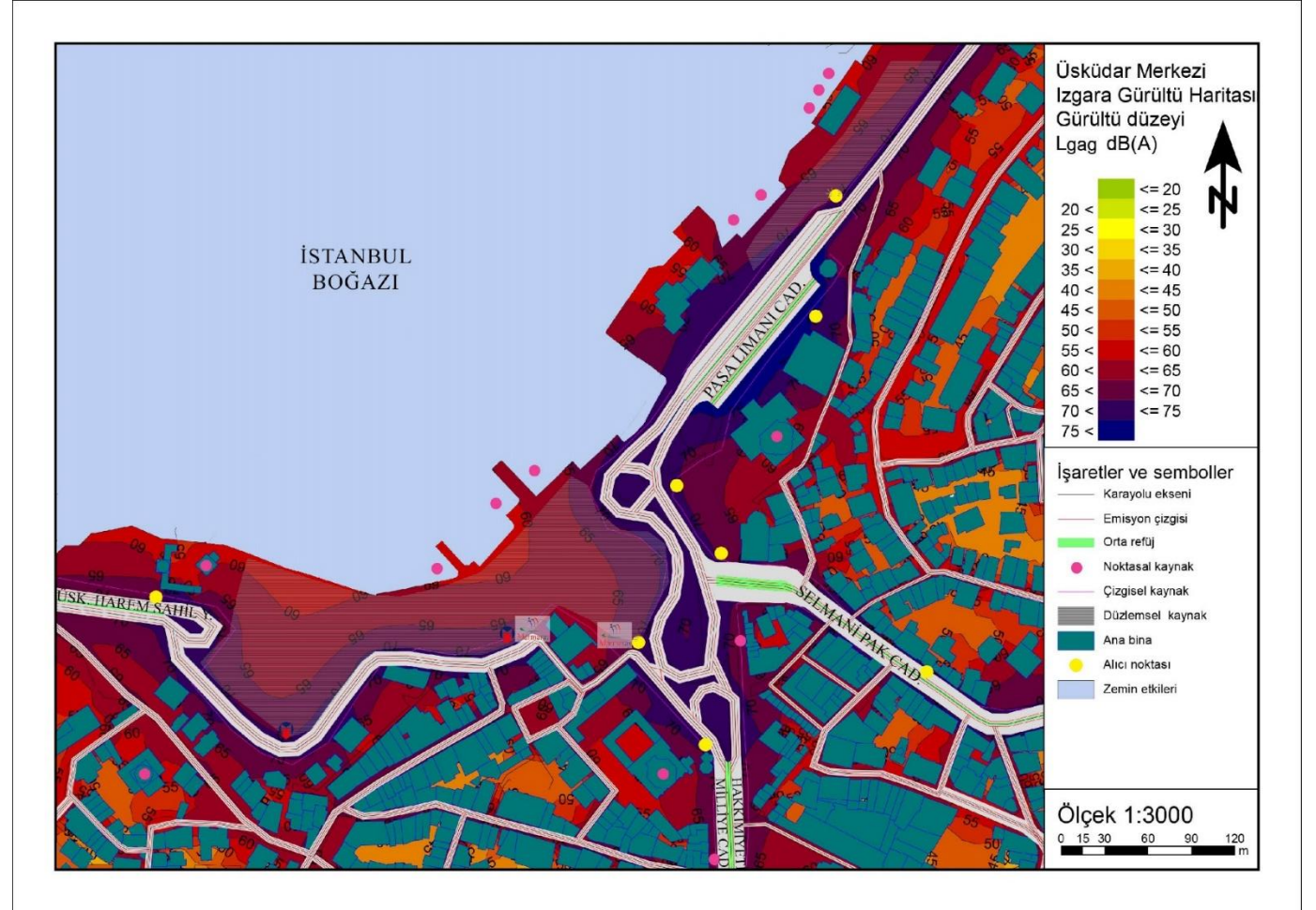
Tanımlar

- ıı) Gece düzeyi (L_{gece} veya L_{night}):

A ağırlıklı uzun süreli ortalama ses düzeylerinden elde edilen ve gece saatlerinde tanımlanan, dış çevre gürültülerinin düzeyini belirten göstergesi,

- ii) Gündüz-akşam-gece düzeyi (L_{gag} veya L_{den}):

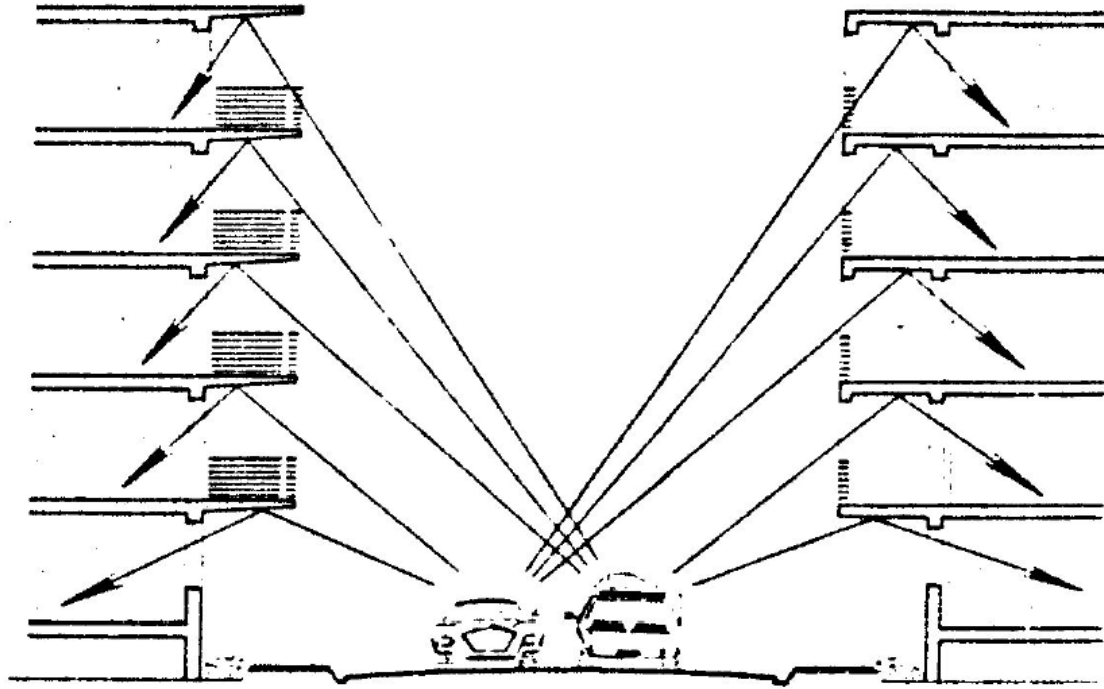
A ağırlıklı uzun süreli ortalama ses düzeylerinden elde edilen ve dış çevre gürültülerinin düzeyini belirten göstergesi,



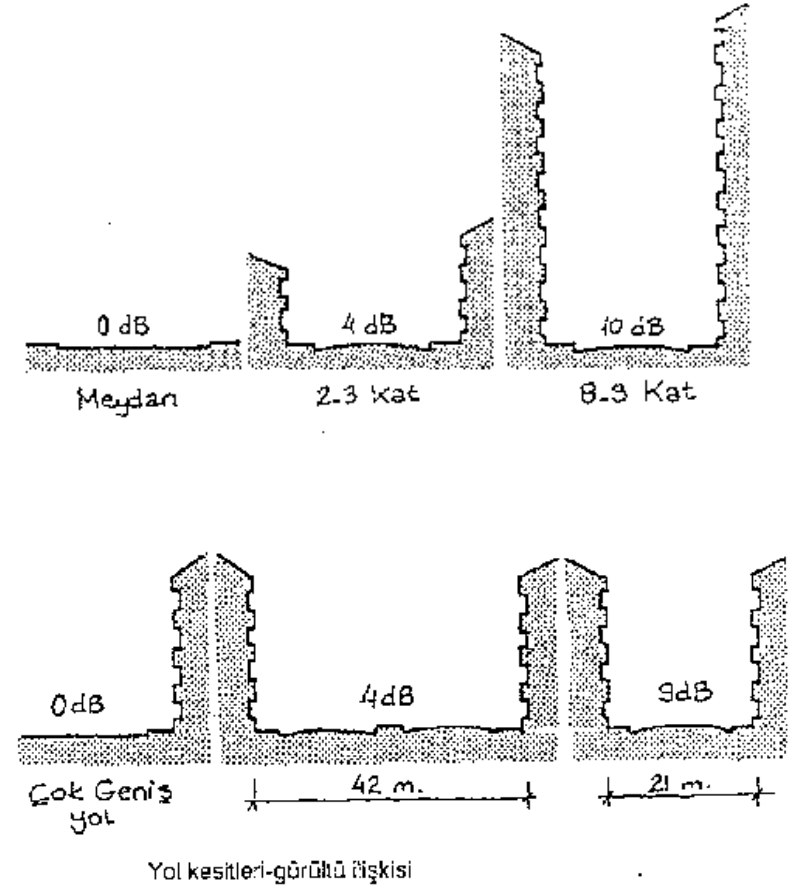
Gürültü denetiminin yapı ölçęinde ele alınması aşamasında;

- Yapı dışı gürültü kaynağı/kaynaklarına göre, yapının uygun konumunun belirlenmesi,
 - Özellikle gürültüye duyarlı hacimler açısından, uygun iç planlamanın yapılması,
 - Yeterli denetimi sağlayacak yapı kabuğu özelliklerinin belirlenmesi,
 - Yapı içi gürültüler açısından gereken özellikleri taşıyan iç duvar ve döşeme kesitlerinin saptanması
- konuları önem taşır.

