



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

YÜZEYDE YOĞUŞMA PROBLEMİ

BENGÜL BÖKE
ODE YALITIM

YÜZEYDE YOĞUŞMA PROBLEMİ

Bengül BÖKE

ÖZET

Su buharı difüzyonu sonucu oluşan yoğuşma, tesisat ve yapı malzemelerine; yapı malzemelerinde meydana gelen ısı geçişine olumsuz yönde etki eder. Yoğuşma olayı; hava ile temas eden yüzey sıcaklığının, havanın çığ noktası sıcaklığının altına düşmesiyle oluşur. Eğer su buharı, yapı malzemesi yüzeyinde yoğuşmazsa, terleme olmadan yapı malzemesi içine girer. Yapı malzemesi içine difüz eden su buharının kısmi basıncı iç katmanlarda herhangi bir noktada o sıcaklıktaki su buharı doyma basıncına eşit olduğu anda yoğuşma başlar. Malzeme içinde yoğuşan su, malzemenin nemini artırır. Yoğuşan suyun miktarı, malzemenin absorbe edebileceği doyma neminden fazla ise serbest kalır ve çeşitli şekillerde malzeme içinde hareket eder. Yoğuşma yapı malzemesinin yapısını bozacağı gibi malzemenin toplam ısı transferi katsayısını yükseltir, ısı kayıplarını da artırır.

Anahtar Kelimeler: Yoğuşma, difüzyon, ısı transfer katsayısı.

ABSTRACT

Condensation as a result of water vapor diffusion, negatively affects the installation and construction materials and the heat transfer that occurs through construction materials. The condensation event occurs when the surface temperature that contacts air drops below the dew point temperature of air. If the water vapor does not condense on the surface of construction materials, it penetrates directly into the construction materials without sweating.

Condensation begins when the water vapor partial pressure that diffuses through construction materials equals the saturation pressure at that temperature at any point of the inner layers. Condensing water within the material increases the humidity of the material if the quantity of the condensed water is more than the saturation humidity that the materials can absorb, it moves in the materials in various forms. The condensation disrupts the structure of the construction materials and increases the total heat transfer coefficient and also increases the heat losses.

Key Words: Condensation, diffusion, thermal conductivity coefficient

1. GİRİŞ

Nasıl ısı sıcak taraftan soğuk tarafa geçerse, su buharı da sıcaklığa ve bağıl neme bağlı olarak, kısmi buhar basıncı yüksekte azalır ve ilerlerken de bir direnç ile karşılaşır.(su buharı difüzyon direnci).

Her yapı malzemesi kalınlığına bağlı olarak buhar difüzyonuna karşı koyar. Bu direncin havanın buhar direncine oranlanmasına su buharı difüzyon direnç katsayısı denir.

Su buharının tamamen geçmesi halinde =1, hiç geçmemesi halinde = ∞ ile ifade edilmektedir.



İçinden düşük sıcaklıkta akışkan geçen boru hatlarının (örneğin fan coil – klima kanalları) dış yüzey sıcaklığı genelde ortam sıcaklığının çok altında olmaktadır. Boru hattının bulunduğu ortamın sıcaklığına ve bağıl nemine göre bulunan öyle kritik bir sıcaklık vardır ki bu sıcaklığa terleme sıcaklığı denir.

Boru hattının veya klima hattının dış yüzey sıcaklığı terleme sıcaklığının altına düşerse mutlaka yoğuşma olur. Eğer kullanılan yalıtım malzemesi su alabilecek nitelikte ise ve buhar geçişine karşı bir önlem alınmamışsa o takdirde yalıtım malzemesinin içi de ıslanır ve çeşitli sakıncalar yaratır.

- Isı yalıtımı hiç yapılmaz ise boru hattı yüzeyinde
- Ya da yetersiz yapılırsa (yoğuşmayı önleyen kalınlıktan daha az) yalıtım malzemesinin dış yüzeyinde, yoğuşma olmaktadır.

2. YOĞUŞMA

Yoğuşma; havanın içindeki su buharının, ortam sıcaklığı ve bağıl nem miktarına bağlı olan terleme sıcaklığından daha düşük sıcaklıktaki bir yüzeye temas etmesi sonucu gaz halinden sıvı hale geçmesidir.

3. YOĞUŞMA NASIL OLUŞUR

Soğuk hatlarda yalıtım malzemesi bünyesine su alabilecek nitelikte ise ve buhar geçişine karşı bir önlem alınmamış veya sızdırmaz bir uygulama yapılamamışsa, su buharı difüzyon direnç katsayısı çok düşük yalıtım malzemelerinin kullanılması durumunda yüzeyde yoğuşma olmamasına karşın yalıtım malzemesinin içine su buharı girer ve malzemenin içinde yoğuşarak su haline gelir.

