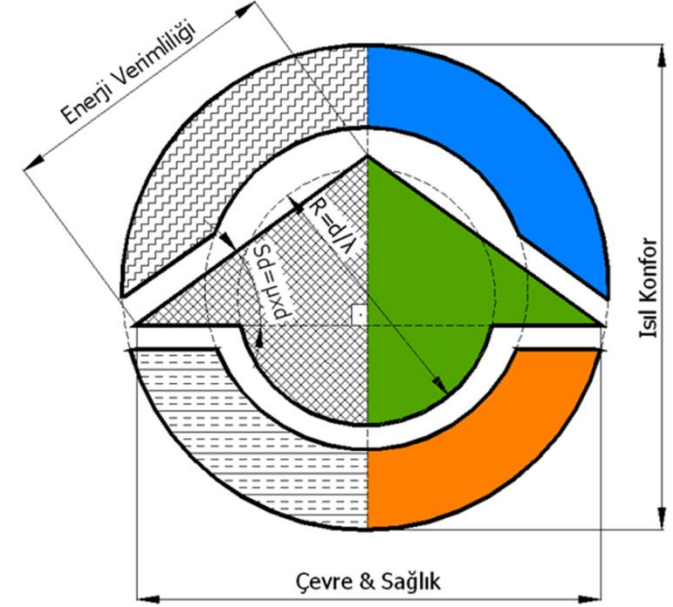


# İZODER Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği

## Havalandırma ve soğutma hatlarında yalıtım problemleri



*HAKAN NAYIR, ARMACELL YALITIM*



**armacell**<sup>®</sup>

- ❖ Yetersiz yalıtım enerji israfının önde gelen sebebidir.
- ❖ Yalıtım enerji kaynaklarından ve paradan tasarruf sağlar.
- ❖ Yalıtım ayrıca mekanik sistemleri koruyarak faydalı ömürlerini uzatır.
- ❖ Mekanik sistemlerin yalıtımı aşağıdaki faydaları sağlar;

- **Enerji ve maliyet tasarrufu**
- **Yoğuşma kontrolü**
- **Yangından korunma**
- **Buzlanmadan korunma**
- **Çalışanların korunması**
- **Gürültüye karşı korunma**





## ELASTOMER

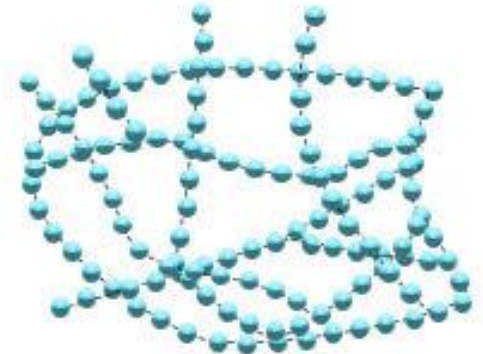
- ❖ Kauçuk olarak tanımladığımız elastomerler, polimerlerin seyrek çapraz bağlanması ile oluşan ağ yapısı halidir.
- ❖ Polimerin elastomer olması için; yüksek molekül ağırlığına, zincirler arası düşük kuvvete, gelişigüzel zincir yapısına ve çapraz bağlanabilme özelliğine sahip olması gerekir.



**Thermoplastic**



**Elastomer**



**Thermoset**

## KAUÇUK

- ❖ Kauçuklar çapraz bağlanmamış ama çapraz bağlanabilme özelliğine sahip, yani vulkanize olabilen polimerlerdir.
- ❖ Yüksek sıcaklıkta ve deforme edici kuvvetlerin etkisi altında koyu sıvımsı akış özelliği gösterirler.
- ❖ Böylece uygun şartlarda şekillendirilebilirler.
- ❖ İstenilen özelliklere göre ayarlanmış, kauçuk ve diğer hammaddeler ile katkı maddelerinden oluşan, vulkanize edilebilen bir karışımdır. Bir reçete şunlardan oluşur:

➤ *Dolgu Maddeleri*

➤ *Yumuşatıcılar*

➤ *Proses Kolaylaştırıcılar*

➤ *Yaşlanmayı Önleyiciler*

➤ *Aktivatörler*

➤ *Hızlandırıcılar*

➤ *Piştiriciler → vulkanizasyon sistemi*

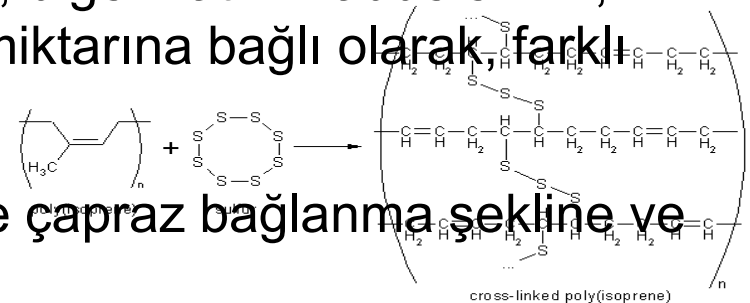
➤ *Geciktiriciler*

➤ *Diğer Katkı Maddeleri (boyalar, koku vericiler, şişiriciler)*



## VULKANİZASYON

- ❖ Kauçuğun kimyasal yapı değişikliğine uğrayarak (çapraz bağlanma reaksiyonu) ve geri dönüşümsüz olarak elastik özelliklere sahip bir duruma gelmesi ve getirilmesi işidir.
- ❖ Vulkanizasyon öncesi yüksek plastik özellikler, vulkanizasyon sonrası yerini yüksek elastik özelliklere bırakır.
- ❖ Çapraz Bağlanma özelliği, vulkanizasyonu sağlayan maddenin miktarına, aktivitesine ve reaksiyon zamanına bağlıdır. Bu özellik vulkanizasyon derecesi ve çapraz bağlanma yoğunluğu olarak ifade edilir.
- ❖ En çok kullanılan **kükürt vulkanizasyonunda**, diğer katkı maddelerinin, özellikle kullanılan hızlandırıcıların cins ve miktarına bağlı olarak, farklı çapraz bağlanma şekilleri oluşabilmektedir.
- ❖ Vulkanize kauçuğun özellikleri büyük ölçüde çapraz bağlanma şekline ve yoğunluğuna bağlıdır.





## Elastomerik Kauçuk Köpüğü nedir?

❖ 1954 yılında o zamanlar Armstrong Grubuna bağlı olan ARMACELL tarafından **ARMAFLEX** markası ile sektöre sunulan Elastomerik Kauçuk Köpüğü esaslı ürünler, sentetik kauçuğun yüksek sıcaklıktaki fırınlarda vulkanize edilmesi (polimerlerin çapraz bağlanması) sonucu elde edilen ve özellikle ısı yalıtım sektöründe kapalı hücre yapısı ve yüksek fiziki özellikleri ile tercih sebebi olan bir üründür.

- ❖ **Mükemmel enerji tasarrufu**
- ❖ **Güçlü su buharı difüzyonu direnci**
- ❖ **Esnek, kolay uygulanabilir**
- ❖ **Çok düşük su emme yüzdesi**
- ❖ **Sistemi yalıtım altı korozyonundan korur**
- ❖ **Sistemde bakteri, mantar, küf oluşumunu önleyici etkiye sahiptir.**



## Soğuk hatlarda yalıtım malzemesinden beklenenler;

- A) YoĐuĐmanın engellenmesi,
- B) Enerji kayıplarının minimize edilmesi,

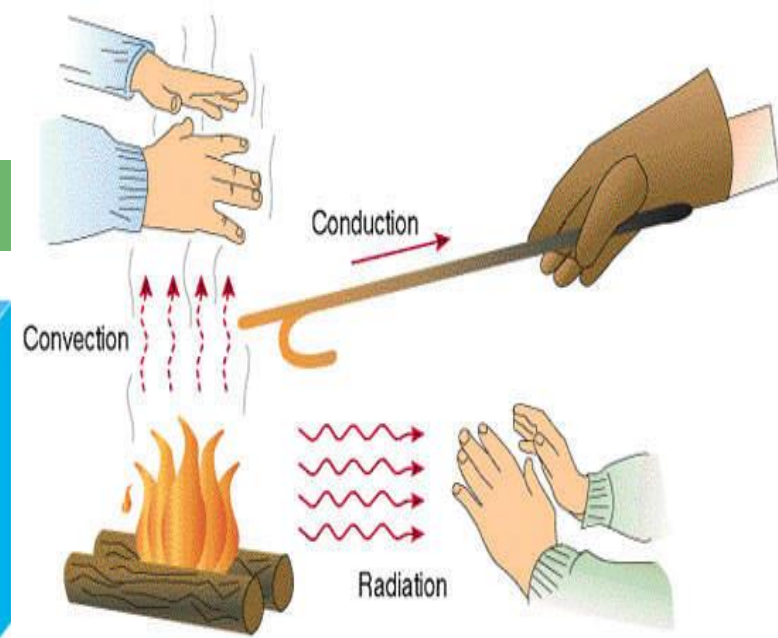
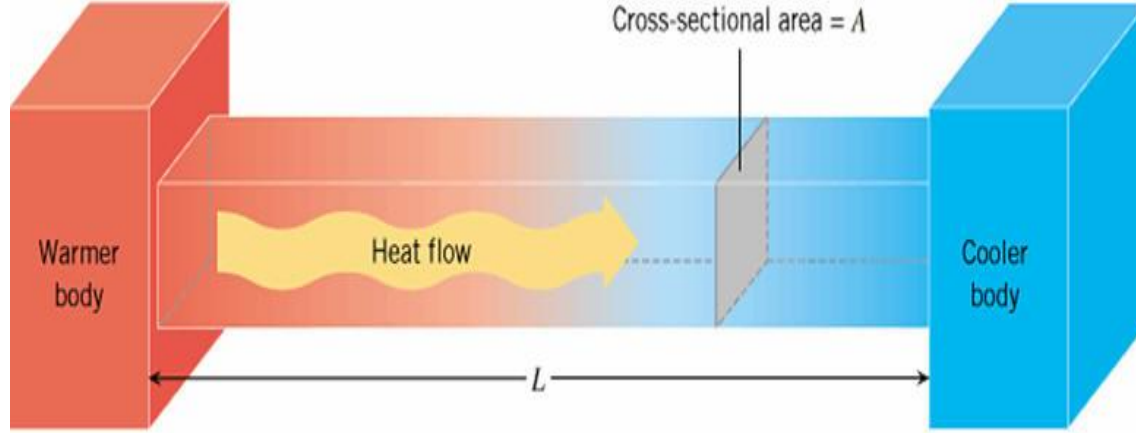
YAPININ faydalı ömrü boyunca!