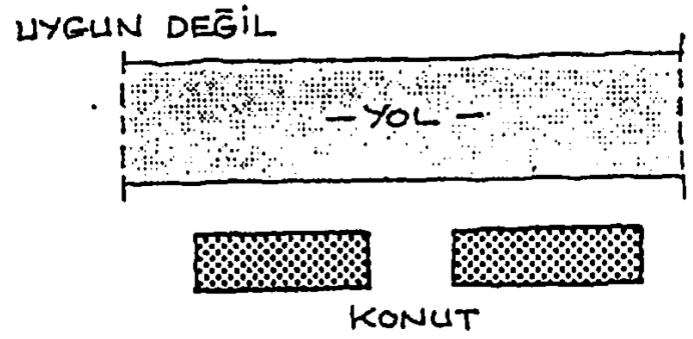
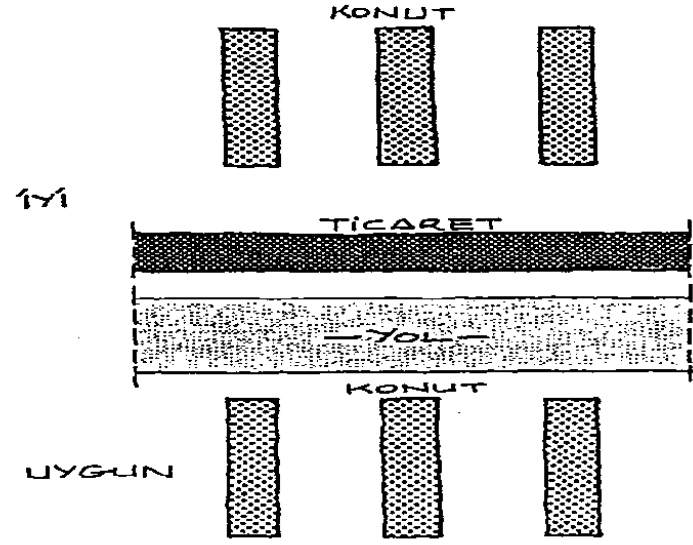
Yol- Yapı İlişkileri



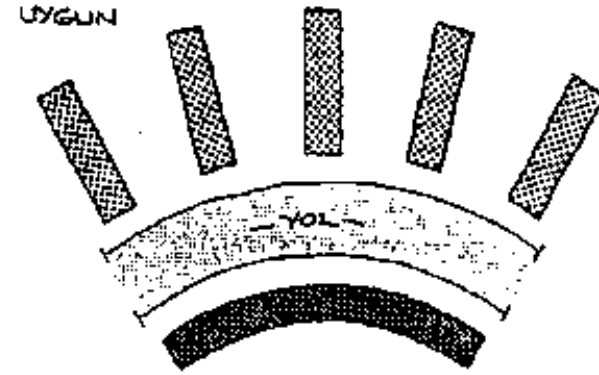
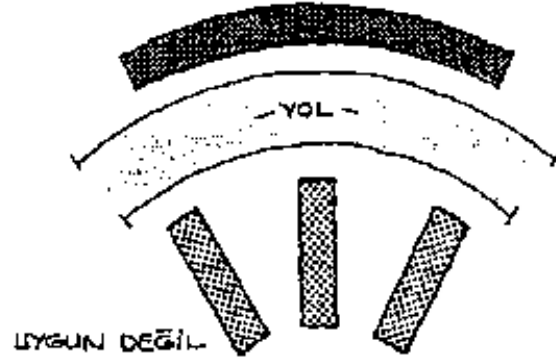
Şekil 1. Balkon ya da terasların alt tarafları trafik gürültüsünü yansıtarak açık kapı veya pencerelerden içeri girmesine neden olur.



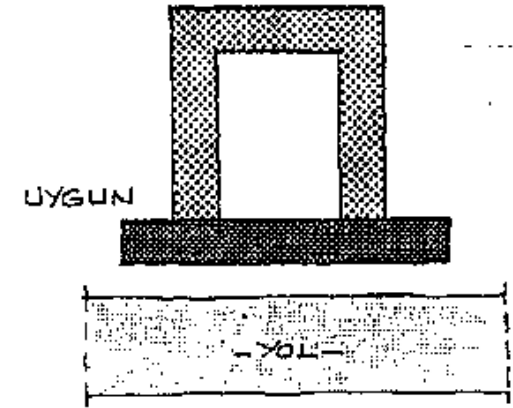
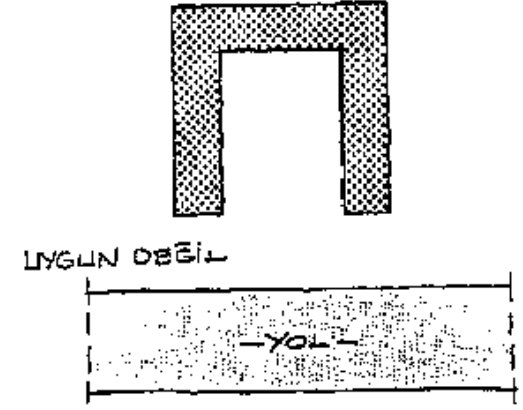
Yol- Yapı Yerleşimi



