



Dokuz Eylül Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü



İNŞ2023 YAPI MALZEMESİ I

**FİZİKSEL ve KİMYASAL
ÖZELLİKLER**

Dr. Öğr. Üyesi Çağlar YALÇINKAYA

www.caglaryalcinkaya.com

FİZİKSEL ÖZELLİKLER



- Fiziksel özellikler, malzemenin fiziksel deney yöntemleri ile ölçülebilen özelliklerini kapsar. Bunlar,
 - dış boyutlar,
 - birim hacim ağırlık,
 - özgül ağırlık,
 - kompasite,
 - porozite,
 - su emme,
 - kılcal su emme,
 - basınçlı su geçirimsizliği,
 - ısı özellikler (özgül ısı, ısı iletkenlik ve termik genleşme) vb.

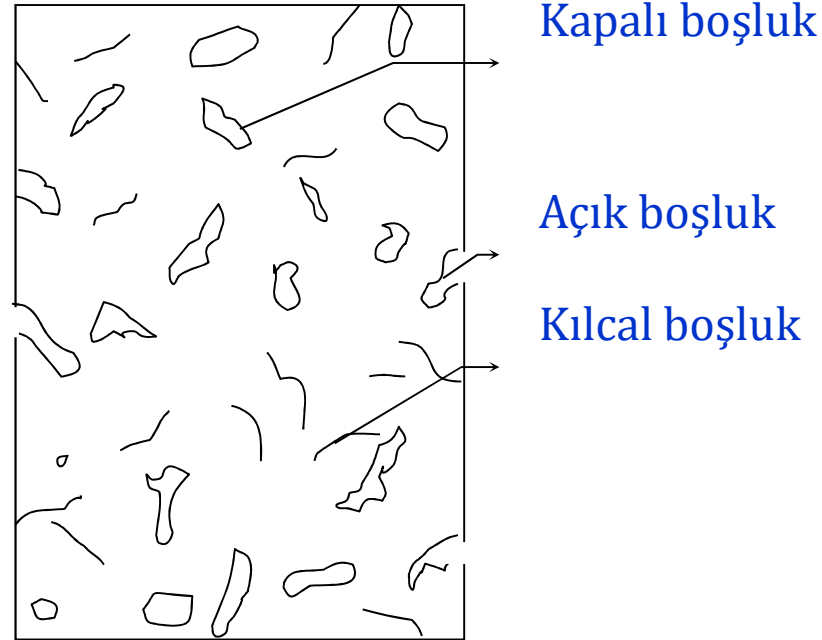
FİZİKSEL ÖZELLİKLER



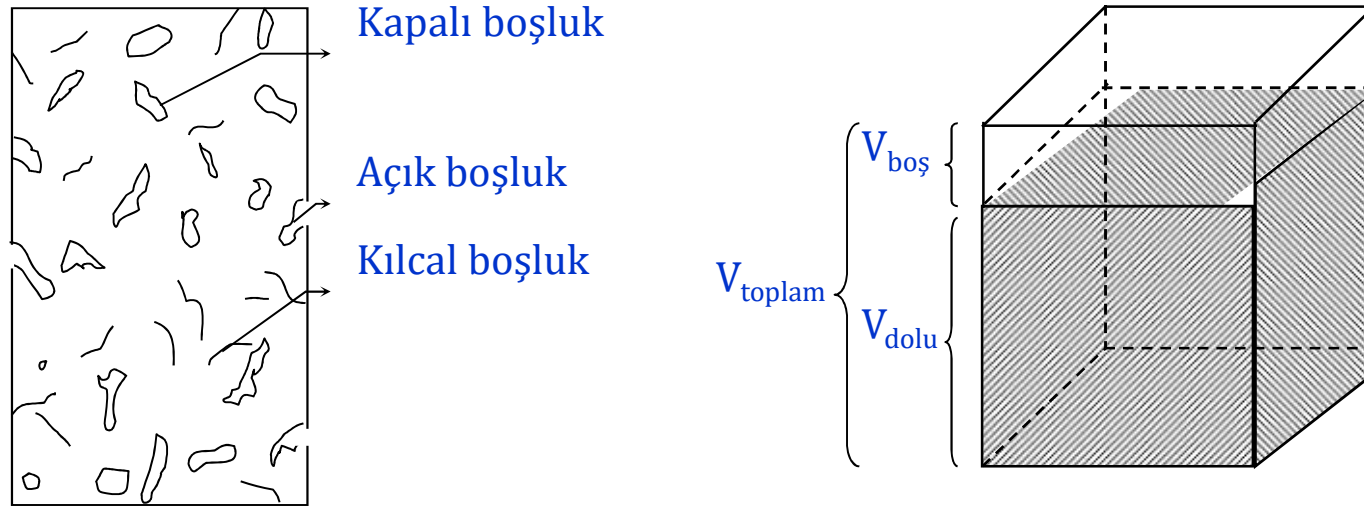
Birim Hacim Ağırlık, Yoğunluk, Özgül Ağırlık

- Malzemelerin çoğunda gözle görülen ve görülemeyen boşluklar vardır. Genellikle seramikler sınıfına giren taş yapılı malzemelerde, kompozit malzemelerde ve hafif yapı malzemelerinde değişik tür ve büyüklükte boşluklar bulunur.