### **Dikkat!**

Malzeme içerisinde nem giriği olursa zaman içerisinde ısı iletkenlik yükselecektir → **ENERJİ KAYBI**

Yüzey sıcaklığı düşecektir → **YOĐUĐMA TEHLİKESİ**





- ❖ Ortamlar arasında oluşan ısı farkı sonucunda **sıcaklığın yüksek olduğu ortamdan düşük olduğu ortama doğru** ısı transferi gerçekleşir.
- ❖ Isı iletimi → **Kondüksiyon** (Moleküllerin titreşimi sonucu bir molekülden diğerine)
- ❖ Isı Taşınımı → **Konveksiyon** (akışkanın kütle hareketi ile)
- ❖ Isı Işınımı → **Radyasyon** (mediuma ihtiyaç duymaz)

## Işıma yoluyla ısı transferi

### Heat Transfer by Radiation

$Q_r$  = radiated energy (W)

$T_1$  = Temperature of radiating body (K)

$T_2$  = Temperature of Surroundings (K)

$A_1$  = Area of Radiating surface ( $m^2$ )

$A_2$  = Area of Receiving surface ( $m^2$ )

$e_1$  = Emissivity of Radiating surface

$e_2$  = Emissivity of Surroundings

$\alpha$  = Stefan Boltzmann constant =  $5,673 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

$h_r$  = heat Transfer coefficient for radiation ( $\text{W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ )

Heat radiation from a body to the surroundings

$$Q_r = \alpha e_1 (T_1^4 - T_2^4) A_1$$

Heat radiation including the effect of the surroundings

$$Q_r = \alpha (e_1 T_1^4 - e_2 T_2^4) A_1$$

Now the heat transfer using the heat transfer coefficient =

$$Q_r = h_r A_1 (T_1 - T_2) \text{ therefore } h_r = \alpha e_1 (T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2)$$

# Taşınma yoluyla ısı transferi

## Heat Transfer by Convection

Convective heat transfer occurs between a moving fluid and a solid surface.  
The rate of convective heat transfer between a surface and a fluid is given by the Newton's Law of Cooling:

$$Q_{cv} = h \cdot A \cdot \theta$$

The symbols involved in convective heat transfer are listed below

- |  |   |
|--|---|
| $\rho$ = fluid density ( kg . m <sup>-3</sup> )                | $h$ = heat transfer coefficient ( W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ) |
| $\mu$ = fluid viscosity ( kg.m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ) | $k$ = thermal conductivity ( W.m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )      |
| $\beta$ = coef of cubical exp'n ( 1/K )                        | $v$ = velocity of fluid ( m/s )                                       |
| $\theta$ = Temperature difference ( K )                        | $L$ = Characteristic Dimension ( m )                                  |
| $c$ = Specific Heat ( J.kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )     | $g$ = Acceleration due to gravity ( m . s <sup>-2</sup> )             |
| $a$ = Velocity of Sound ( m/s )                                | $Q_{cv}$ = Rate of Heat Transfer ( W )                                |

The dimensionless groups involve in convective heat transfer are listed below

$$\text{Froude Number } Fr = \frac{v^2}{L \cdot g}$$

$$\text{Mach Number } M = \frac{v}{a}$$

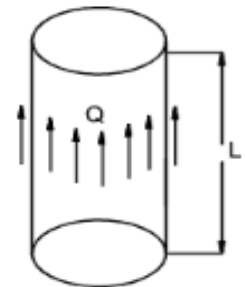
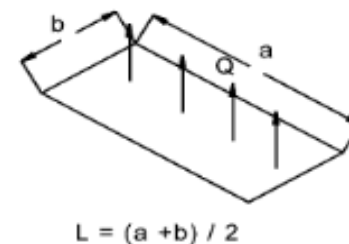
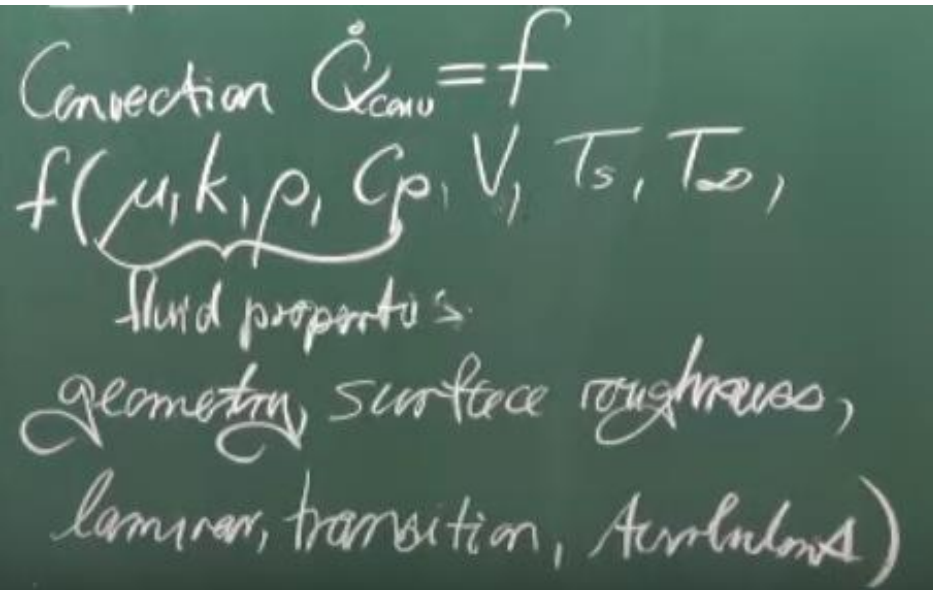
$$\text{Renolds Number } Re = \frac{\rho v L}{\mu}$$

$$\text{Nusselt Number } Nu = \frac{h L}{k}$$

$$\text{Prandtl Number } Pr = \frac{c \mu}{k}$$

$$\text{Grashof Number } Gr = \frac{\beta g \rho^2 L^3 \theta}{\mu^2}$$

$$\text{Stanton Number } St = \frac{h}{\rho c v} = \frac{Nu}{Re \cdot Pr}$$



- ❖ FEF (Elastomerik Kuçuk Köpüğü) gibi **kapalı hücre yapısına sahip bir malzeme için** (konveksiyon) taşınım neredeyse ihmal edilebilir vaziyette olup, **kauçuk yapının ısı iletimi (kondüksiyon) ana rodedir.** Burada düşük yoğunluk ısı iletimi azaltacaktır.
- ❖ **Mineral yün gibi açık hücreli bir ürün için (konveksiyon) iletim transferin en önemli kısımdır.** Bu durumda daha yüksek yoğunluk daha az hava cebi ve daha düşük ısı iletim katsatyısı sağlayacaktır.
- ❖ Işıma (Radyasyon) malzemenin ısı ışımayı absorbe etmesi yolu ile olur, tümde küçük bir rol üstlenmektedir. Böyle bir durumda daha yüksek bir yoğunluk ve kalınlık faydalı olur.