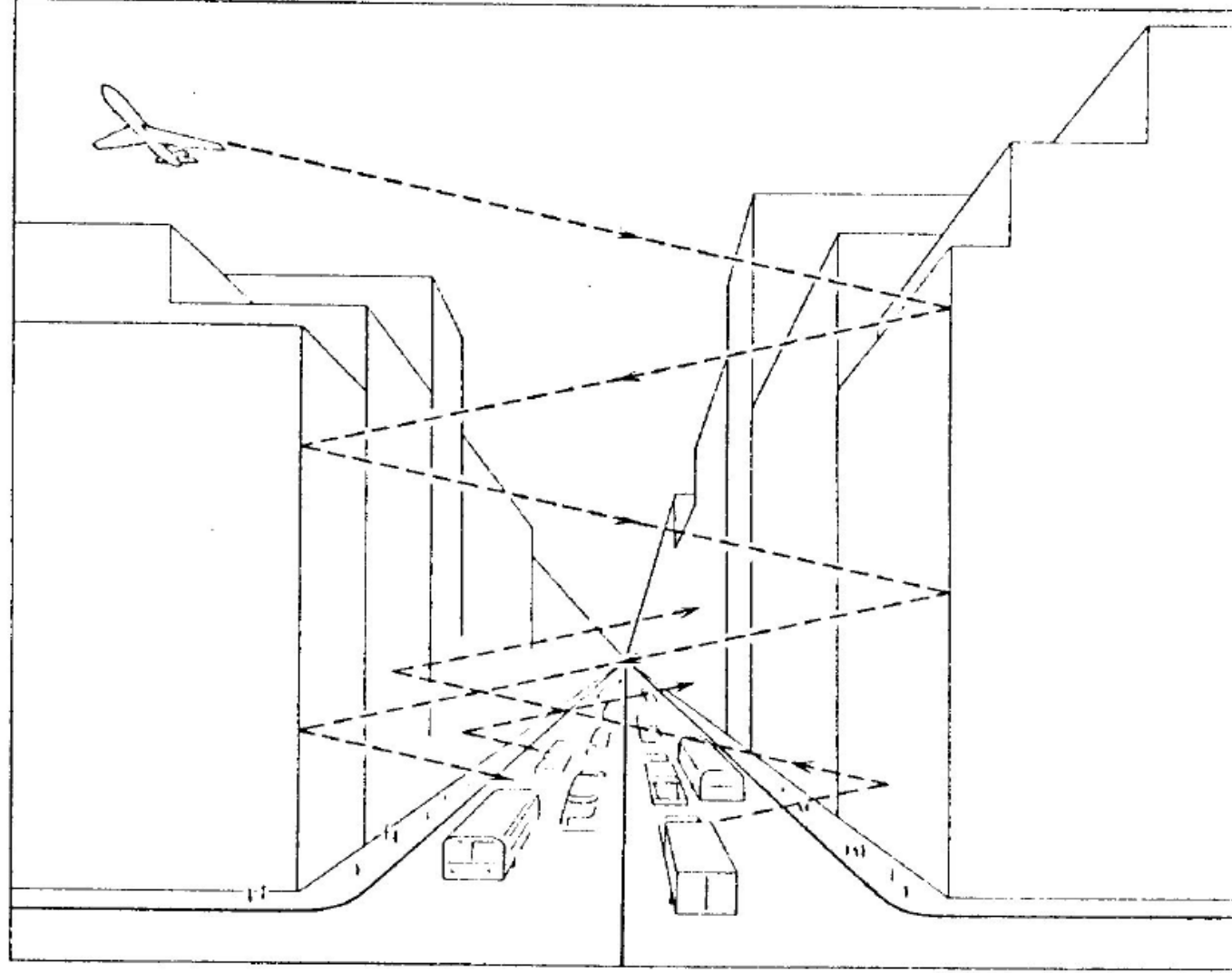
Yol-yapı yerleşimi



Yol-yapı yerleşimi



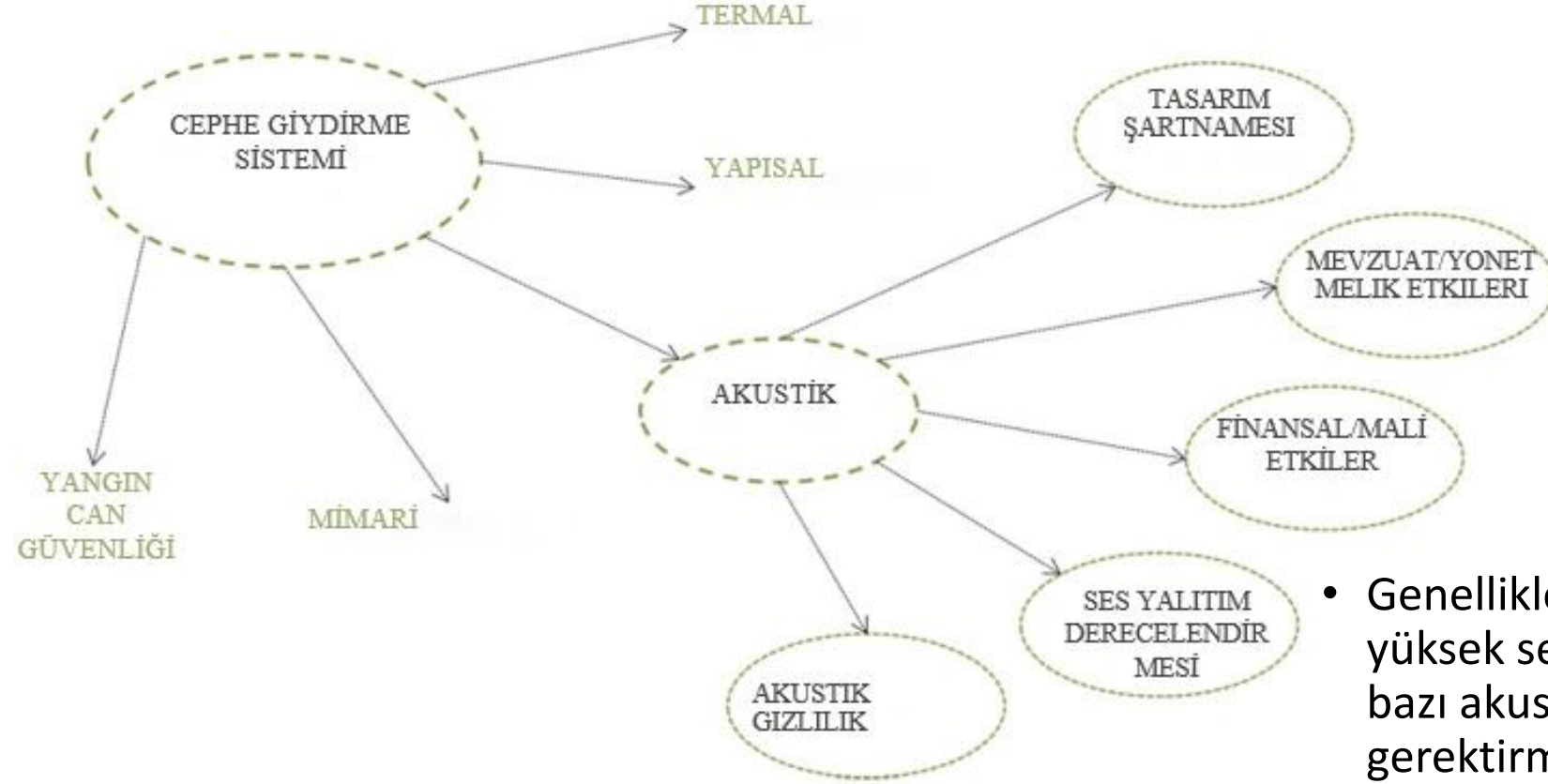
Yol-yapı yerleşimi



Şekil 2. Yüksek yapıların oluşturduğu bitişik düzendeki yapılaşmalarda karşılıklı yansımaların oluşturduğu “gürültü koridorları”.

CEPHE ve AKUSTİK KONFOR

Akustik Dâhil Cephe Giydirme Sisteminde Gerekli Tasarım Değerlendirmeleri



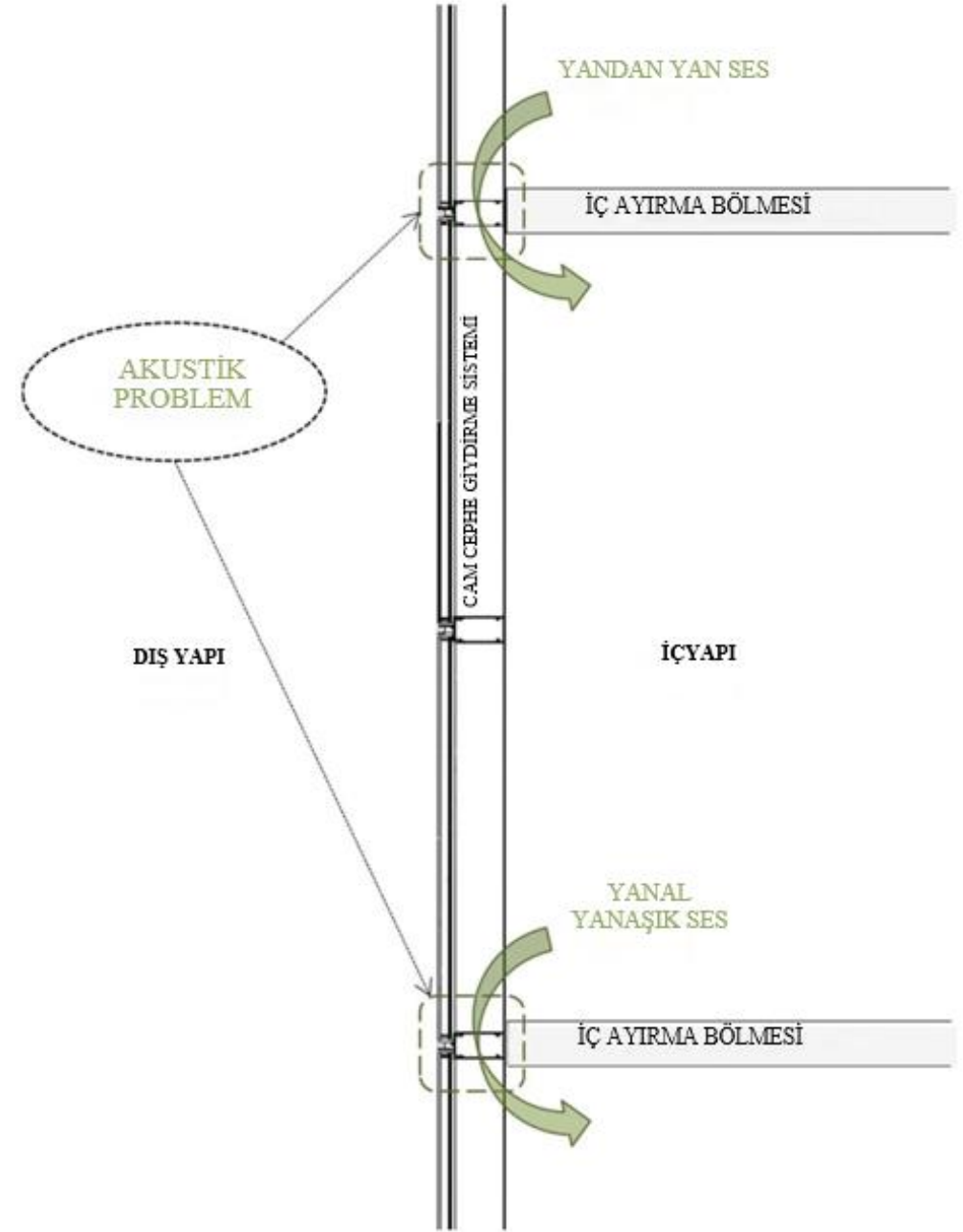
- Genellikle cephe giydirme tasarımı, yüksek ses yalıtımının gerekli olduğu bazı akustik müdahale şekli gerektirmektedir.