- Gerçek cisimlerde bulunan boşluk türleri şekilde şematik olarak gösterilmiştir. Bu boşlukların bazıları dışa açık bazıları ise kapalıdır. Açık ve kılcal boşluklar su emme ve geçirimsizlik yönünden önemlidir.



- Şekilde görülen malzeme parçası içindeki dolu kısımları bir tarafa, boşlukları da bir tarafa toplanmış varsayarak aşağıdaki basitleştirilmiş model elde edilir.



Malzemenin;

- kuru ağırlığı P ,
- tüm hacmi V ,
- boşluk hacmi V_b ,
- dolu kısmının hacmi V_d olsun.

Not: Bir cismin kuru ağırlığı (P), cisim etüvde $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ağırlığı sabit kalıncaya kadar (yaklaşık 24-48 saat) kurutularak belirlenir.

- Malzemenin boşluklarını da içeren birim hacminin ağırlığına, **birim hacim ağırlık** denir. Bu değerin küçük olması o cismin gözenekli ve boşluklu bir yapıda olduğunu gösterir. Örneğin, polistiren köpük gibi ısı tutucu malzemelerde birim hacim ağırlık en çok 35 kg/m^3 iken, betonda bu değer 2400 kg/m^3 gibi bir düzeye ulaşır.

- Birim Hacim Ağırlık = Kuru Ağırlık / Toplam Hacim

$$\Delta = P / V = P / (V_b + V_d)$$

- Yoğunluk = Kuru Ağırlık / Dolular Hacmi

$$\delta = P / V_d = P / (V - V_b)$$

- Basit, kusursuz geometrik biçime sahip bir cismin boyutları ölçülerek V görünen hacmi hesaplanabilir.

- V (görünen hacim) $= V_d$ (dolu hacim) $+ V_b$ (boşluk hacmi)

- Şekli düzgün olmayan malzeme,

- su emmeyen cinsten ise, havada kuru olarak tartılıp P_1 , suda tartılıp P_2 bulunur ve V hacmi $= P_1 - P_2$ hesaplanır. $\Delta = P_1 / (P_1 - P_2)$

- su emen cisimlerde ise, su emen malzemenin dış yüzünü bir parafin tabakası ile yalıtım yapıldıktan sonra suda tartmak suretiyle de yapılmaktadır.



- ÖZGÜL AĞIRLIK, bir malzemenin yoğunluğunun, aynı hacimdeki suyun +4 °C'deki yoğunluğuna oranıdır. Özgül ağırlık birimsizdir.

- Özgül Ağırlık = maddenin yoğunluğu / suyun yoğunluğu

- Özgül Ağırlık= havada kuru ağırlık /eşdeğer su hacminin ağırlığı

- Metrik sistemde yoğunluk ve özgül ağırlık boyut farkı dışında aynı değerde çıkar.

- Özgül ağırlık, dolu hacme göre hesaplandığı için daima birim hacim ağırlıktan büyüktür, boşluksuz bir malzemedede birim hacim ağırlık ve yoğunluk birbirine eşittir.

- **Porozite (p)**, malzemede bulunan boşluk hacminin malzemenin tüm hacmine oranıdır.
- **Kompasite (k)** ise malzemenin dolu kısmının hacminin malzemenin tüm hacmine oranı olarak tanımlanır.

V malzemenin tüm (boşluk dahil) hacmini, V_d yalnızca katı hacmini, V_b boşluk hacmini simgeliyorsa,

$$p = \frac{V - V_d}{V} = \frac{V_b}{V}$$

$$k = V_d / V$$

$$p + k = 1$$

- Cismın birim hacim ağırlığı (Δ), yoğunluğu (δ) ve V hacmindeki ağırlığı (P) ise;

$$\Delta = \frac{P}{V}$$

$$\delta = \frac{P}{V_d}$$

$$p = \frac{V - V_d}{V} = 1 - \frac{V_d}{V}$$

$$V = P / \Delta$$

$$V_d = P / \delta$$

$$p = 1 - \frac{P / \delta}{P / \Delta}$$

$$p = 1 - \frac{\Delta}{\delta}$$

■ Su Emme Oranı

Malzemenin suya doymuş ağırlığı (P_2) ile kuru ağırlığı (P_1) arasındaki farkın ($P_2 - P_1$) kuru ağırlığına oranının yüzde olarak değeri ağırlıkça su emme yüzdesini (S_a), hacmine oranı ise malzemenin hacimce su emme yüzdesini (S_h) belirler.