## Soğuk Hatlarda Yalıtımın ürününün sahip olması gereken özellikler

Yüksek su buhar difüzyon direnci

Düşük ısı iletkenlik katsayısı

Zor noktalarda dahi kolay işlenebilme

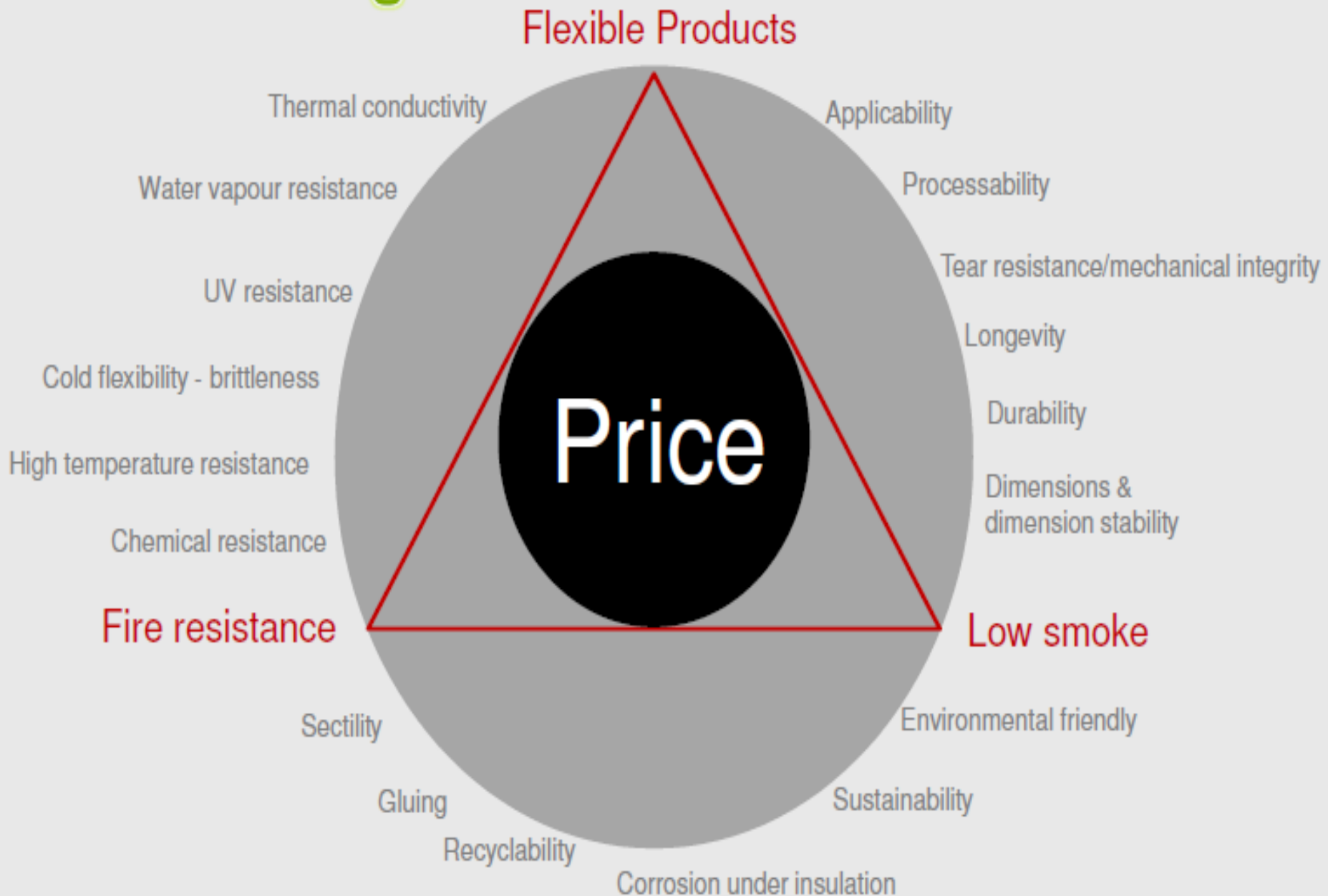
Ekolojik olması

Optimize yangın davranışı göstermesi



# The challenge

# Magic triangle



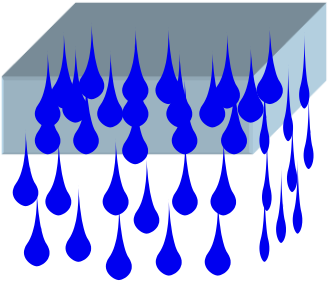
## 1. Yoğuşma kontrolü

- ❖ Havada var olan su buharının yeterince soğuk yüzeyler üzerinde (yoğuşma sıcaklığının altında) sıvı faza geçmesine yoğuşma denir. Yoğuşma kontrolünün doğru yapılmaması sonucunda
- *Yalıtım malzemesi bünyesine nüfuz eden su malzemenin yalıtım etkinliğini düşürür (ısıl iletkenlik katsayısını yükseltir)*
- *Yalıtım altı korozyonuna sebep olur.*
- ❖ Bunun sonucunda;
- **Enerji kayıpları**
- **Bakım masrafları**
- **Para kayıpları**

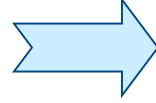


## Yoğuşmanın Mekanizması

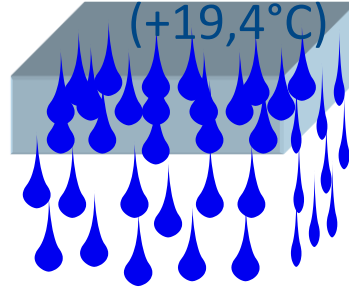
Başlangıç (ortam)  
sıcaklığı. (+22°C)



nem 85%



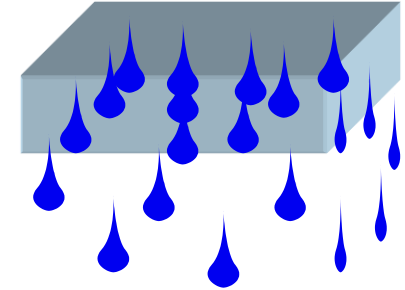
Yoğuşma noktası  
sıcaklığı  
(+19,4°C)



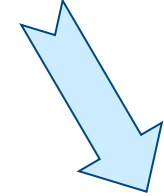
nem 100%



Son (hat) sıcaklığı  
(+6°C)



nem 100%



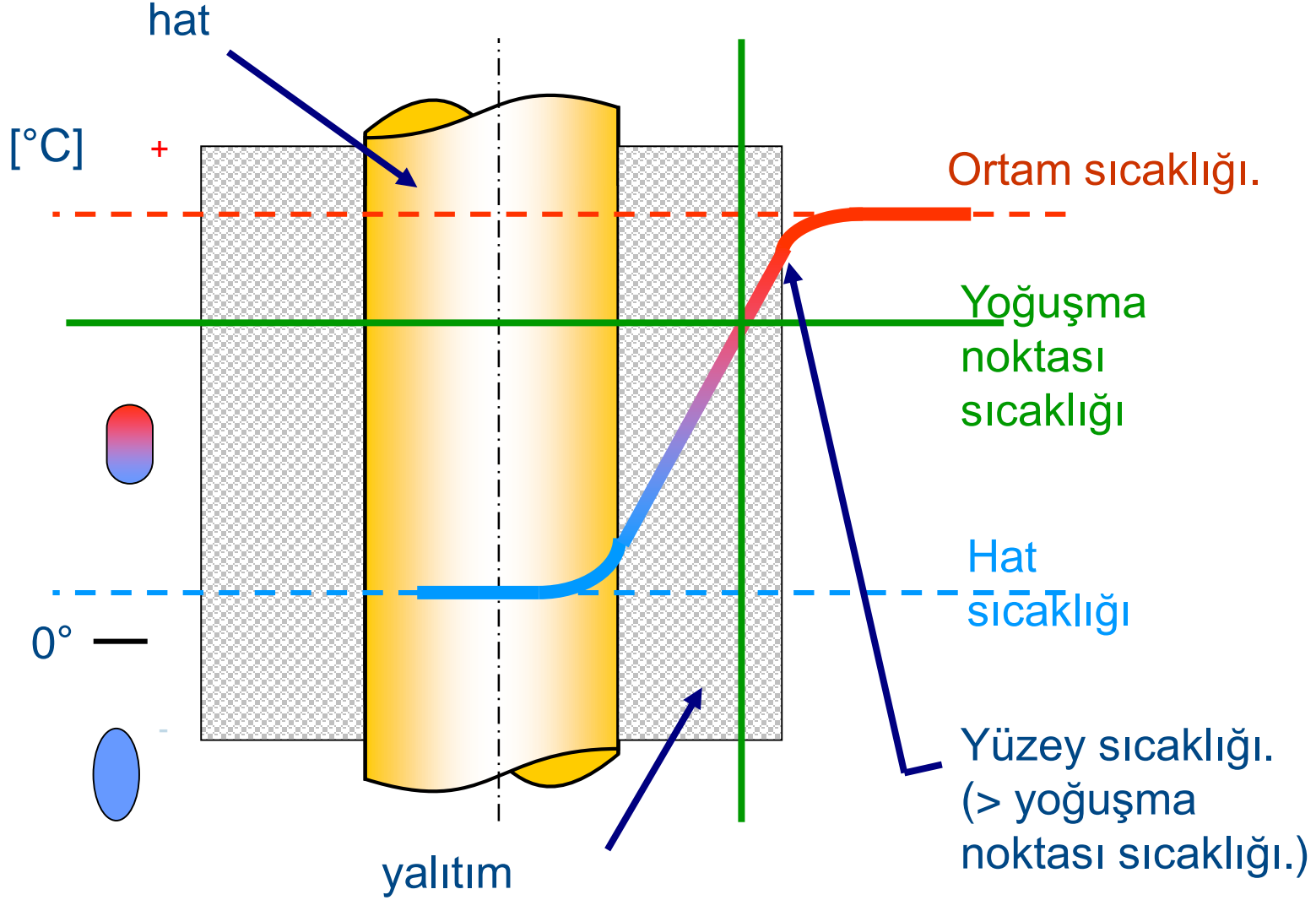
Fazla nem  
(yüzeyde yoğuşma)



## YOĞUŞMA

- ❖ Sıcaklık düşmesi sonucu havadaki su buharının su haline geçtiği bir sıcaklık değeri vardır.
- ❖ Yoğuşma sıcaklığı adı verilen bu değeri her sıcaklık ve bağıl nem yüzdesine göre değerişir.
- ❖ Bağıl nem artarsa ortam sıcaklığı ile yoğuşma sıcaklığı arasındaki fark azalır.









Metal boru  
üzerindeki su  
**YALITIM ALTI**  
**KOROZYONUNA**  
sebepler olur!

## YALITIM ALTI KOROZYONU

- ❖ Yoğuşma zaman içerisinde borularda **yalıtım altı korozyonuna** sebep olmaktadır.
- ❖ Bu şekilde oluşan tamir maliyetleri, ilk yatırım maliyetinin kat be kat üstünde olmaktadır.
- ❖ Mevzu yalıtım malzemesinin ısıl iletkenlik katsayısının zamanla bünyeye sirayet eden su etkisi ile kötüleşmesi sonucu bunun üzerine bir de enerji sarfiyatlarındaki katlanmalar eklenmektedir.