Ticari, perakende, sağlık hizmetleri, eğitim veya konut sekt6rlerinde çok katlı binalardaki 6n cephe yanaşık ses ile bağlantılı akustik performans etkileri aşağıdaki hususları içermektedir:

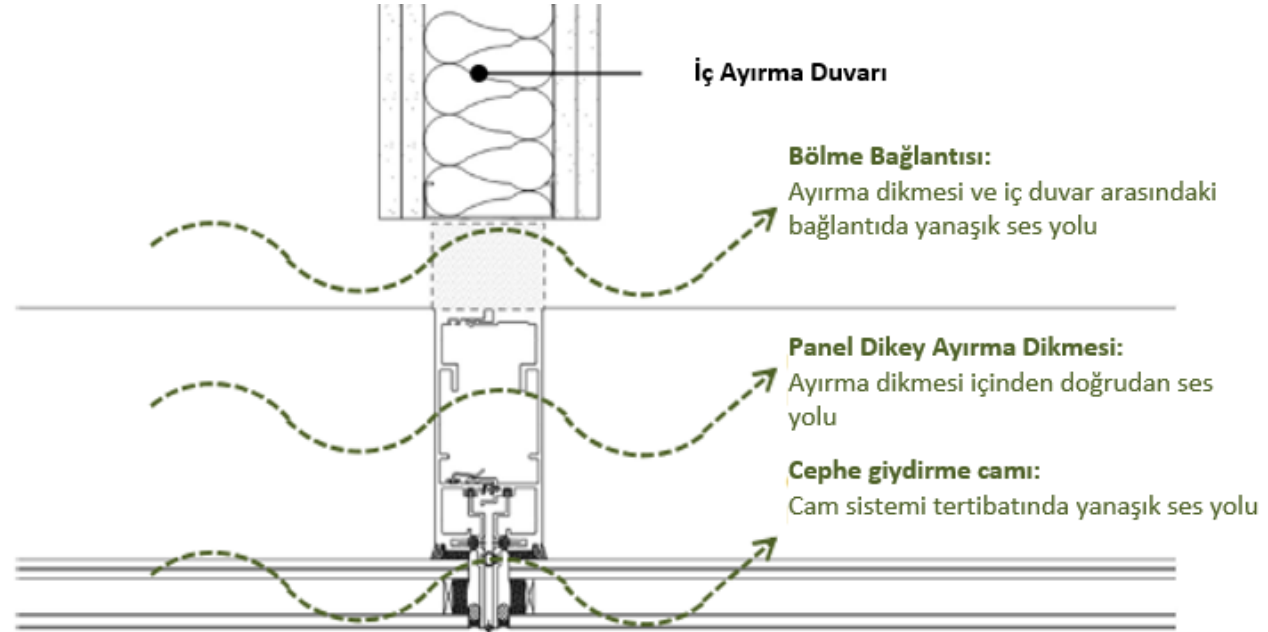
- Alanın kullanımı ve kalitesine y6nelik m6şteri beklentisi ve kriterleri
- Yatay ve dikey olarak komşu alanlar arasında bozulan konuşma mahremiyeti ve gizlilik
- Komşu alanlar arasındaki eř zamanlı etkinlik zarar g6rmektedir.
- Etkin maliyete ilişkin sorunlar. Sağlam b6lmelerin ses yalıtım performansının değeri d6şmektedir.
- Konut binalarındaki artış g6steren taleplere karşı gelecekteki yapı piyasası tahmini.
Bu nedenle, tasarım gereksinimleri ve alan planlama sorunları zahmetli olacaktır.
- Sağlık hizmetleri, konut ve yapı y6netmeliği ihlalleri.
- Uyku kaybı, iyileştirici ortamda azalma, stres ve 6retkenlik kaybı dâhil olmak 6zere sağlık riski.

Bunlar, farklı bileşenler ile uyumlu ses yalıtımını devam ettirmenin 6nemini vurgulamaktadır.

- Performans azalması hafif yapı bileşenleri gibi direnci düşük elemanlarda ses enerjinin daha kolay ilerlemesine bağlıdır. Cam cephe giydirmesinde, doğal olarak beton döşemeye göre cam yapı elemanları daha hafif yapı bileşenleridir.



- «Bölme duvarları ve döşemelerdeki yanaşık ses iletiminden düzgün tasarım ve detaylandırma için kaçınılmalıdır.»
- Bu arabirimlerin akustik yetersizliği, cephe giydirme bölme duvar dikmelerini yapıya sağlam bir şekilde bağlamak için tasarlanmış hafif yapı bileşenlerine bağlıdır.
- Mimari akustik uygulamadan tasarım kararları belirlenmiş olmasına rağmen hem bireysel hem de montaj açısından sistemin hangi bileşenlerin ilk olarak genel Ses İletim Sınıfı performansını etkilediği belirsizdir. Bu bileşenler, yanaşık ses yollarına yönelik mekanizmalar haline gelmekte ve cephe giydirme ve birbirine bağlı bölmenin genel ses yalıtımının bütünlüğünü bozmaktadır.



Panel ayırma dikmesinde birçok ses yolu oluşmasına rağmen üç yanal ses yolu göz önünde bulundurulmaktadır.

Bu yolların her biri, aşağıdaki cephe giydirme bileşenlerinin birisi ile bağlantılıdır: iç duvar bağlantısı, cephe giydirme ayırma dikmesi ve cephe giydirme camı. Bu ses yolları, birçok panel cephe giydirme mullion sistemlerinde tipik özelliktedir.

1. Bölme bağlantısındaki ses yolu, ayırma dikmesi ve ayırma bölmesinde yer almaktadır.

2. Doğrudan ses yolu, **cephe giydirme mullion** ekstrüzyonunda yer almaktadır.

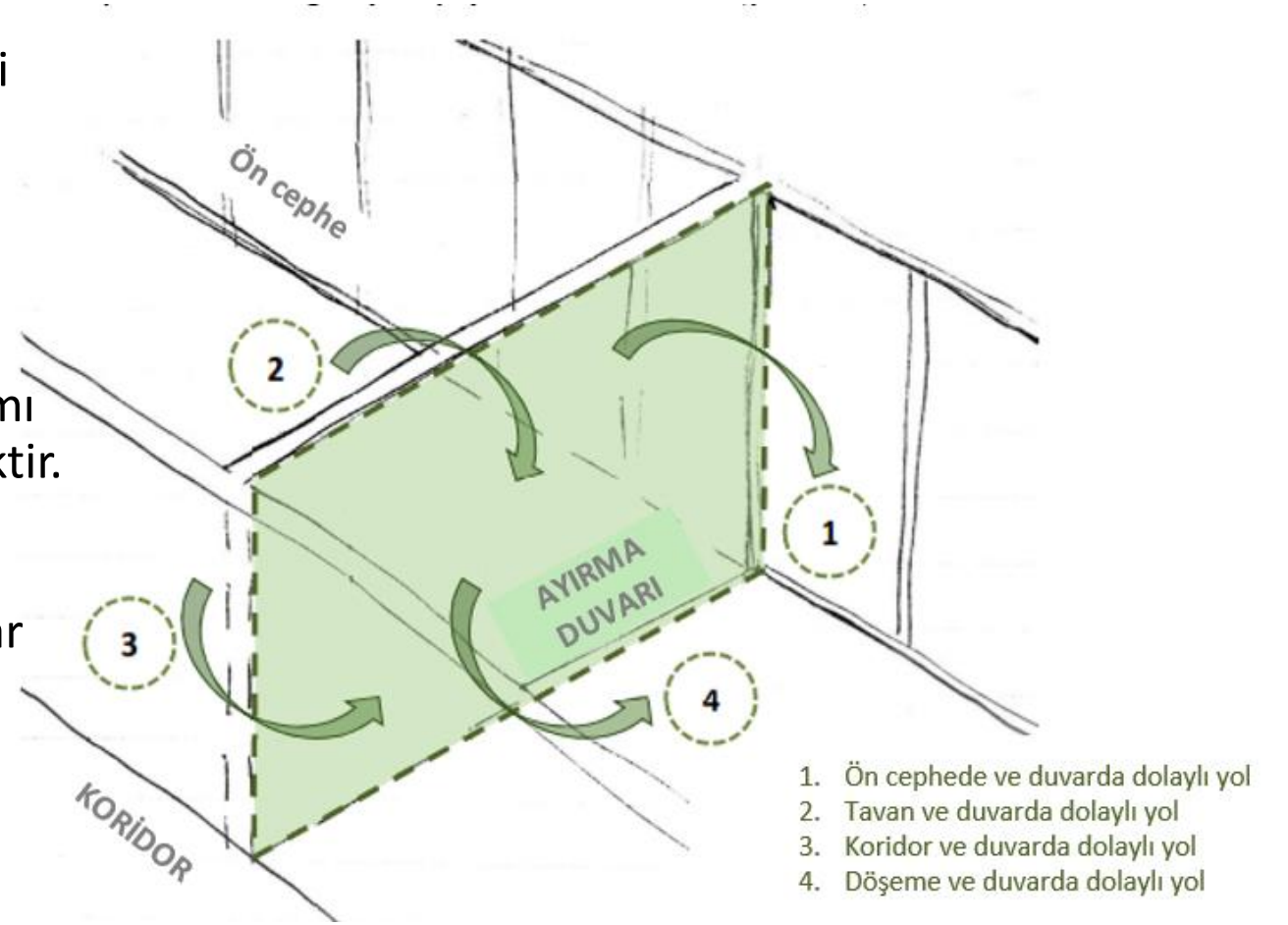
3. Cephe giydirme camında yer alan yanaşık ses yolu, kaynak odasından başlatılan ve alıcı odaya iletilen akustik enerjiden kaynaklı bükülgen dalgalardan dolayı oluşmaktadır.