$$S_a (\%) = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \cdot 100$$

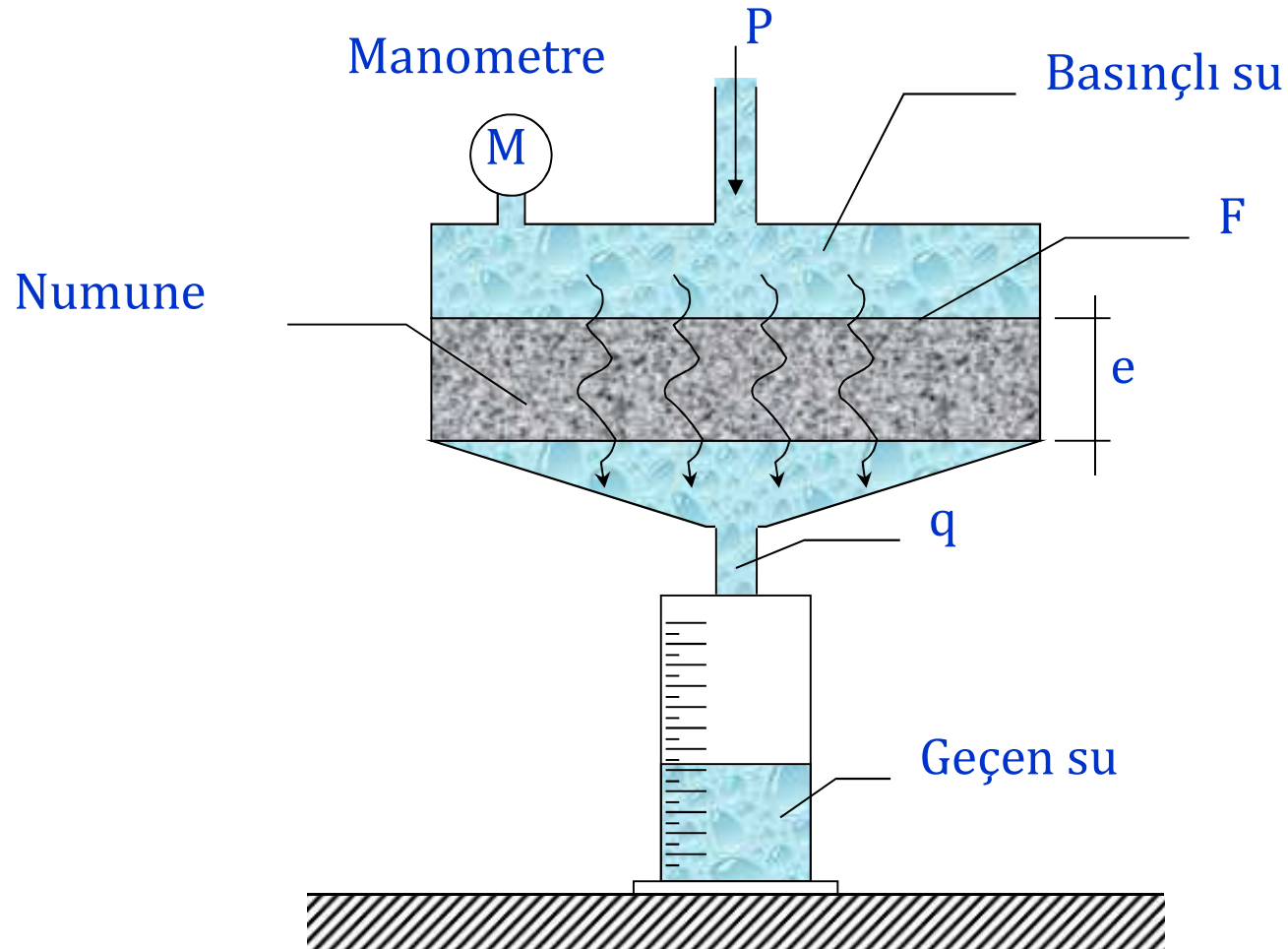
$$S_h (\%) = \frac{P_2 - P_1}{V_1} \cdot 100$$

■ Geçirimsizlik

Malzemenin bir basınç farkı etkisiyle suyu bir taraftan diğer tarafa geçirme yeteneğine geçirimsizlik denir.

Bu özellik, belirtilen koşullarda birim alandan, birim zamanda geçen su miktarı ile tanımlanır ve geçirimsizlik (permeabilite) katsayısı ile ifade edilir.