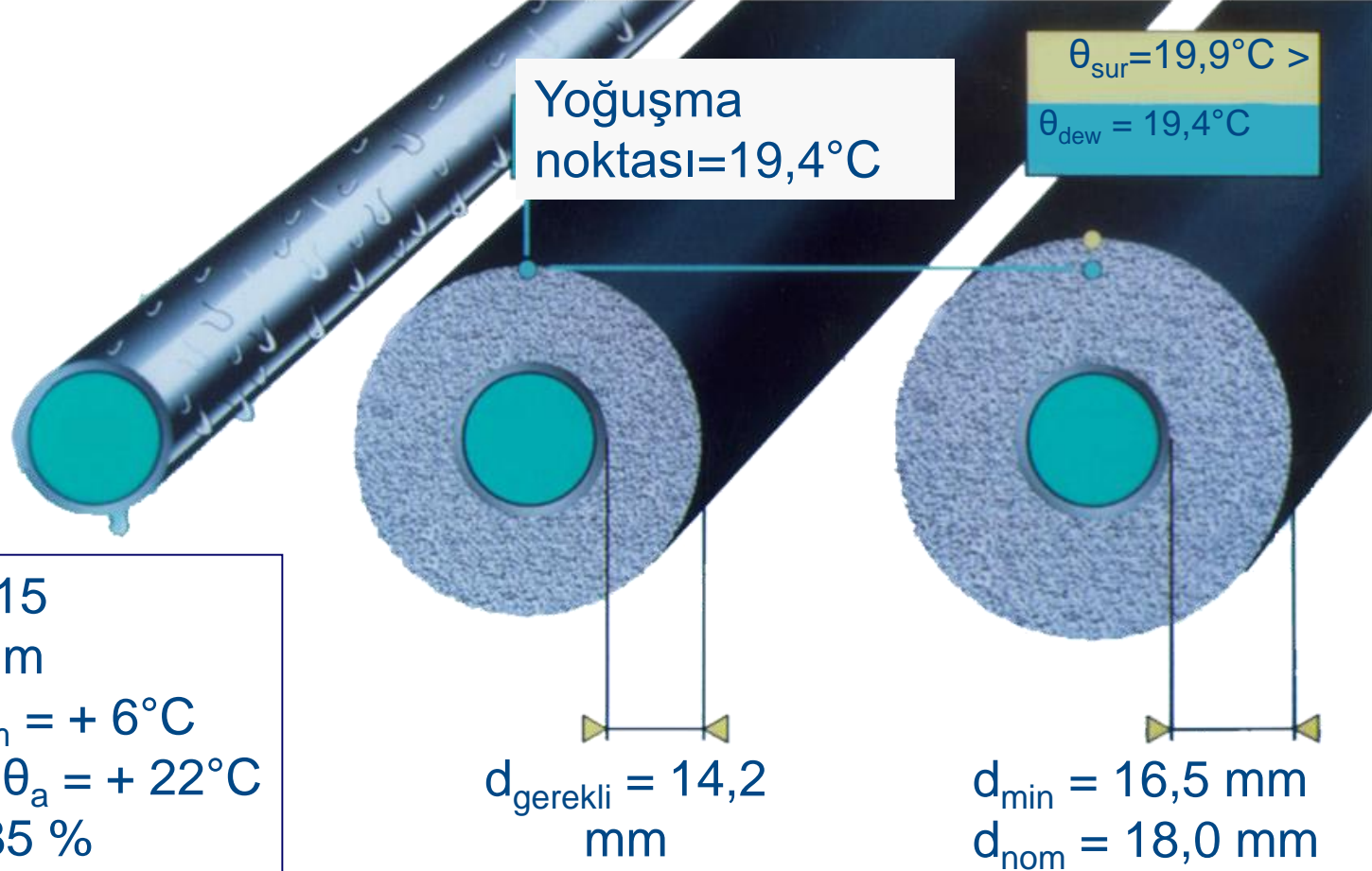
## Yalıtım kalınlığı Su buhar Difüzyon Direnç katsayısından bağımsız mıdır?

Esasen yalıtım kalınlığı hesabı  $\mu$  değeri dikkate alınmaksızın yapılır.

Hesapta yer bulan faktörler;

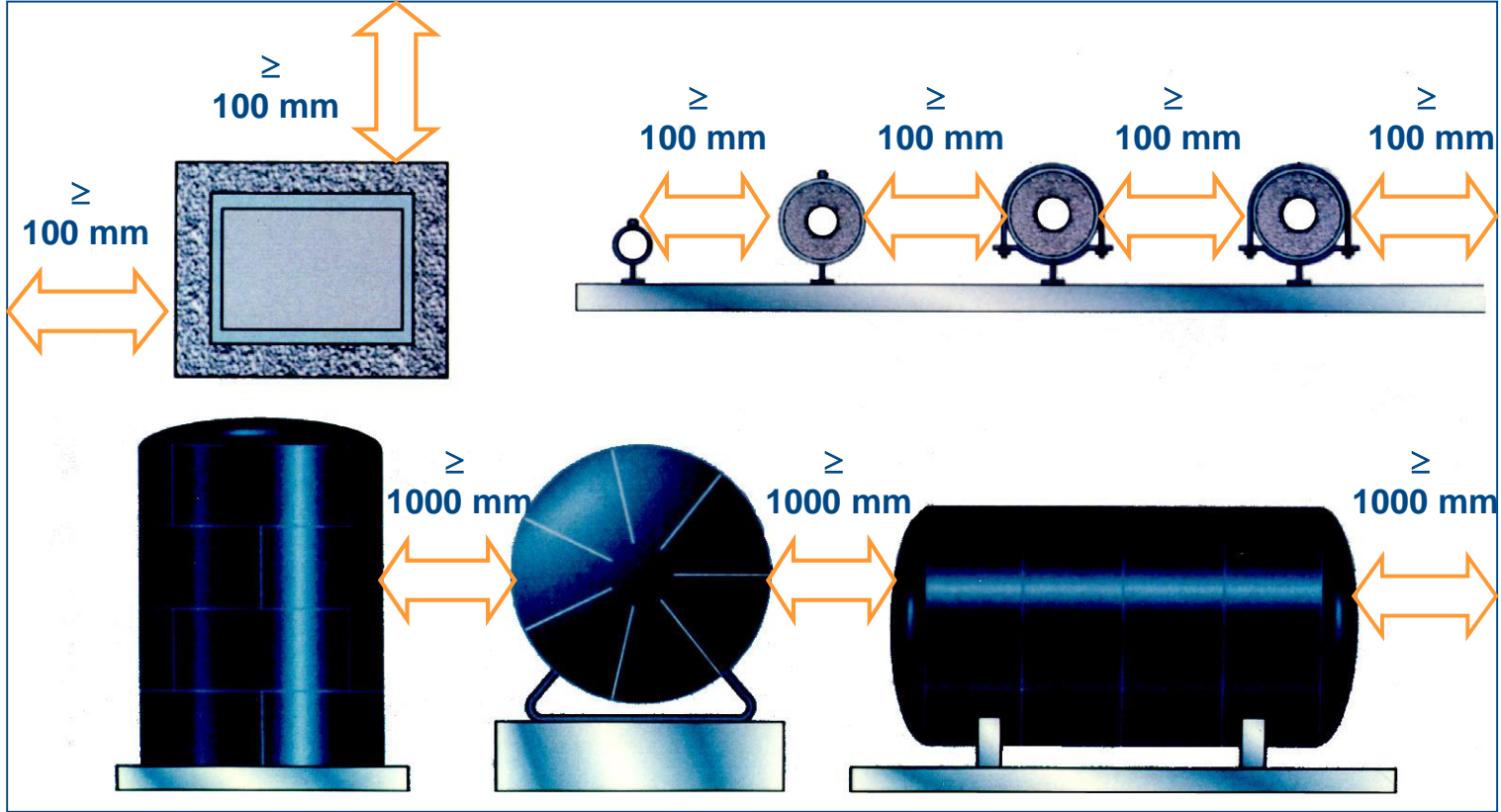
- ❖ Ortam sıcaklığı
- ❖ Akışkan sıcaklığı
- ❖ Bağıl nem
- ❖ Yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik katsayısı
- ❖ Harici (external) ısı transfer katsayısı
- ❖ Yalıtımı yapılacak objenin geometrisidir