Her yapı bileşenine ait geliştirmeler, izolasyonda karar verilmemelidir; cephe giydirme cam sistemindeki yanaşık seslerin sebebi genel olarak azaltma önlemleri için bir hedef olarak açıklanamamaktadır.

Ayırma dikmesi iyileştirmelerine yönelik ticari tasarımlar, yüksek Ses kaybı değerleri gösterebilir; ancak, bunlar, cephe giydirme cam sistemi geneli dâhil olmak üzere diğer yanaşık yollar ile gerçek kurulumda azaltılabilir.

- Yanaşık ses, yapı bileşenleri ile ses iletimi olarak tanımlanmaktadır; akustik kaçak, yapı konstrüksiyonunda meydana gelen hava boşlukları veya delikler vasıtasıyla ses iletimi olarak tanımlanmaktadır.

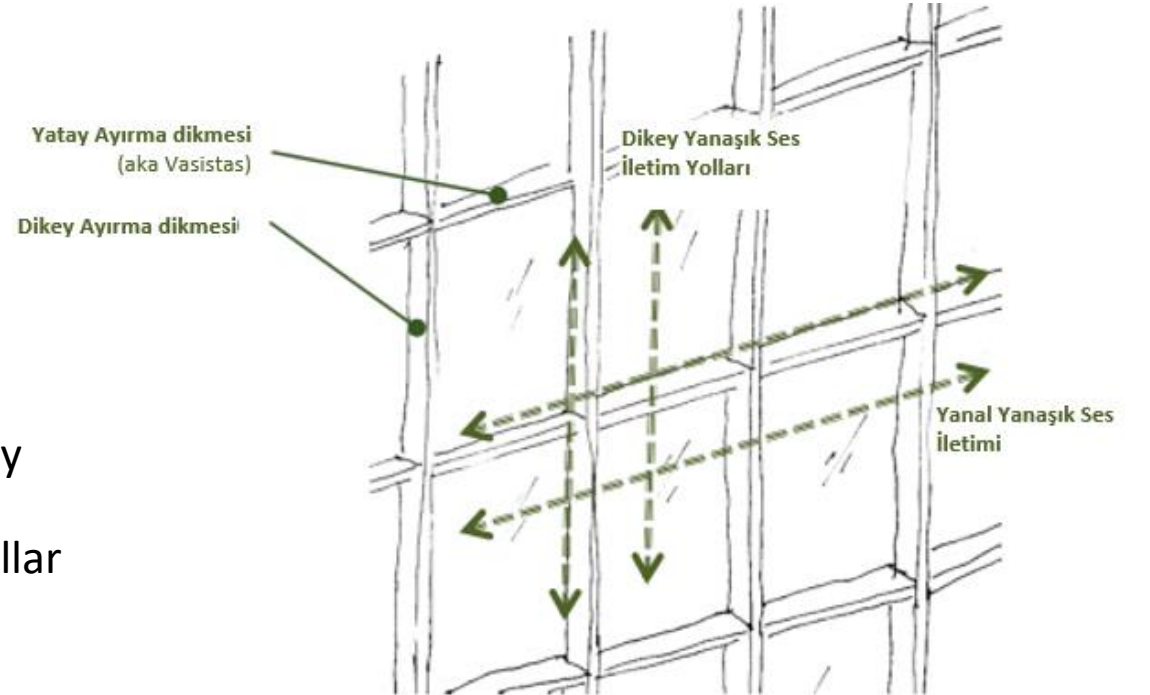
- Ön cephe ve iç duvardaki ses yolları, rüzgâr ve/veya sismik yüklere yönelik saptırma gereksinimleri, konstrüksiyon ve yapı tasarımı koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterecektir. "Yandaki sesin etkisi, belirlenen ayırıcı engelleyicilerin bilinen performansından beklenen yerden aşağı yer alan bitişik alanlar arasındaki başarılı ses yalıtımını azaltmaktadır. Yandaki ses her zaman mevcut olacağından (akustik laboratuvarın ideal sınırları dışında) izole edilmemiş konstrüksiyonlar arasındaki pratik saha performansı sınırlı olacaktır."



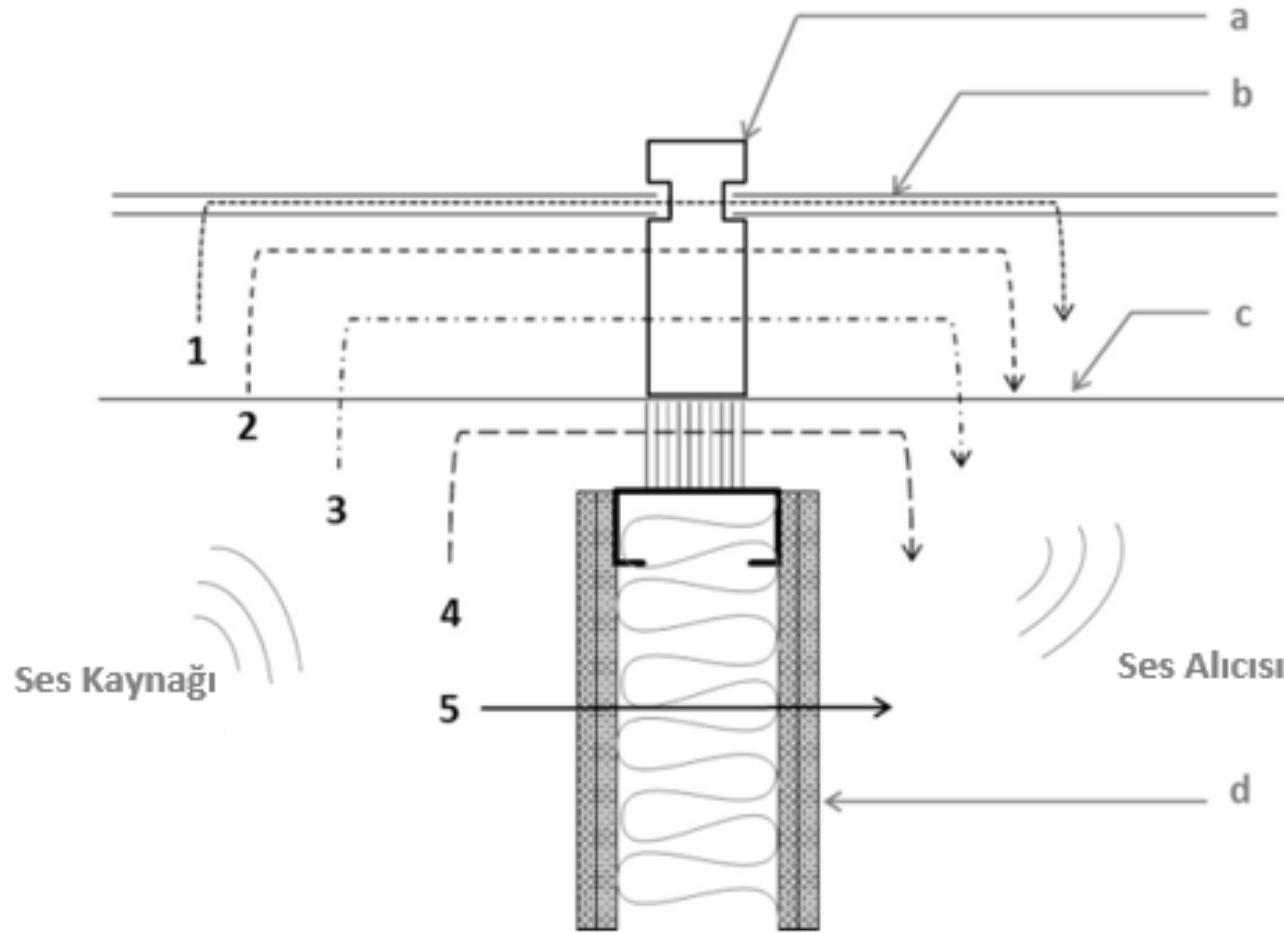
CEPHE GİYDİRME YANAŞIK SES İLETİMİ

CAM GİYDİRME CEPHE TASARIMINA İLİŞKİN AKUSTİK BİLGİLER

- Camın ses geçiş kaybı değerlerinin yanı sıra bağlantı noktalarına da dikkat edilmelidir.
- Bir ön cephe boyunca yan ve dikey ses iletimi, alanlar arasındaki potansiyel ses yalıtımını sınırlandırmakta ve cam cephe giydirmesi yapımı tasarımında nadiren göz önünde bulundurulmaktadır.
- Akustik ile ilgili sorunlar genellikle ön cephe içinden çevresel gürültülerdeki ses iletimine odaklanmaktadır. Ancak, bu ön cephe boyunca yanaşık ses yolları, iç ses yalıtımına zarar vermekte ve dikey ayırma dikmesi, yatay ayırma dikmesi, cam dolgu, bölme bağlantısı, döşeme plakası bağlantısı gibi cephe giydirmeye bağlı yapısal yollar ile akustik enerjiyi iletmektedir.
- İç ses yalıtımı, bu akustik zayıflıklardan dolayı bozulmaktadır. Yanaşık iletim yolları, hem yan hem de dikey olabilir.