- Geçirimsizlik olayının **Darcy yasasına** uygun olduğu varsayılır; malzemeden birim zamanda geçen su miktarı (q), belli kesitte (F) ve kalınlıktaki (e) malzemeye etkili olan su basıncına (P) ve malzemenin su geçirimsizlik katsayısına bağı olarak değişmektedir

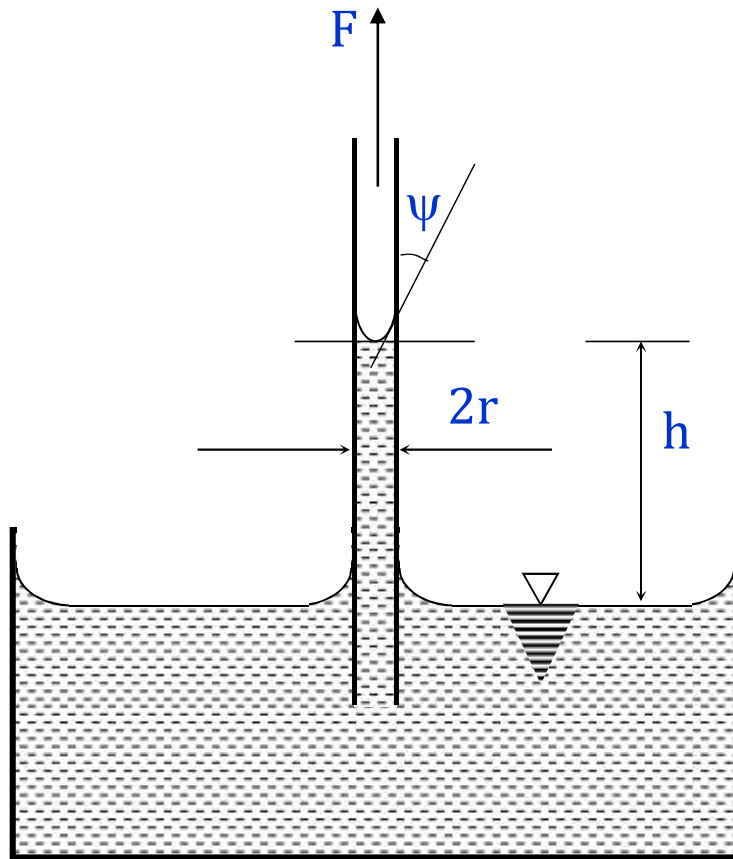


$$q=K(PF/e)$$

- K = geçirimsizlik katsayısı (cm/s),
 - P = su basıncı (cm)
 - F = cismin kesit alanı (cm²),
 - q = saniyede geçen su miktarı (cm³/s),
 - e = suyun geçtiği cismin kalınlığı (cm).
-
- P , F ve e büyüklükleri aynı kaldıkça bir cisimden geçen su miktarı K ile orantılıdır.

■ **Kapilarite (Kılcallık)**

Malzemenin başka bir su emme şekli de kapiler yolla gelişir. Cismin bir yüzeyi ile temas eden su, kılcal (mikron mertebesinde) boşluklu cisimlerde malzeme bünyesinde yukarı kısımlara doğru çıkar.



- Sıvı yüzeyinin katı cisim kenarında yaptığı ψ açısına **ıslatma açısı** adı verilir.

- yüzey geriliminin düşey bileşeni

$$F = 2 \pi r \gamma \cos \psi$$

- Burada γ yüzey gerilimidir

- En büyük yükseklikte denge durumu:

$$2\pi r \gamma \cos \Psi = \pi r^2 h_{\max} \rho g$$

$$h_{\max} = \frac{2\gamma \cos \Psi}{r\rho g}$$

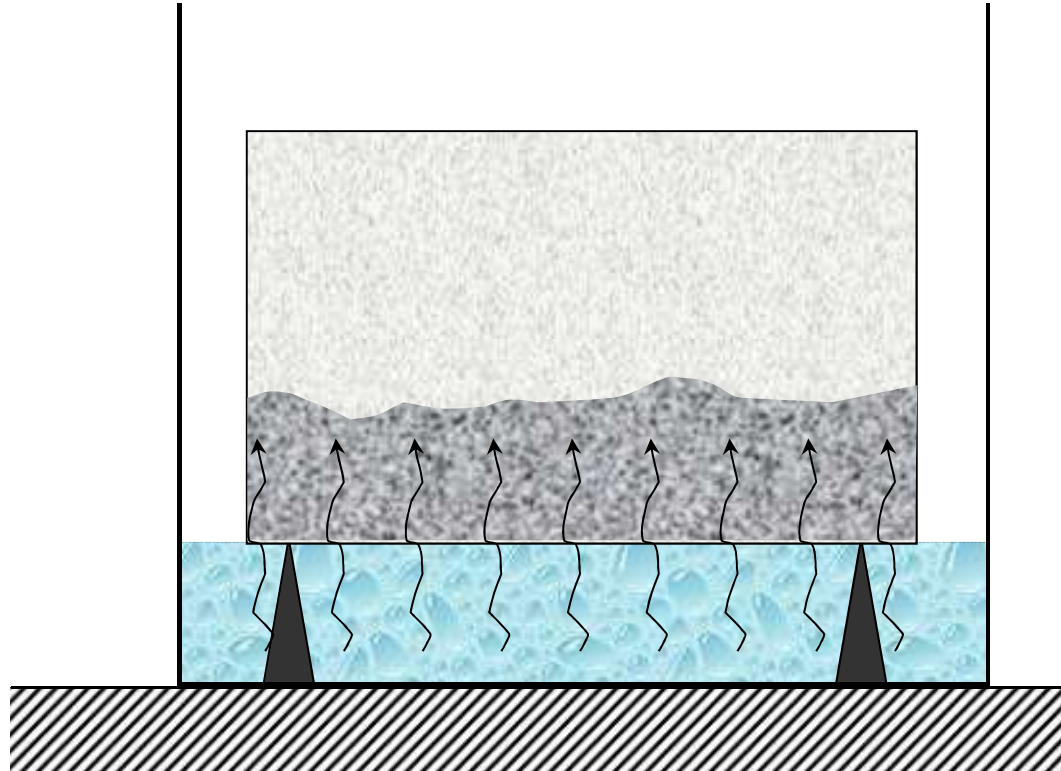
bağıntısı elde edilir. Bu sonuç **Jurin yasasının** ifadesi olup, bu yasaya göre düşey durumdaki bir kılcal boru içinde sıvının erişebileceği yükseklik kılcal borunun yarıçapı ile ters orantılıdır. Suyun yüzey gerilimi sabit olduğuna göre borunun çapı küçüldükçe su daha yükseğe çıkar.