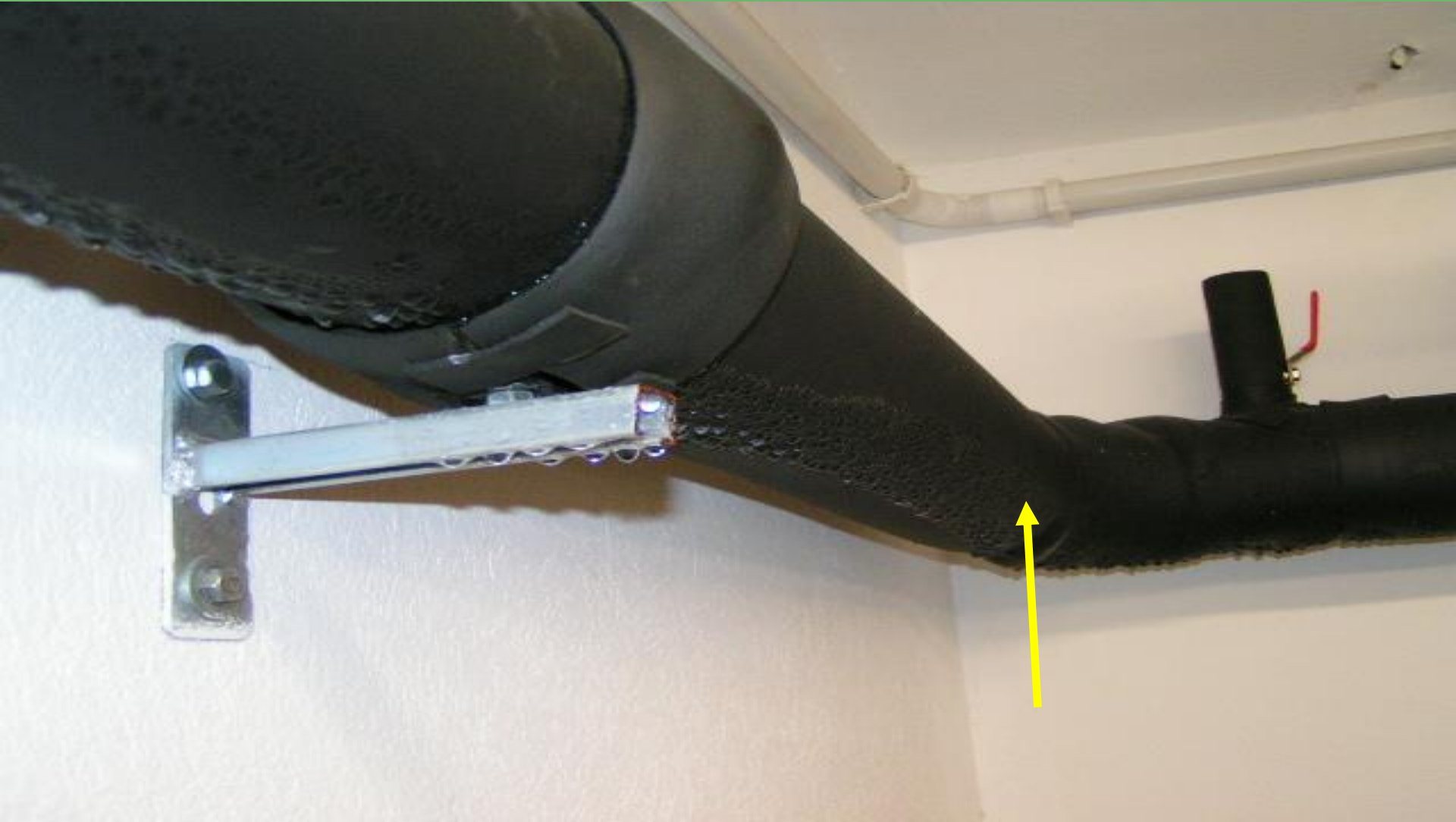


## TESİSAT ELEMANLARI İÇİN GEREKLİ SİRKÜLASYON BOŞLUKLARI BIRAKILMALIDIR



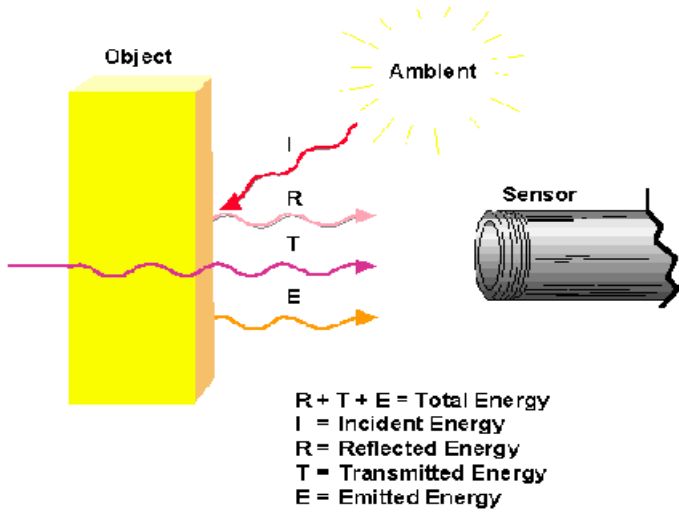
min. 25 mm (mümkünse 100 mm) for borular ve küçük objeler  
1,000 mm for büyük objeler





## 2. Yüzey Emissivitesi,

### Reflectivity, Transmissivity, Emissivity



Yüzey	$\epsilon = a$
Aluminium folyo	0,05
Aluminium, oksidiize	0,13
Galvanize çelik	0,26
Galvanize çelik, pütürlü	0,44
Östenitik paslanmaz çelik	0,15
Parlatılmış alu-zinc	0,16
Boyalı metal sac levha	0,90
Cam Köpüğü	0,90
Sentetik kauçuk	0,90
Plastik ceket	0,90

- ❖ Bir malzemenin yüzey emissivitesi termal ışınım olarak etkin bir şekilde enerji yayabilme kapasitesidir.
- ❖ Bir objenin absorpsiyon ve enerji yayma oranları her zaman orantılıdır.
- ❖  $\Rightarrow$  Mükemmel siyah cismin 100% bir enerji emme kapasitesi vardır.
- ❖ Sonuç olarak yüksek emissivite oranına sahip (düşük yansıtma özellikli) cisimler daha yüksek yüzey sıcaklıklarına sahip olurlar.
- ❖ Böylece hat sıcaklığının ortam sıcaklığından daha düşük olduğu durumlarda yalıtım kalınlığında tasarruf sağlanır. (Örneğin: Soğuk hatlar)

## A ürünü için tipik ısı transfer katsayıları

- ❖ *Yüzeyin durumu*
- ❖ *Renk (açık / koyu)*
- ❖ *Akışkan (gaz/likit)*
- ❖ *Akışkanın akış hızı*
- ❖ *Yalıtım yüzey sıcaklığı*
- ❖ *Ortam sıcaklığı*

Bunlara bağlı olarak değişir.



$$\approx 9 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$\approx 7 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$\approx 5 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

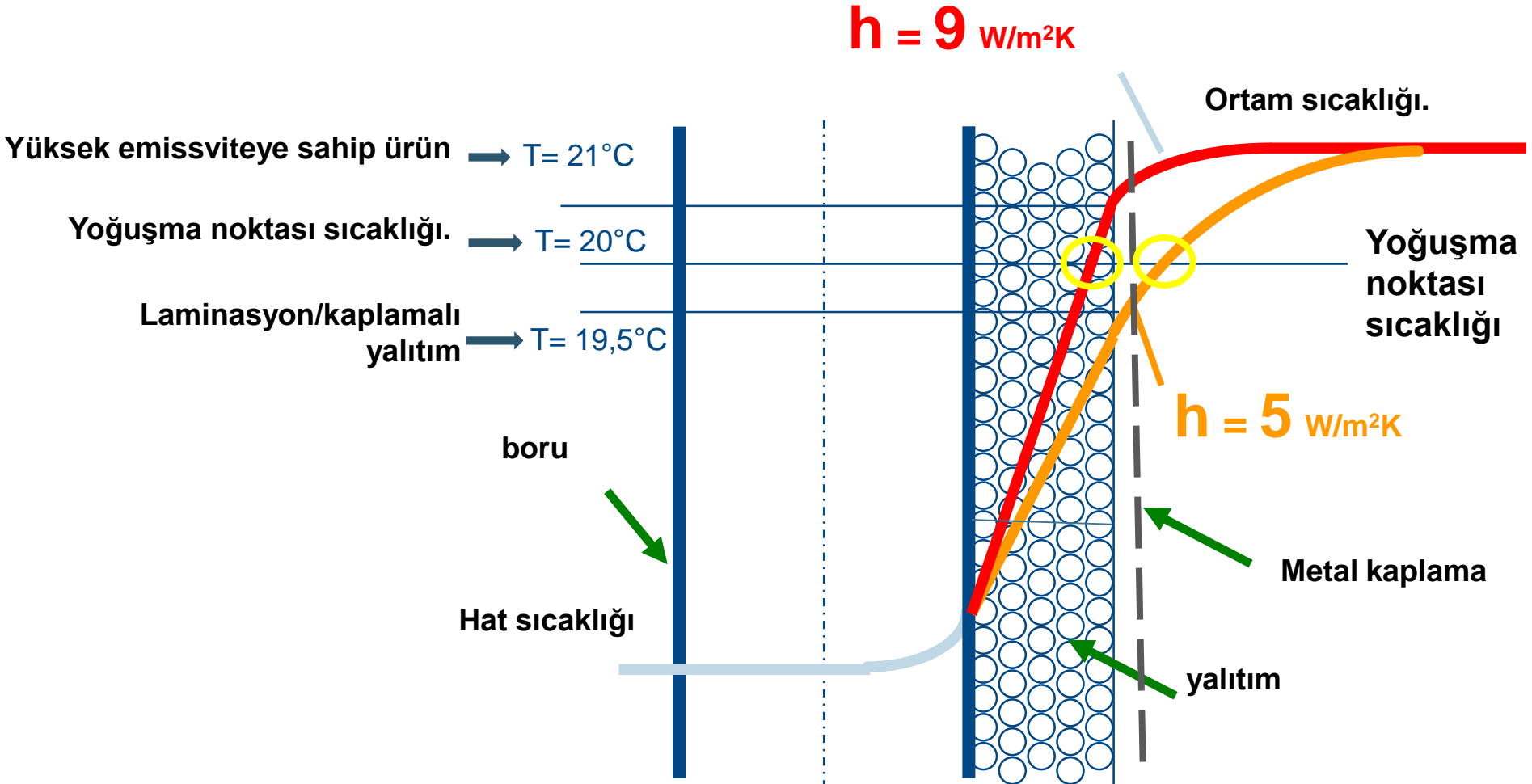


Müksek ısı transfer katsayısı ( $9 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ )  
Emissivite ( $\epsilon$ ) = 0.9



Düşük ısı transfer katsayısı ( $5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ )  
Emissivite ( $\epsilon$ ) = 0.05