CAM CEPHE GIYDİRMESİNDE BEŞ BELİRLEYİCİ SES YOLUNUN PLAN DİYAGRAMI



Mimari Anahtar:

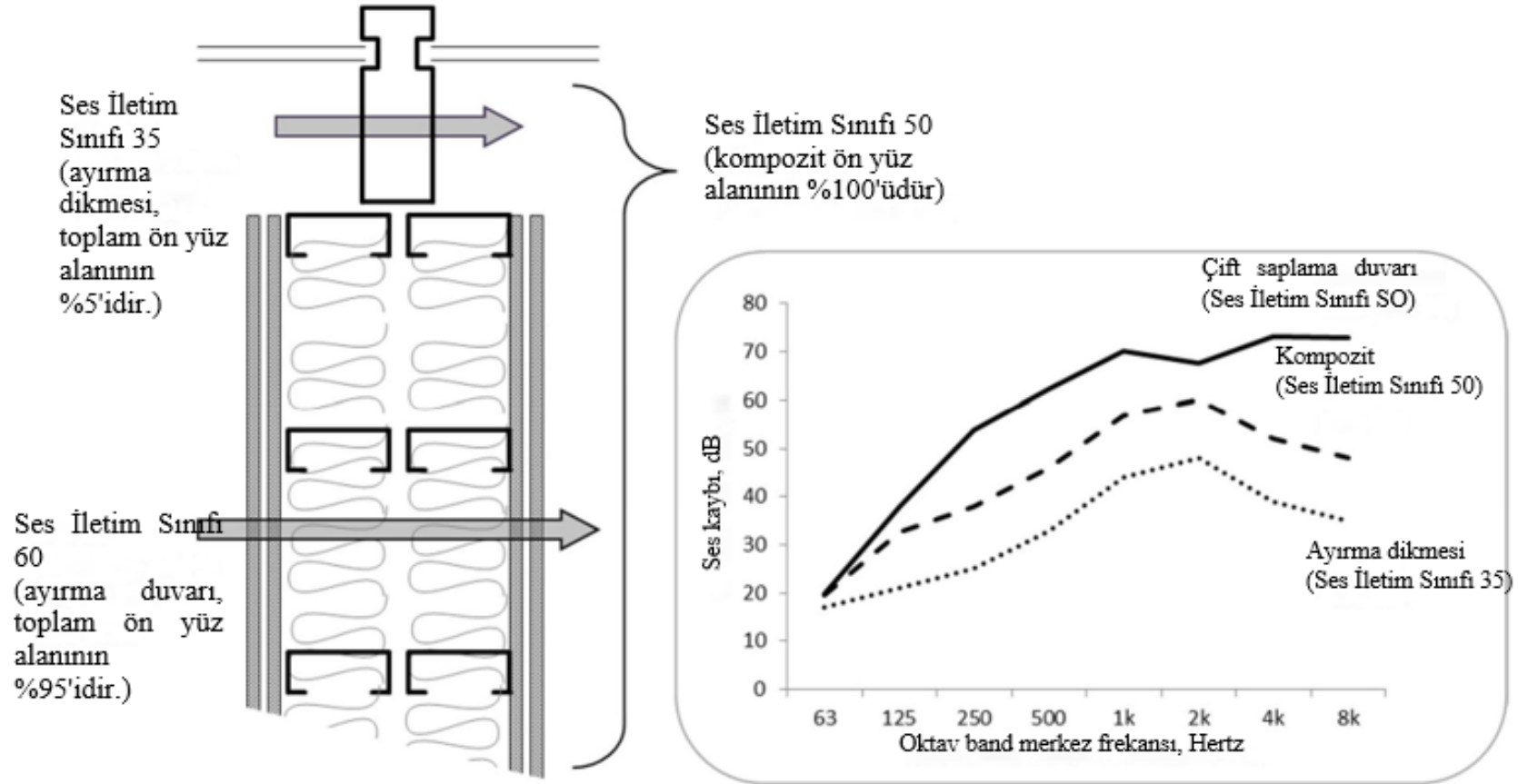
- a. Alüminyum ayırma dikmesi ekstrüzyonu
- b. Cephe giydirme çerçevesinin cam dolgusu
- c. Cephe giydirme sisteminin alüminyum yatay ayırma dikmesi
- d. Gösterge Dâhili Duvar bölmesi

Akustik Anahtar:

1. Cam- ayırma dikmesi - cam bileşenleri boyunca yandan ses iletim yolu
2. Dikey ayırma dikmesi ekstrüzyonu içinden doğrudan ses iletim yolu
3. Yatay ayırma dikmesi bileşeni içinden yanaşık ses iletim yolu
4. Dirençli bölme bağlantısında yanaşık ses iletim yolu
5. İç duvar bölmesi boyunca doğrudan ses iletim yolu

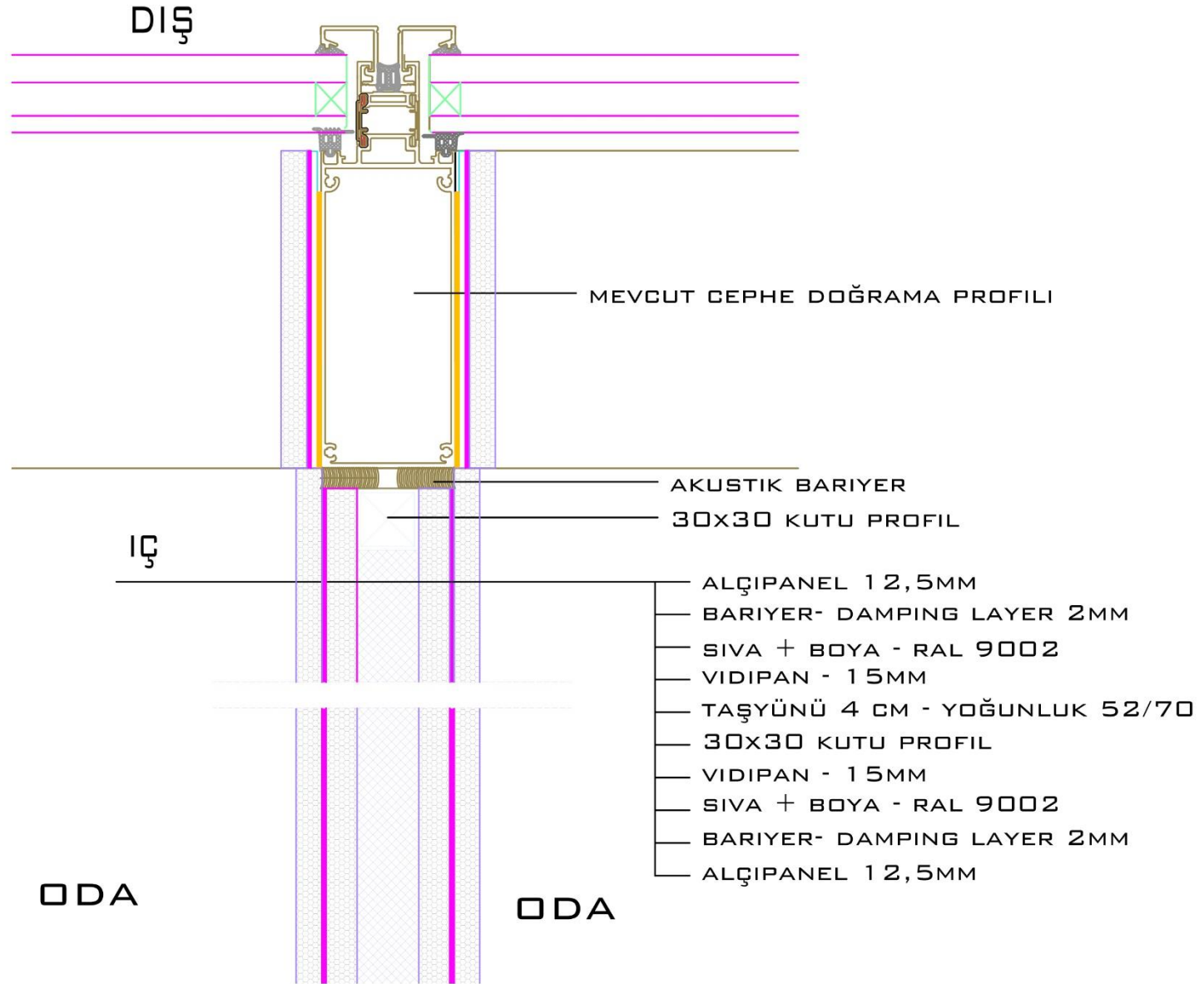
- Ses enerjisinin iç duvarın bir tarafından diğer tarafına geçtiği birçok ek yol mevcuttur:
- **a. Cam sistemi yolu**, kaynak odasındaki ses enerjisi cephe giydirme camına vurduğunda ve ses enerjisini, hafif ayırma dikmesine ve daha sonra alıcı oda cephe giydirme camına ilettiğinde oluşturulmaktadır. Alıcı cam sistemi, yapıya bağlı sesin yeniden hava iletilmesine yönelik bir diyafram haline gelmektedir. (Şekil Akustik Anahtar #1). Bu yanıl yol genellikle ayırma dikmelerinden olduğu gibi ses azaltma yöntemlerinde uygulamada değerlendirilmemektedir.
- **b.** Cephe giydirme sisteminin dikey hafif ayırma dikmesi ekstrüzyonu ile yapının taşıdığı ses yolu doğrudan iletildiğinde **ayırma dikmesi yolu** oluşmaktadır. (Şekil Akustik Anahtar #2)
- **c. Yatay ayırma dikmesi yolu**, cephe giydirme sisteminin yatak ayırma dikmesi ile dolaylı ses iletimini oluşturmaktadır. (vasistas) (Şekil Akustik Anahtar #3).
- **d. Bağlantı yolu**, ayırma dikmesinin ayırma bölmesine bağlandığı yerde hava boşluğu/sızıntısı ile oluşan havadaki ses yoludur. (Şekil Akustik Anahtar#4).
- **e. Doğrudan duvar yolu**, ayırma bölmesi ile doğrudan iletimden elde edilen yapının taşıdığı ses yoludur. (Şekil Akustik Anahtar #5)