- Kılcallık olayına maruz homojen bir cisimde sıvının hareketinin **Poiseuille rejimine** uyduğu kabul edilebilir. Bu rejimde sıvının cisim içinde yükselme hızı, sıvının yüksekliği ile ters orantılıdır. Bu ilkeden yararlanarak

$$m = \frac{c}{100} \cdot F \cdot \sqrt{t}$$

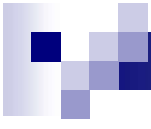
- m :emilen su miktarı (g)
- F :cismin su ile temas eden yüzey alanı (cm²),
- t: zaman (dakika)

- Taş yapılı malzemelerin kılcallık özelliğini saptamak için, prizma şeklindeki numunenin önce kuru ağırlığı belirlenir, sonra numune suyun yüzüne değecek şekilde kaba yerleştirilir. Belirli zaman aralıklarında ağırlık ölçümleri yapılarak emilen su miktarı bulunur.



Buhar Geçirirnililiđi

- Belirli bir sıcaklıktaki doymuş havanın basıncına **doymuş buhar basıncı** adı verilir. Değişik koşullarda iki farklı hacim arasındaki buhar basıncı da farklı değerler verir. Sıcaklık derecelerine bağlı olarak farklı değerler gösteren buhar basıncı, yüksek basınçtan alçak basınca doğru bir akım oluşturur. Bu buhar basıncı sonucu malzemelerin bünyelerinden buhar akımı geçirmelerine **difüzyon** denir.



- Malzemede oluşan yoğuşma (buharın su haline dönüşmesi) malzeme yüzeyinde terleme ve bünyesinde **gizli yoğuşma** (kondansasyon) şeklinde kendini gösterir. Yapı fiziği açısından bu olay sıcaklık ve nemin yoğun olduğu bölgelerde gerekli önlemler alınmadığı takdirde önemli sorunlar yaratabilir.



Termik Genleşme

- Malzeme molekülleri ufak genlikli titreşim hareketi yaparlar. Sıcaklık derecesinin artmasıyla, malzemedeki atomlar denge konumları etrafında daha hızlı titreşimler yaptıkları için atomlar arası uzaklık artmaktadır. Bu da cismin boyutlarının daha büyük değerler almasına yol açar

- 
- Sıcaklığın 1 °C artması ile cismin birim boyutunda oluşan artış, **termik genleşme katsayısıdır.**

- Termik genleşme katsayısı α olan, L_1 boyunda bir cisim t_1 °C 'den t_2 °C' ye kadar ısıtılırsa, cismin boyundaki uzama miktarı (ΔL);

$$\Delta L = \alpha L_1 (t_2 - t_1)$$

- 
- Isı artımı yapılarda,

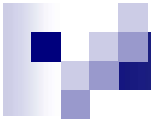
$$\sigma = \varepsilon \cdot E = \frac{\Delta L}{L_1} \cdot E = \alpha(t_2 - t_1)E$$

mertebesinde gerilmeler doğurabilir

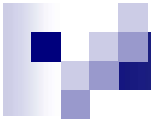


Termik İletkenlik

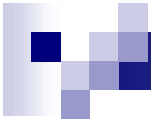
- Malzemeler arasındaki ısısal geçirimsilik, malzemelerin bulunduğu ortamlara göre;
- **Kondüksiyon,**
- **Konveksiyon,**
- **Işınım (radyasyon)** olmak üzere üç farklı şekilde oluşur.