## Isı transferi yüzey katsayısı- Yüzey sıcaklığını belirler





## Yalıtım kalınlığı Su buhar Difüzyon Direnç katsayısından bağımsız mıdır?

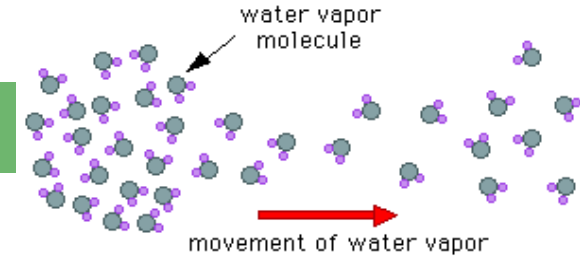
- *Yalıtım malzemesinin su buhar difüzyon direncinin rolü nedir?*
- *Isıl iletkenlik katsayısı gibi sıcaklığa bağılı değışkenlik gösterir mi?*



## 3. Su Buharı Difüzyonu

- ❖ Hava birçok gazın bir karışımıdır. Bu gazların her birinin kısmi basınçlarının toplamı bize barometrik okumalarda gördüğümüz basıncı verir.
- ❖ Karışımındaki su buharı da toplam basınca katkıda bulunur ve de bu su buharı kısmi basıncı olarak adlandırılır.
- ❖ Su buharı basınç farkı su buhar difüzyonun mekanizmasıdır. Zira kısmi buhar basıncının yüksek olduğu rejimden, alçak olduğu rejime doğru bir akış mevcuttur.
- ❖ Buhar basıncı, sıcaklığa bağlı olarak doymun basınca erişirse yoğunlaşma suyu oluşur.

### Diffusion of Water Vapor



High Concentration      Low Concentration

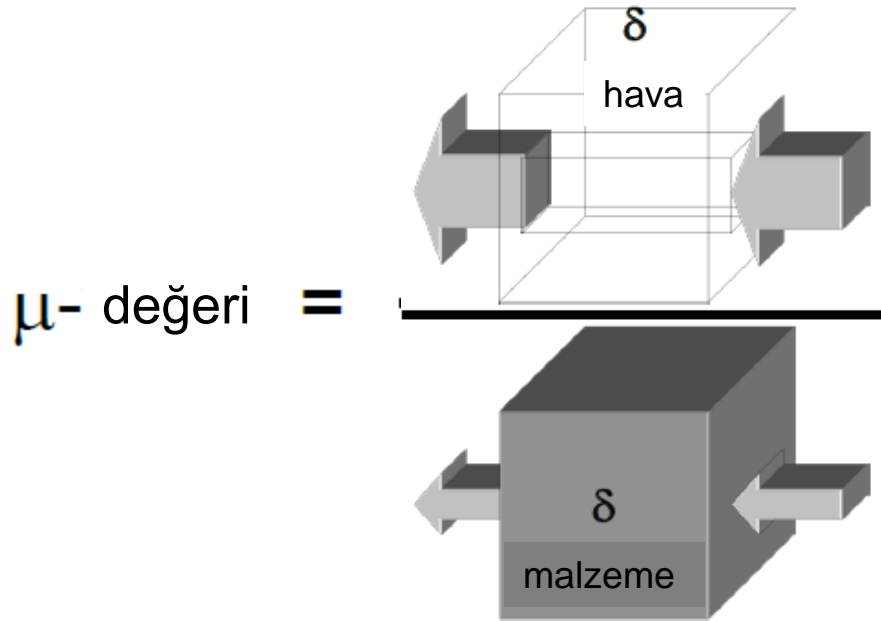
T, °C	T, °F	P, kPa	P, torr	P, atm
0	32	0.6113	4.5851	0.0060
5	41	0.8726	6.5450	0.0086
10	50	1.2281	9.2115	0.0121
15	59	1.7056	12.7931	0.0168
20	68	2.3388	17.5424	0.0231
25	77	3.1690	23.7695	0.0313
30	86	4.2455	31.8439	0.0419
35	95	5.6267	42.2037	0.0555
40	104	7.3814	55.3651	0.0728
45	113	9.5898	71.9294	0.0946
50	122	12.3440	92.5876	0.1218
55	131	15.7520	118.1497	0.1555
60	140	19.9320	149.5023	0.1967
65	149	25.0220	187.6804	0.2469
70	158	31.1760	233.8392	0.3077
75	167	38.5630	289.2463	0.3806
80	176	47.3730	355.3267	0.4675
85	185	57.8150	433.6482	0.5706
90	194	70.1170	525.9208	0.6920
95	203	84.5290	634.0196	0.8342
100	212	101.3200	759.9625	1.0000

**Water vapor diffusion in air.** (How water vapor spreads out in a quantity of air.)



## Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü

Su buharı difüzyon direnç faktörü,  $\mu$ , havanın su buharı difüzyon katsayısının mevzu malzemenin su buharı difüzyon katsayısına oranıdır





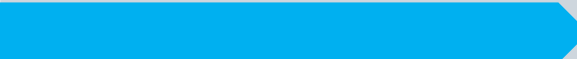

Bir başka deyişle su buharı difüzyon direnç faktörü aynı sıcaklıktaki ve kalınlıktaki durağan hava katmanına oranla mevzu malzemenin difüzyon direncinin ne kadar daha kuvvetli olduğunu belirtir.

Nihayetinde mevzu malzeme akış yolunda –engel – oluşturarak, bu hızlı dengelenmenin önüne geçmeye çalışır.

## Su buharı difüzyonu, eşdeğer hava katmanı kalınlığı, $s_d$

$s_d$  değeri su buharı difüzyon direnci bakımından belli bir kalınlıktaki mevzu malzemeye eşdeğer durağan hava katman kalınlığını ifade eder.

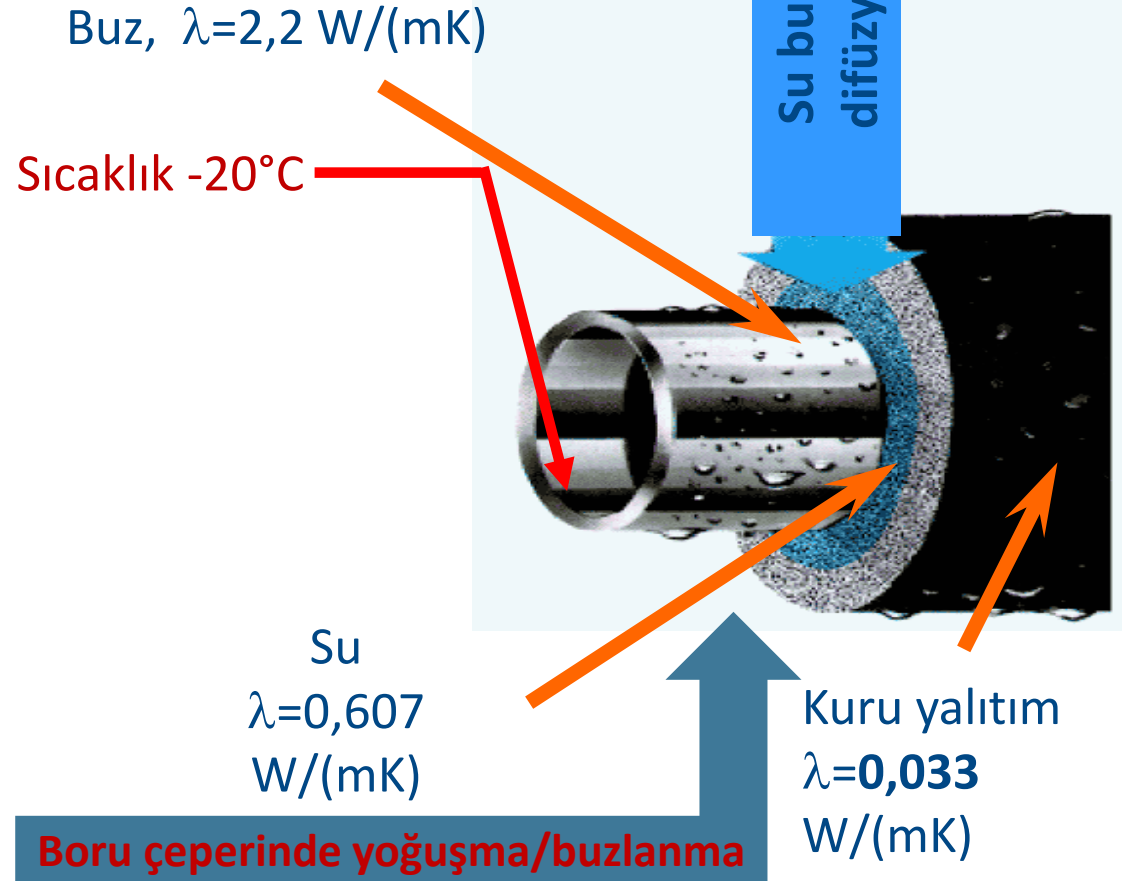
$$\text{denklem: } s_d = \mu \cdot s \text{ [m]}$$

Yalıtım	Eşdeğer hava katmanı kalınlığı
A ürünü $\mu \approx 1$ ; $s = 100 \text{ mm}$	$s_d = 0,1 \text{ m}$ 
B ürünü $\mu \approx 100$ ; $s = 100 \text{ mm}$	$s_d = 10 \text{ m}$ 
C Ürünü $\mu \geq 7000$ ; $s = 100 \text{ mm}$ $s = 19 \text{ mm}$	$s_d = 700 \text{ m}, s_d = 133 \text{ m}$ 
D ürünü $\mu \geq 10000$ ; $s = 100 \text{ mm}$ $s = 19 \text{ mm}$	$s_d = 1000 \text{ m}, s_d = 190 \text{ m}$ 

## Su buharı Difüzyonunun Yalıtım Üzerinde Etkileri

Su buharı difüzyonu yalıtım özelliklerinde bozulmaya sebebiyet verir.