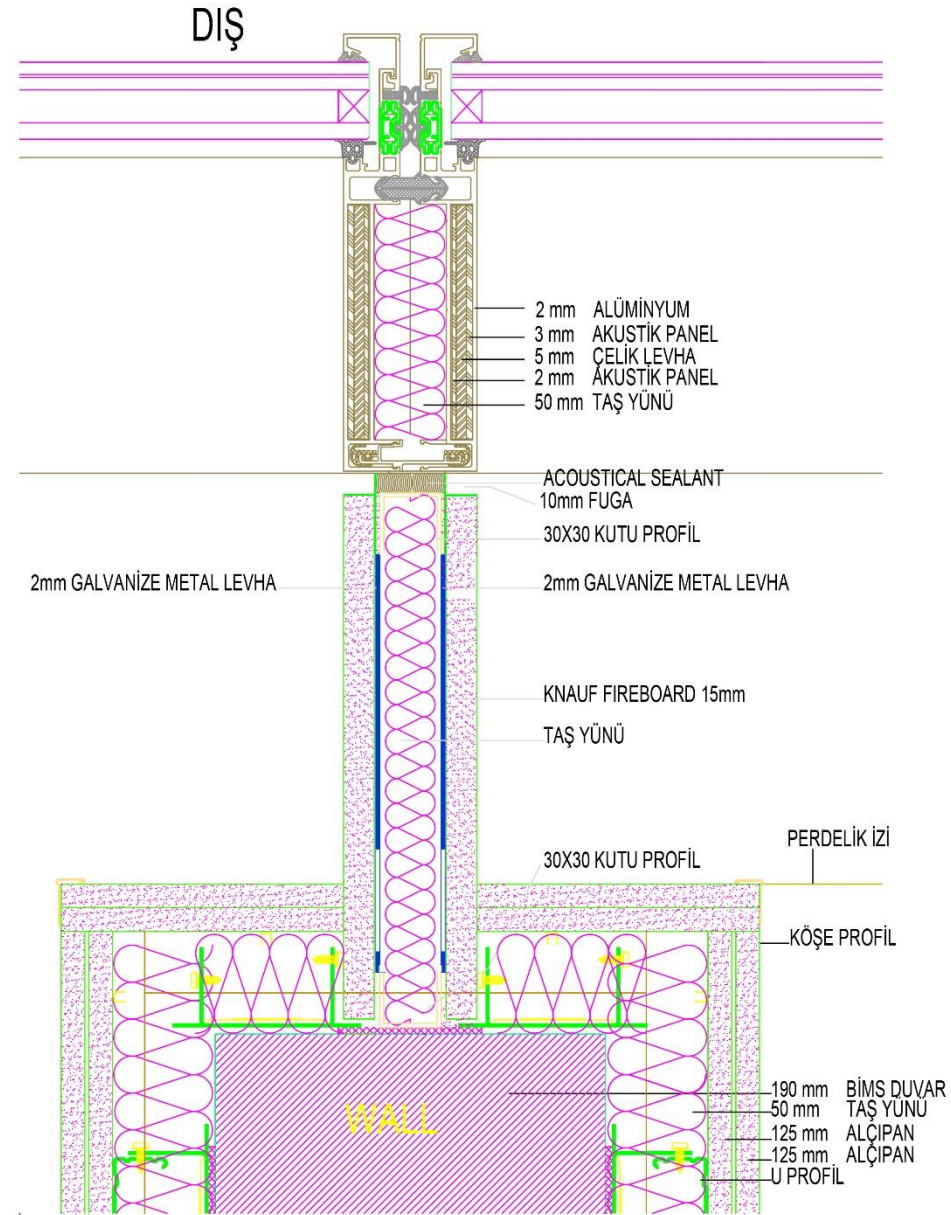
1



AYIRMA DİKMESİNİN YÜKSEK SES İLETİM SINIFI DUVAR DEĞERLENDİRME VE DÜŞÜK SES İLETİM DEĞERLENDİRMESİ ARASINDAKİ KOMPOZİT PERFORMANSINI GÖSTEREN GÖSTERİCİ DİYAGRAMLAR

- Bu çift saplama duvar için gösterge değerine sahip Ses İletim Sınıfı derecelendirmesi, önemli orandaki düşük performans gösteren ayırma dikmesinden dolayı 10 dB Ses İletim Sınıfı noktalar ile bozulmaktadır. Bu kayıp miktarı önemlidir çünkü 10dB, ses şiddeti seviyesinin iki katına çıkarılması veya yarıya bölünmesi ve ses şiddeti seviyesini iki katı olarak insan kulağı ile algılanmaktadır.
- Cephe Ayırma bölmesinin 35dB veya daha az oranda düşük yalıtım değerine sahip olduğu durumlarda yavaşık iletim sonucu ihtimali azdır; ancak, 50dB değerindeki bölme değerlerine ulaşıldığında dolaylı ses yolları ile sonraki geliştirmeler sınırlıdır.
- Ağır duvar ile hafif ayırma dikmesinin birleştirilmesine yönelik iyi mimari bir detaylandırma, akustik performans derecelendirmesini geliştirmek ve yapı malzemeleri masraflarını geçerli kılmak için fırsatlar oluşturmaktadır.