- **Kondüksiyon** (ısı iletimi), bir malzemenin bünyesinde veya bağlantılı bulunduğu farklı sıcaklıktaki bir malzeme ile *moleküler yapıdaki kinetik enerji iletişimidir*. Özellikle katı cisimlerde veya hareketsiz sıvı veya gaz akışkanlarda görülür.



- **Konveksiyon** (ısı taşınımı), ısı enerjisinin sıvı ve gaz gibi akışkanlardaki geçiş şeklidir. Bu olay sonucunda, yüksek seviyeden düşük seviyeye enerji taşınacağından yüksek enerji seviyeli cismin enerjisi azalacak ve soğuyacaktır. Örneğin, bu olay kış mevsiminde pencere önündeki havanın bu mekanizmayla soğuyarak sıcaklığın düşmesi biçiminde kendini gösterir.

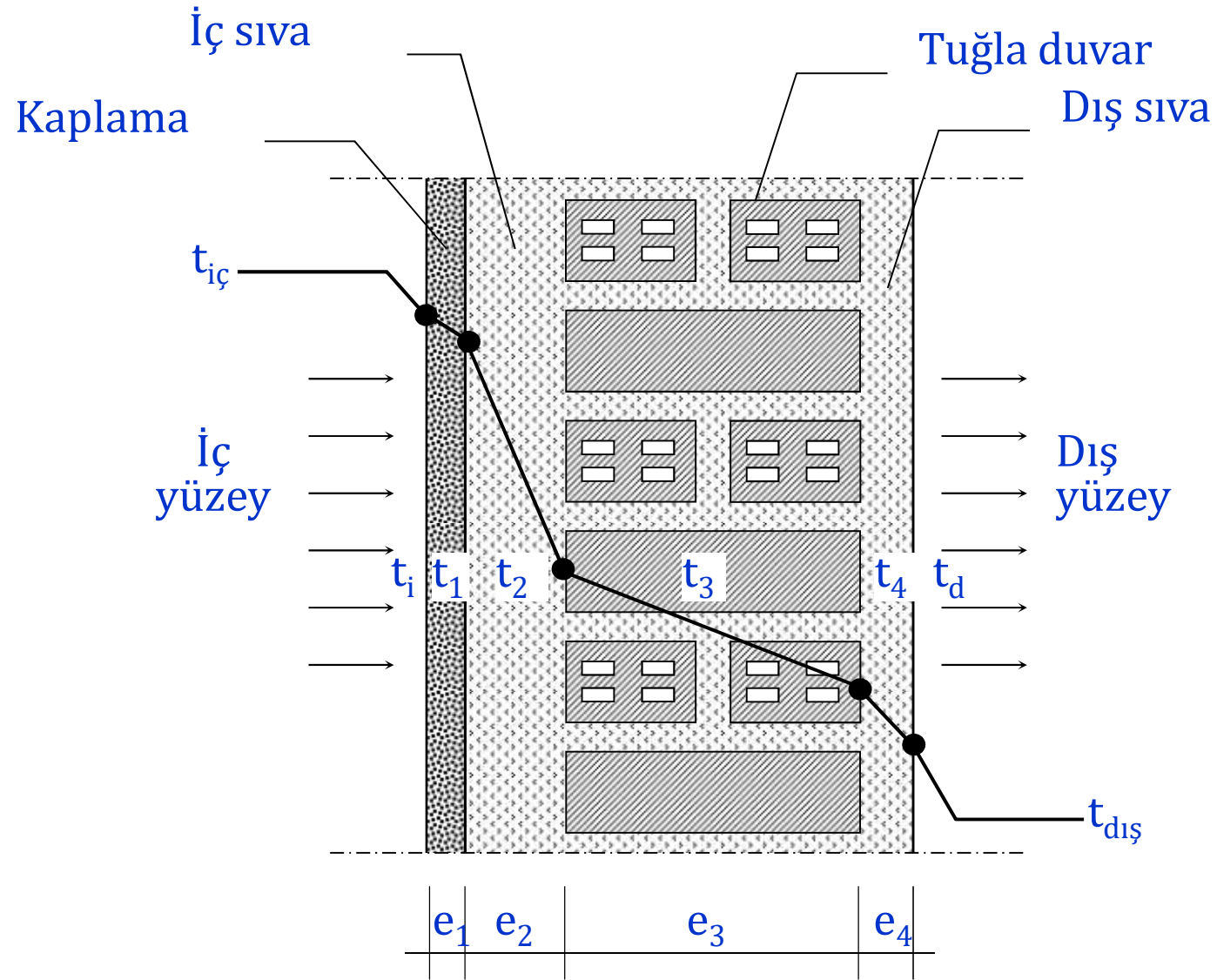


- **Işınım** (radyasyon), ısı enerjisinin, radyasyon yolu ile, herhangi bir ara taşıyıcıya gerek olmaksızın, elektromanyetik dalgalar şeklinde oluşan ve malzemeye geçiş sağlayan ısısal iletişim şeklidir.