Malzemeye su buharı geçişinin bir sonucu olarak  $\lambda$  değeri yükselir (Yalıtım kötüleşir.)







❖ **Suyun ısı iletkenlik değeri ( $\lambda$ )** 0,607 W/mK'dir. Bu değer ortalama bir ısı yalıtım ürününün değerinden 15-17 kat daha fazladır.

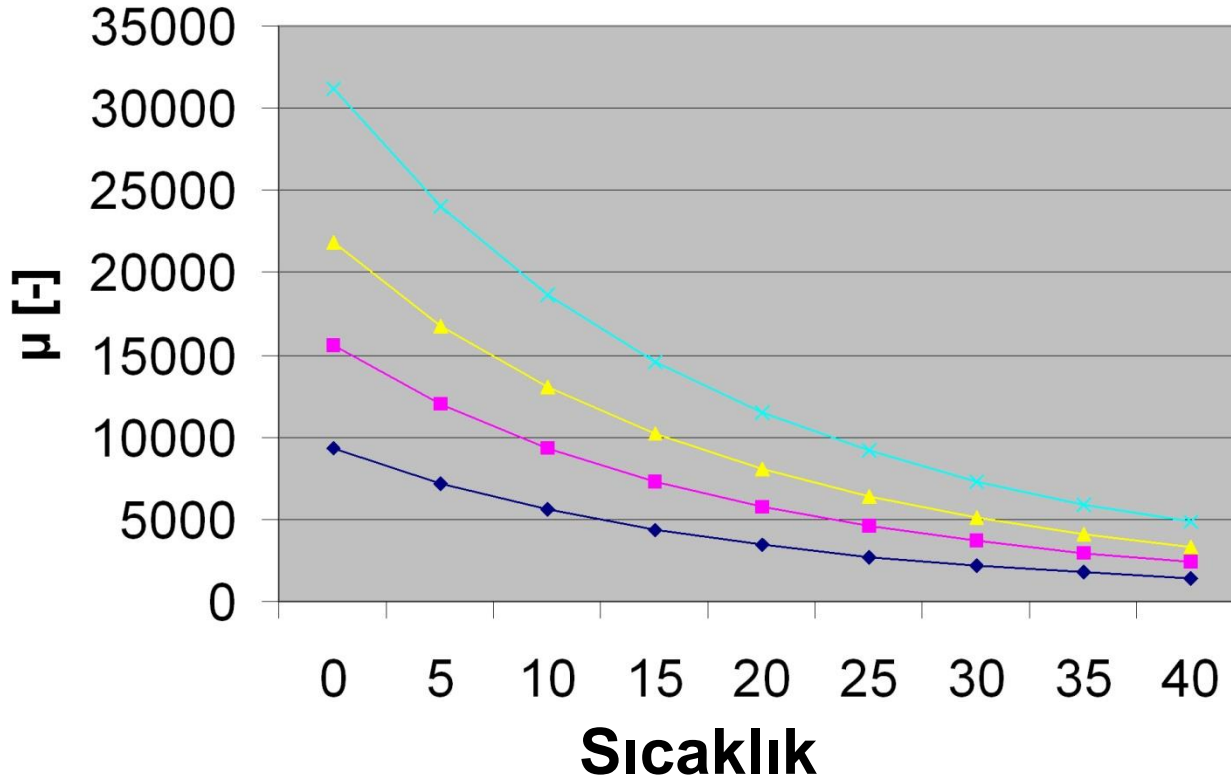
❖ **( $\lambda$ )= 0.033 W/mK**

❖ Bir başka deyişle su, böyle bir yalıtım malzemesinden 15-17 kat daha iletkenir.

❖ **Yalıtım malzemesi içerisine su geçişi malzemenin ısı yalıtım özelliklerini bozarak enerji ve para israfına sebep olur.**

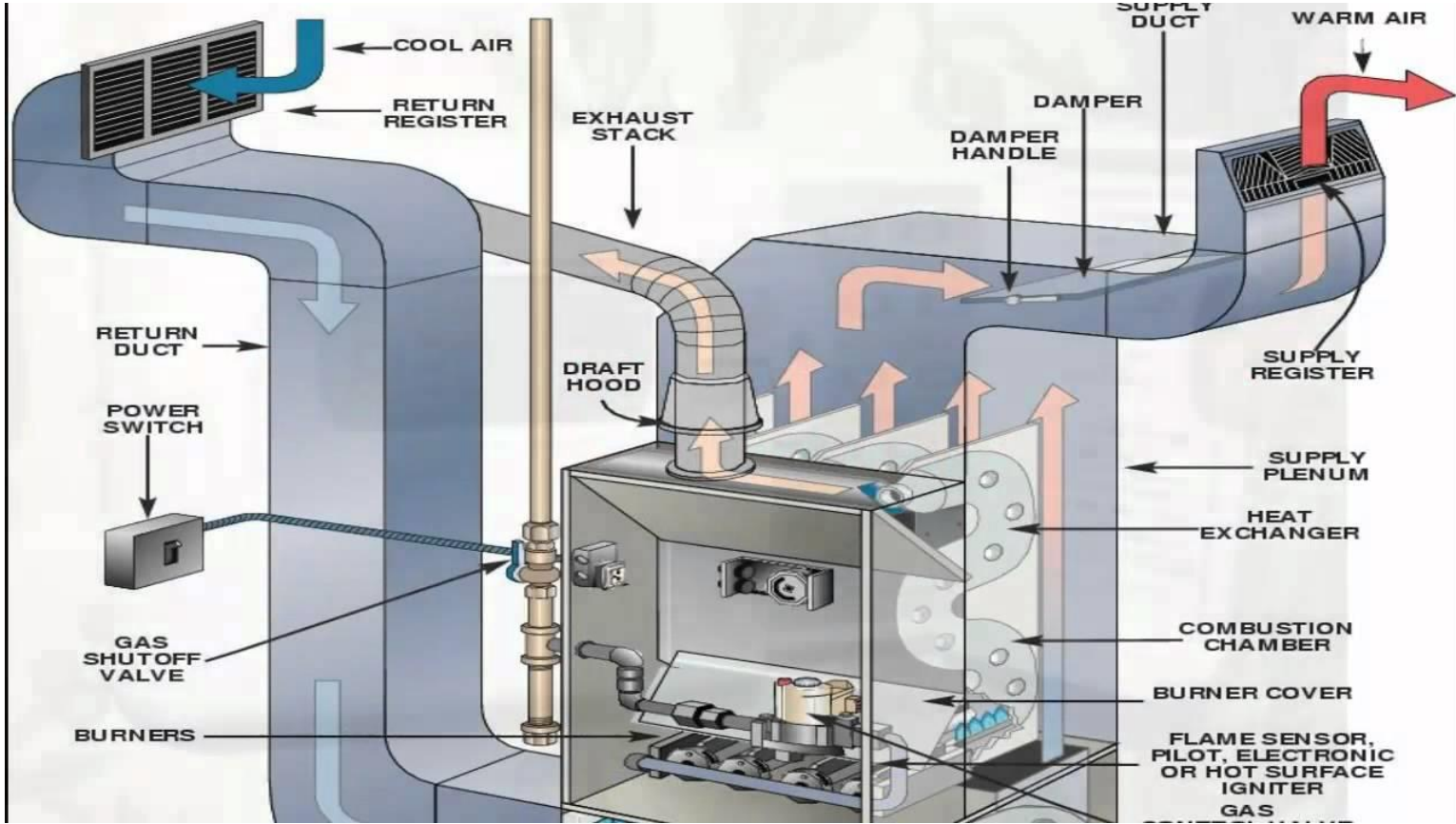


## Sıcaklığa bağlı olarak $\mu$ değeri



23°C  $\mu$  değerleri  
 $\mu=3000$   
 $\mu=5000$   
 $\mu=7000$   
 $\mu=10.000$

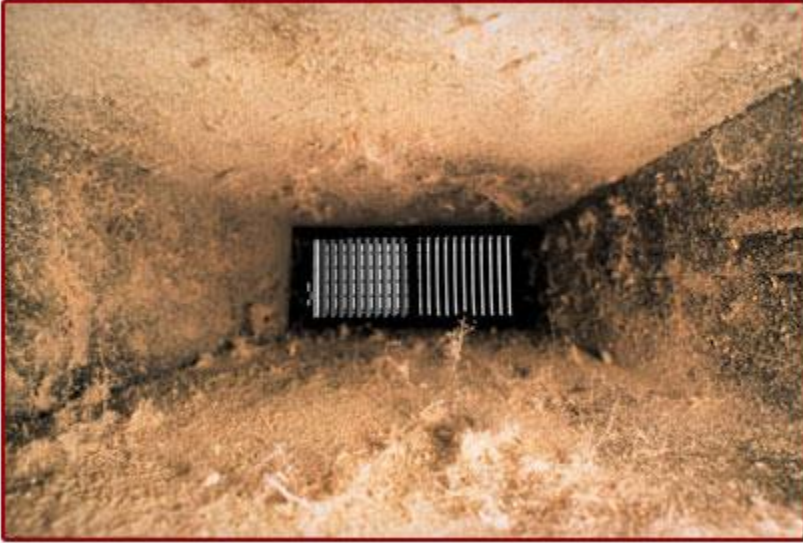
## 4. HVAC Sistem Kontaminasyonları



Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin yapısını (HVAC) kabaca insanlardaki solunum sistemine benzetmek mümkündür. Zira insanlarda bu sistem nasıl zararlı organizmalarca istila edilebiliyorsa durumun bir benzeri de HVAC sistemleri için geçerlidir.