ROOM

ROOM

CONCEPT

WALL

PLASTER 20mm+PAINT

SOUND INSULATION 50mm
MINERAL WOOL PLATES 70kg/m³

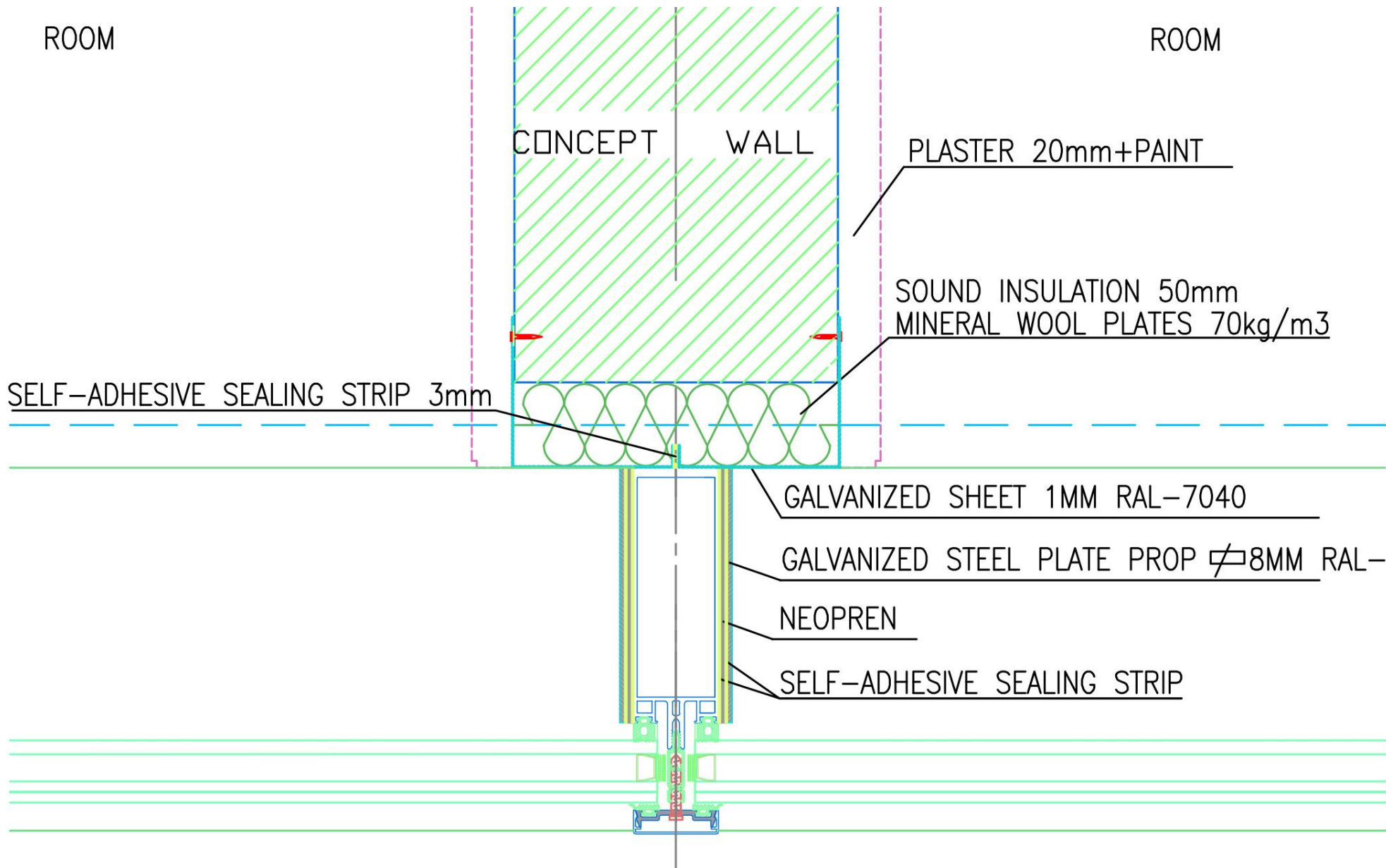
SELF-ADHESIVE SEALING STRIP 3mm

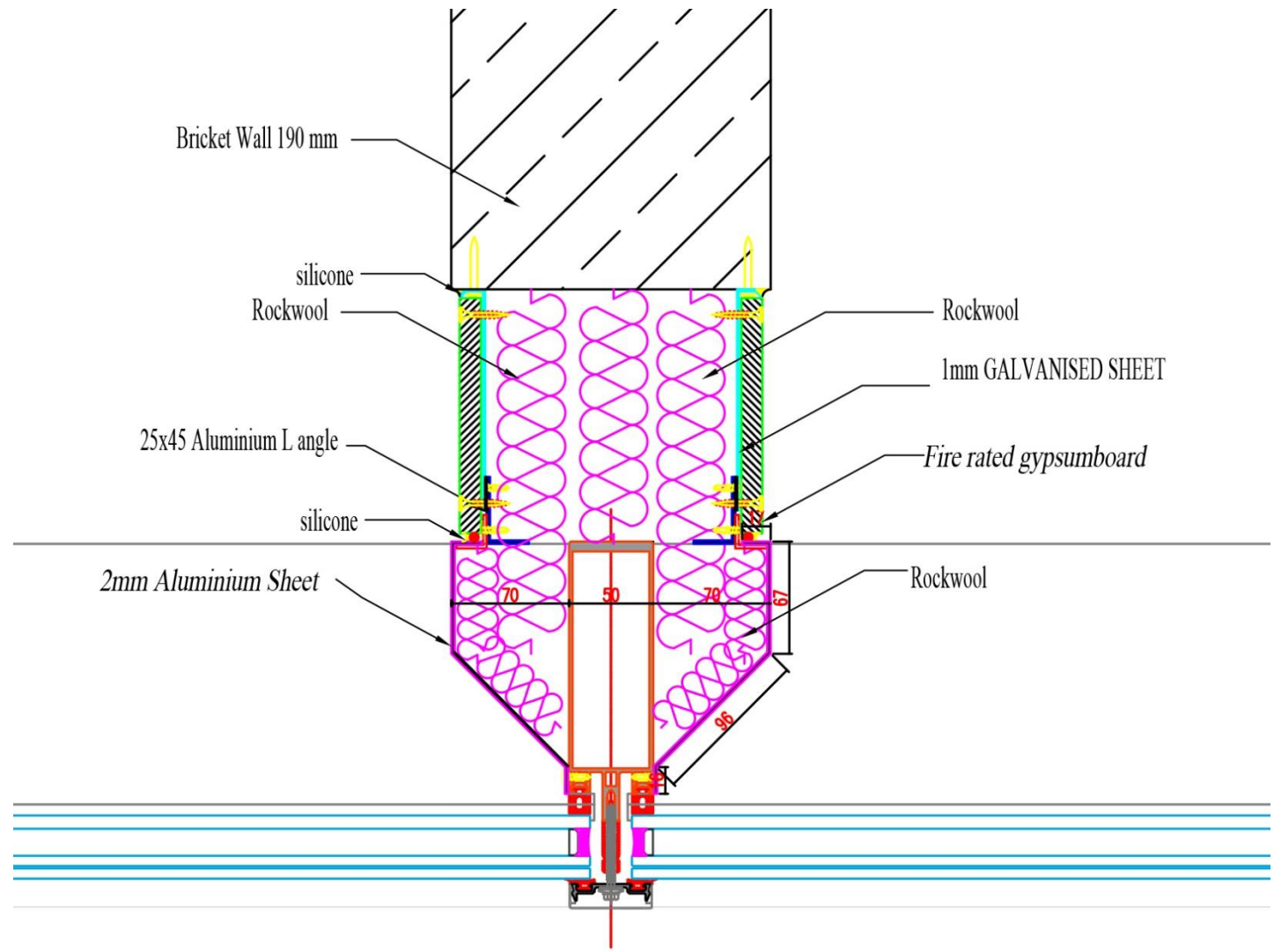
GALVANIZED SHEET 1MM RAL-7040

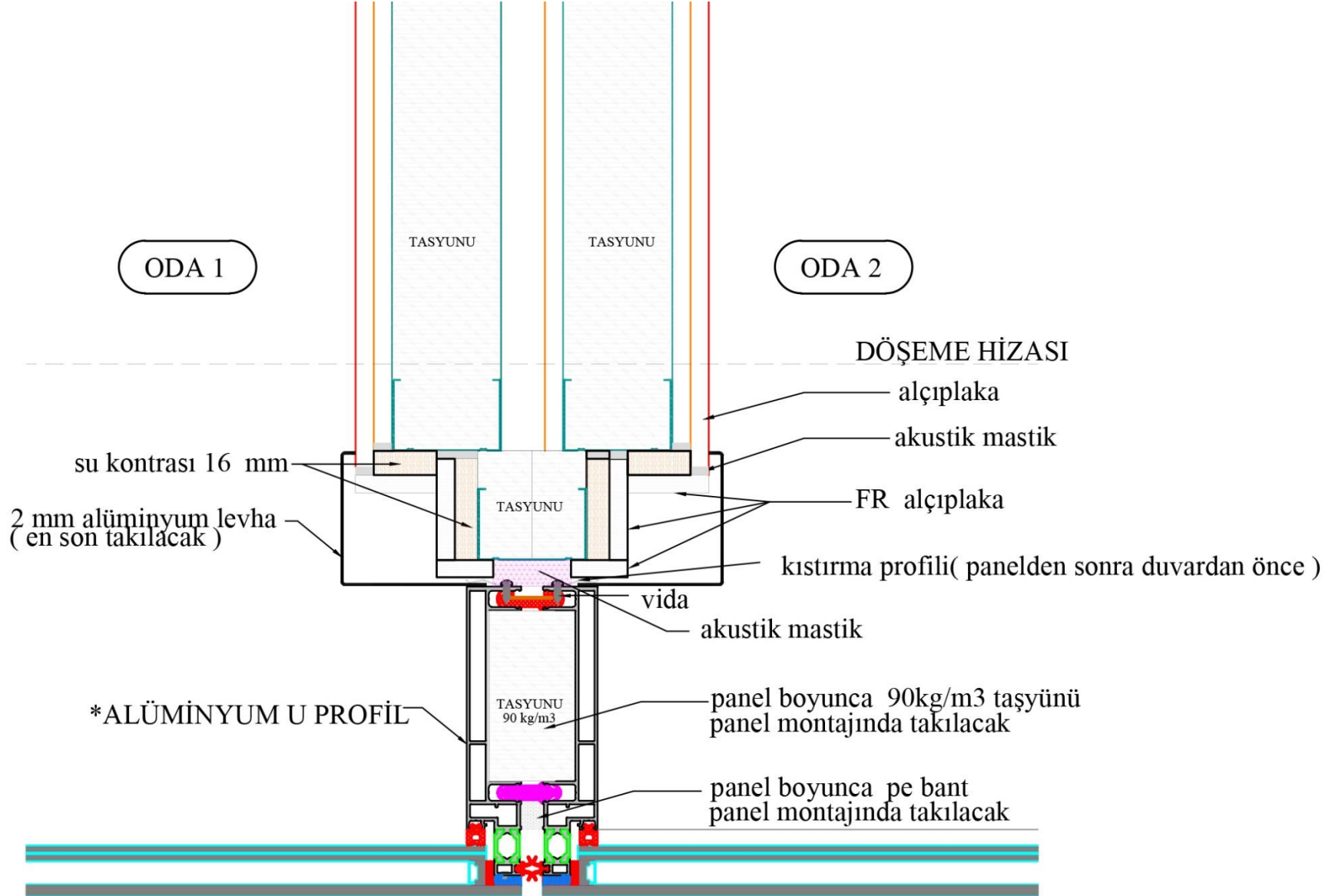
GALVANIZED STEEL PLATE PROP \varnothing 8MM RAL-7040

NEOPREN

SELF-ADHESIVE SEALING STRIP









AKUSTİK & GÜRÜLTÜ KONTROL

Dr. Duyal Karagözoğlu / Y. Mimar Rumeysa Evli Akustik Uzmanı

Yeni Bostan Sokağı 8/2 34464 Yeniköy - Istanbul

Tel: +90 212 223 15 22

GSM: +90 532 473 7193

duyal@akustikizolasyon.com / info@akustikizolasyon.com