- 
- Bir metre kalınlığındaki cismin iki tarafındaki sıcaklık farkı 1 °C iken, 1 m² alandan 1 saatte kilo kalori cinsinden geçen ısı miktarı, cismin yapıldığı malzemenin **ısı iletkenlik katsayısıdır**. Bu tanım aşağıdaki şekilde formüle edilebilir:

$$Q = \frac{\lambda}{e} (t_2 - t_1) F$$

- Q : ısı akım miktarı,
- e : cismin kalınlığı (m),
- (t₂ - t₁) sıcaklık farkı (°C),
- F malzeme alanı (m²)
- λ termik iletkenlik katsayısı (kilokalori / m.saatt.°C).



- İçerideki havada $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklık farkında, 1 m^2 alandan 1 saatte geçen ısı miktarı 8 k.kalori ve cisimdeki ısının dış havaya akması halinde ise bu ısı miktarı 15 k.kalori olarak saptanmıştır.
- Farklı tabakalardan oluşan bir sistemde sıcaklıklar içten dışa doğru t_i , t_1 , t_2 , t_3 ve t_d olsun. Isı akımı bakımından bir rejim oluştuktan sonra her tabakanın 1 m^2 'lik alanından geçen ısı miktarlarının birbirine eşit olması gerekir.

$$8(t_i - t_1) = \frac{\lambda_1}{e_1}(t_1 - t_2) = \frac{\lambda_2}{e_2}(t_2 - t_3) = \frac{\lambda_3}{e_3}(t_3 - t_4) = 15(t_4 - t_d)$$

Bu eşitlik şu şekilde yazılabilir :

$$\frac{(t_i - t_1)}{1/8} = \frac{(t_1 - t_2)}{e_1 / \lambda_1} = \frac{(t_2 - t_3)}{e_2 / \lambda_2} = \frac{(t_3 - t_4)}{e_3 / \lambda_3} = \frac{(t_4 - t_d)}{1/15}$$

Bu denklemleri toplamakla elde edilen değer 1 m² alandan geçen toplam ısı miktarıdır.

$$Q = \frac{(t_i - t_1) + (t_1 - t_2) + \dots + (t_4 - t_d)}{\frac{1}{8} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{15}}$$

- Paydadaki toplam, termik mukavemet (r) olarak adlandırılır. Toplam ısı miktarı (Q)

$$Q = \frac{(t_i - t_d)}{r}$$

- Termik mukavemet r , ne kadar büyükse duvarın ısı kaybı o kadar az olur. Tersini ($1/r$) ise duvarın toplam termik iletkenlik katsayısı olur.

CİSİM	$\alpha \times 10^{-6}$	λ (k.kalori/m.saat.°C)
DOĞAL TAŞ :	4 - 16	1.7 - 3
Mermer	5 - 11	1.67
Sert Gre	6 - 9	1.90
Granit	9.1 - 12	2.40
Arduvaz		
BETON :	14	1.6
C 18	10	1.2
C 14	-	0.3 - 0.7
Hafif Beton	8 - 10	0.6 - 1.0
Sıva (Kireç + Çimento)		
SERAMİK MALZEME :	9	0.74 - 0.86
Tuğla,Kiremit		
CAM :	9.1	1.05
METALLER :	12	50
Çelik	23.86	190
Alüminyum	29	30
Kurşun	16	110
Bakır	40	95
Çinko		
ORGANİK MALZEME:	4 - 9	0.12 - 0.18
Ahşap (Liflere paralel)	30 - 50	0.12 - 0.18
(Liflere dik)	-	0.04 - 0.06
Mantar		



Akustik Özellikler

- Yapılarda akustik yönden konfor sağlamak için malzeme ve yapı düzeni ile ilgili iki önemli etken vardır;
 - sesin yansımaları veya yankı,
 - ses iletimi veya bunun tersi ses yalıtımıdır.

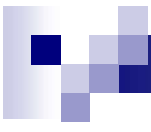
- Ses bir dalga hareketi ile yayılır ve yayılma sırasında birim alana gelen ses enerjisinin değerine **ses şiddeti** (L) denir ve desibel ($d\beta$) büyüklüğü ile gösterilir. Saniyedeki tekrar sayısı da ses tonunu ve frekansını oluşturur. Aşağıdaki bağıntı ile ses şiddeti hesaplanabilir.

$$L = 10 \log(E/E_0)$$

L = ses şiddeti ($d\beta$)

E = birim alana gelen ses enerjisi

E_0 = işitilebilen en zayıf ses enerjisi = 10^{-16} WATT/cm²'dir.



- Bir mekanda ses konforu açısından, ses kaynağı kesilince sesin iç yüzeylerce yutulup çabuk sönmesi gerekir. Aksi takdirde bina içinde yankı oluşur ve işitme şartlarını bozar. Tersine ses tamamen yüzeylerce emilirse bu sefer de ses duyulmaz.
- Ses kaynağı kesildikten sonra, ses şiddetinin başlangıçtaki değerinin milyonda birine inmesi için geçen süreye **reverberasyon süresi** denir.