- ❖ Özellikle yaz aylarında başlayan soğutma döngüsünde sıcak ve nemli hava soğutma bobinlerinden geçerken yoğuşma oluşur ve genelde tahliye edilen havanın bağıl nem yüzdesi yüksektir.
- ❖ Bu sebeple soğutma bobini, yoğuşma drenaj tavası ve bunlara yakın bölgeler genellikle zararlı mikro-organizmaların sisteme giriş noktalarıdır.



## Havalandırma Sistemleri ve Sağlık

❖ Bu zararlı mikro-organizmalar bünyesine girdikleri konakçıda başlattıkları **enfeksiyonlarla** ya da yaşam evrelerinde ortaya çıkardıkları **alerjen ve toksinlerle** insan **sağlığını ciddi şekilde tehlikeye sokan birçok biyolojik rahatsızlık ve hastalıklara sebep olurlar.**

- Açık yara enfeksiyonları (özellikle hastanelerde)
- Lejyoner Hastalığı
- Nefes almada zorlanma, astım
- Öksürük
- Hapşırık
- Boğaz Ağrısı / Yanması
- Sinüs enfeksiyonları
- Bronşit
- Kaşıntı ve kızarıklık
- Aşırı yorgunluk





## Anti-mikrobiyal Koruma Saęlamak için Gereksinimler;

### ➤ Etkin bir su buharı bariyeri

- ❖ Mikroplar sadece nem varlığında büyüebilirler. Malzemeye nem girişinin engellenmesi bu riski azaltır.

### ➤ Sızma (kapiler etki) ile bünyesine su almayacak kapalı hücre yapısı

- ❖ Malzeme kapalı hücre yapısına sahip olmadıkça, malzeme içerisine kapiler kuvvetler etkisi ile su girişı önlenememektedir.

### ➤ Bütünsel bir anti-mikrobiyal koruma

- ❖ Yalıtım malzemesinde bakteri ve küf oluşumu sıklıkla hemen yüzey kaplaması altında görülmektedir.
- ❖ Bakteri ve küf oluşumu ile aktif olarak savaşan bütünsel bir koruma bu manada çok daha etkili olacaktır.

## 5. Östenitik Paslanmaz Çelikte Klorid Gerilim Korozyonu

- ❖ Östenitik paslanmaz çelikler, alaşımında **minumum %10.5 krom ve değişen miktarlarda nikel** içeren kimyasal aşınmaya (korozyon) ve yüksek ısıya dayanımı olan gruptur.
- ❖ Manyetik özelliği yoktur, ancak soğuk işleme şekillendirilebilirler.
- ❖ İçerdiği düşük karbon sebebiyle ısıl işleme tabi tutulamazlar.
- ❖ Paslanmaz çelikler içinde en çok bilinen ve kullanılan kaliteler bu grubun içerisindedir. **304** kalite dünyada en sık ve çok yönlü kullanılan paslanmaz çeliğidir.
- ❖ **316** kalite, 304'ten sonra en bilinen paslanmaz çeliktir, en büyük farklılığı molibden ihtiva etmektedir.
- ❖ Molibden 316'ya korozif ortamlarda, 304'ten daha iyi dayanmasını sağlar, özellikle yüzey ve iç yapısında çatlak ve çukur oluşumlarına karşı başarılıdır.



## Klorid Gerilim Korozyon Çatlağı

- ❖ Paslanmaz çeliğin temel korozyon dayanımı yüzeyde bünyesindeki krom ile ortamdaki oksijenin birleşimi sonucu krom oksitten oluşan koruyucu bir tabaka oluşturması sayesinde paslanma yılda 0,05mm den daha yavaş bir hale gelir.
- ❖ Halojen tuzları, özellikle de kloridler bu pasif film içine çok kolaylıkla nüfuz ederek, korozif saldırının oluşumuna sebep olurlar. Bu halojenleri etkilerine göre sıralarsak;



*316 paslanmaz çelik kimyasal proses boru sistemi. Östenitik paslanmaz çelikte klorid gerilim korozyonu çatlağı -yıldırım-formunda çatlak oluşumu*

## Oluşumunda etkin Faktörler

- **Hattın operasyon şartları:** Örn. Hat sıcaklığı, hattın maruz kaldığı çekme gerilmesi
- **Boru malzemesinin metalurjisi**
- **Çevresel şartlar:** Agresif bir kimyasal ortam (örn: **halojenlerin varlığı** ve ortamın pH etkisi), nem durumu, (hat gömülü ise) toprağın kimyasal durumu
- **İmalat şartları:** Örn. Boru metalinin tavlama veya kaynak işlemleri sonucunda yeteri kadar bir süre 500 °C - 800 °C aralığında kalarak, karbürün tane sınırlarında çökmesi sonucu duyarlı (**sensitize**) hale gelmesi

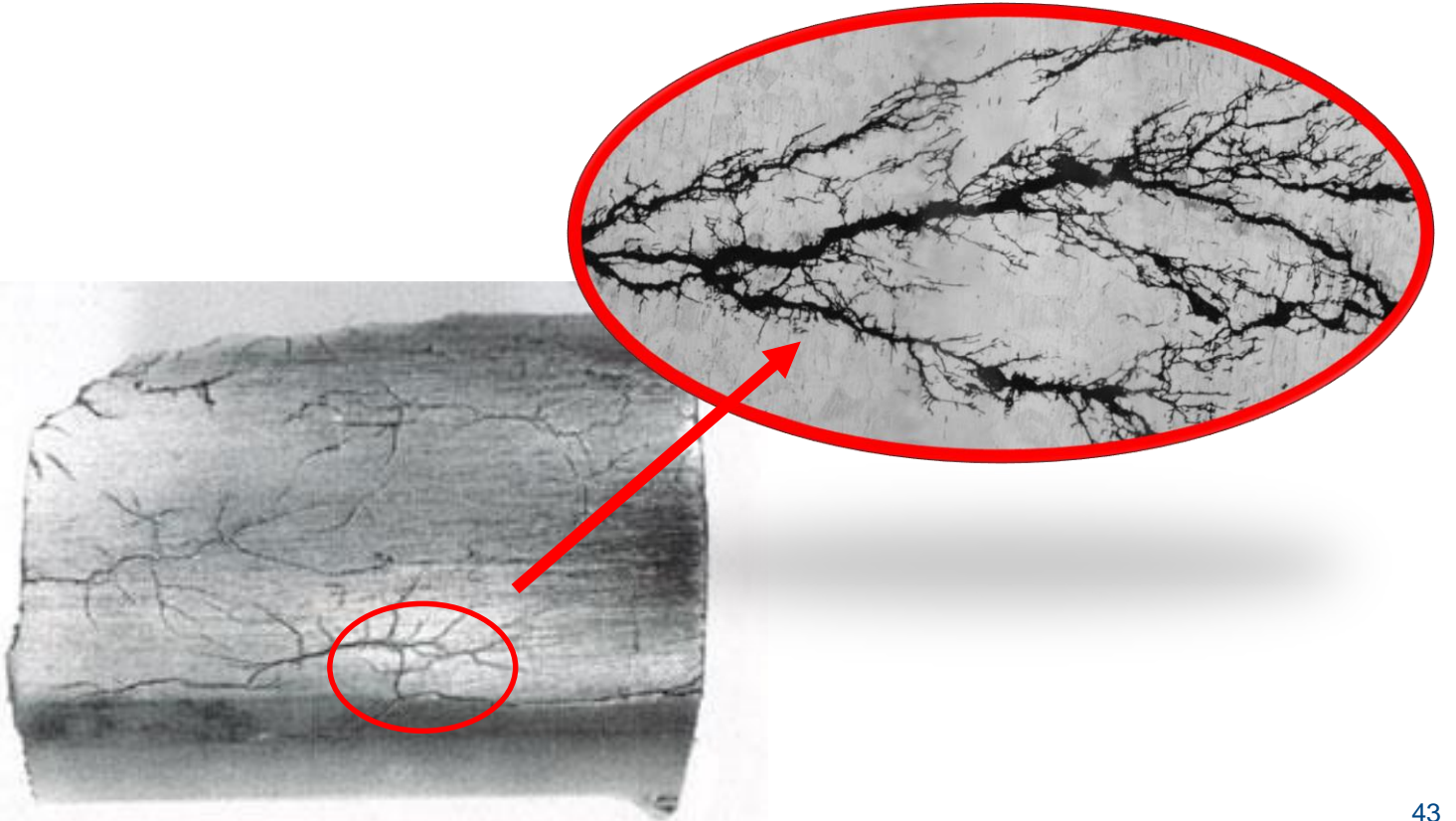


**Gerilim korozyon çatlakları, korozif ortamda ve çekme gerilmesi altında oluşan çatlaklardır.**



*Bu noktada agresif kimyasal ortam konusunda ön plana çıkan halojenleri de etki sıralarına göre şöyle verebiliriz;*

- *Klorin*
- *Florin*
- *Bromin*
- *İyodin*
- *Astatin*





## 6. NOBEL ÖDÜLÜ!

$T_s = 50^\circ\text{C}$

$T_s$

$(T_s, T_\infty)$

roughness,  
Acınlıkla A)

$$\dot{Q}_{\text{konv}} = hA(T_s - T_\infty)$$
$$\dot{q}_{\text{konv}} = \textcircled{h}(T_s - T_\infty)$$
$$h = f(\dots\dots\dots)$$



# Teşekkürler



**İZODER Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği**

**Web: [www.izoder.org.tr](http://www.izoder.org.tr)**

**E-posta: [info@izoder.org.tr](mailto:info@izoder.org.tr)**

**Ücretsiz Danışma Hattı: 0800 211 33 67**