- 
- Eğer bir odada iç yüzeylerin ses emme kabiliyeti çok fazla ise, reverberasyon süresi çok küçüktür. Bu takdirde sesin şiddeti çok çabuk söneceğinden odadakilerin sesi duymaları çok zor olur. Bunun tersine eğer bir odada iç yüzlerin ses emme kabiliyeti çok az ise, reverberasyon süresi uzundur, ve sözcünün çıkardığı seslerden daha biri sönmeden, diğeri yetişeceği için, sözler karışarak anlaşılmaz bir hal alır.

Sesin Malzeme İçinde İletilmesi

- Ses dalgası havada ilerlerken bir malzeme yüzeyine çarptığı zaman bir miktarı emilir, bir miktarı yansır, bir miktarı da malzemenin öbür yüzündeki havaya iletilir. İletilen ses enerjisi, girene kıyasla daha az olacağı için sesin bir kısmı malzeme tarafından söndürülmüş olur. Gelen ses enerjisinin, iletirme oranına malzemenin **ses söndürme katsayısı** (D) denir.

$$D = 10 \log \left(E_{giren} / E_{iletilen} \right)$$

- Herhangi bir E şiddetindeki ses dalgası havada ilerleyip malzeme yüzeyine çarpınca, bu sesin $\alpha ((E_1-E_2)/E_1)$ kadar bir kısmı malzeme tarafından yutulur. Bir kısmı mekan içine yansır, diğer bir kısmı ise malzemenin diğer yüzeyine geçer.
- E_1 : malzeme yüzeyine gelen enerji,
- E_2 : malzeme yüzeyinden yansıyan enerji

MALZEME	α
Beton	0.02
Sıva	0.01 - 0.22
Cam	0.02 - 0.04
Tuğla	0.02
Çelik	0.01
Ahşap	0.10
Halı	0.30
Cam Yünü	0.70
Mantar	0.70
Hava Boşluğu	1.00
İnsan	0.20 - 0.30

- Sesin söndürölmesi yapı malzemelerinin ağırlığına bağılıdır. Ağır malzemeler Tablodan görölebileceğı gibi daha fazla ses söndürürler.

Ses Söndürme Katsayıları

Malzeme Ağırlığı (kg/m ²)	3	12	100	500
D (dβ)	20	28	40	50

- Diğer açılardan gerek olmasa bile ses izolasyonu açısından dolu duvarlar 19 cm (1 tuğla), betonarme döşemeler 10 cm'den az kalınlıkta yapılmamalıdır.

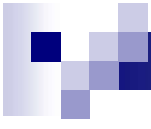


Kimyasal Özellikler

- Yapı malzemelerinin kimyasal olarak birbirlerinden etkilenmeleri, ortamda su bulunuyorsa daha kolay olur.
- Su, bünyesinde içerdiği ve çözerek bünyesine aldığı maddelerin etkisiyle asit, baz ya da nötr şekillerde bulunabilir.

- Malzemenin kimyasal bileşimi ile mekanik özellikleri arasında önemli bir etkileşim vardır.
- Bazı durumlarda, kimyasal bileşim mekanik dayanımı etkileyen en önemli faktördür. Örneğin, çeliklerde karbon miktarının artması mekanik özelliklerde çok önemli değişikliklere yol açar. Çekme dayanımı ve sertlik karbon miktarı ile artarken, deformasyon yapma kabiliyeti azalır.

- Kimyasal etkileşimin yol açtığı önemli bir sorun betonarme yapılarda görülür. Beton ve donatının bir arada bulunduğu betonarme sistemlerde çimentonun hidrasyonu sırasında açığa çıkan serbest kireç, beton içinde ortamın pH değerini yükselterek donatının paslanmasının önler. Fakat, teknolojisine uygun üretilmeyen betonarme elemanların pas payı bölgesindeki betonun havadaki CO₂ ile karbonatlar haline dönüşmesi ile ortamın pH değerinin düşmesi sonucu donatı paslanmaya başlar.



- Benzer şekilde diğer bir kimyasal olay alçı ile temasta bulunan donatının paslanmasıdır. Korunmamış (yani galvanize edilmemiş demir), alçı katmanları arasında bulunduğu zaman *ortamın asit karakteri ve alçının nem tutabilmesi* demirin paslanmasına, sarı renkli pas lekelerinin alçının yüzeyine çıkmasına neden olur.



Dokuz Eylül Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü



İNŞ2023 YAPI MALZEMESİ I

**FİZİKSEL ve KİMYASAL
ÖZELLİKLER**

Dr. Öğr. Üyesi Çağlar YALÇINKAYA

www.caglaryalcinkaya.com