Hava içinde bulunan su buharı miktarı sabit olmayıp değişken olduğundan, sıcaklık arttıkça birim havanın taşıyabileceği su buharı miktarı da artar. Havanın nemi % ile ifade edilir ve bağıl nem olarak tanımlanır.(Tablo 1)

Tablo 1. Hava sıcaklıklarına göre havanın bünyesine alabileceği maksimum su buharı miktarları

t°C	f [g/m ³]	t°C	f [g/m ³]	t°C	f [g/m ³]	t°C	f [g/m ³]	t°C	f [g/m ³]
-20	0,90	+6	7,28	+32	33,85	+58	119,6	+84	340,4
-19	0,99	+7	7,76	+33	35,7	+59	124,9	+85	353,4
-18	1,08	+8	8,27	+34	37,65	+60	130,2	+86	366,8
-17	1,18	+9	8,82	+35	39,6	+61	135,9	+87	380,5
-16	1,29	+10	9,4	+36	41,7	+62	141,9	+88	394,5
-15	1,405	+11	10,0	+37	43,9	+63	148,1	+89	408,8
-14	1,53	+12	10,65	+38	46,2	+64	154,5	+90	423,5
-13	1,67	+13	11,35	+39	48,6	+65	161,5	+91	438,8
-12	1,82	+14	12,1	+40	51,15	+66	167,9	+92	454,6
-11	1,98	+15	12,85	+41	53,8	+67	175,0	+93	470,8
-10	2,15	+16	13,65	+42	56,7	+68	182,4	+94	487,4
-9	2,34	+17	14,5	+43	59,3	+69	190,1	+95	504,5
-8	2,55	+18	15,4	+44	62,5	+70	198,1	+96	522,1
-7	2,77	+19	16,3	+45	65,4	+71	206,3	+97	540,2
-6	3,005	+20	17,3	+46	68,5	+72	214,8	+98	558,8
-5	3,26	+21	18,35	+47	71,8	+73	223,6	+99	578,0
-4	3,53	+22	19,4	+48	75,3	+74	232,6	+100	597,7
-3	3,82	+23	20,55	+49	79,0	+75	241,8		
-2	4,14	+24	21,8	+50	83,0	+76	251,5		
-1	4,475	+25	23,05	+51	87,0	+77	261,5		
0	4,84	+26	24,35	+52	91,0	+78	271,8		
+1	5,205	+27	25,75	+53	95,2	+79	282,4		
+2	5,59	+28	27,2	+54	99,6	+80	293,3		
+3	5,985	+29	28,7	+55	104,3	+81	304,4		
+4	6,395	+30	30,35	+56	109,3	+82	315,8		
+5	6,825	+31	32,05	+57	114,4	+83	327,9		
+6	7,28	+32	33,85	+58	119,6	+84	340,4		

Bağıl nem % 30 – 40 olursa kuru hava,
% 40 – 60 olursa normal hava,
% 60' dan büyük olursa nemli hava olarak algılanır.

Her sıcaklığa ve her bağıl nem oranına göre, havadaki buharın sıvı haline dönüştüğü yoğuşma dereceleri de değişkendir (Tablo 2.)

Tablo 2. Sıcaklığa ve bağıl nem oranına göre değişen yoğuşma sıcaklıkları

Hava sic.	Bağıl Nemliliğe Göre Çiğlenme Sıcaklığı %										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
-10	-17,6	-16,6	-15,7	-14,7	-13,9	-13,2	-12,5	-11,8	-11,2	-11,5	-10
-5	-12,9	-11,8	-10,8	-9,9	-9,1	-8,3	-7,6	-6,9	-6,2	-5,60	-5
0	-8,1	-6,6	-5,6	-4,7	-3,8	-3,1	-2,3	-1,6	-0,9	-0,3	0
+2	-6,5	-5,3	-4,3	-3,4	-2,5	-1,6	-0,8	-0,1	+0,6	+1,3	+2
+4	-4,8	-3,7	-2,7	-1,8	-0,9	-0,1	+0,8	+1,6	+2,4	+3,2	+4
+6	-3,2	-2,1	-1,0	-0,1	+0,9	1,9	2,8	3,6	4,4	5,2	6
+8	-1,6	-0,4	+0,7	1,8	2,9	3,9	4,8	5,6	6,4	7,2	8
+10	+0,1	+1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2	10
+12	+1,9	3,2	4,3	5,5	6,6	7,6	8,5	9,5	10,3	11,2	12
+14	3,8	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,5	13,2	14
+16	5,6	7,0	8,2	9,4	10,5	11,5	12,5	13,4	14,3	15,2	16
+18	7,4	8,8	10,1	11,3	12,4	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2	18
+20	9,3	10,7	12,0	13,2	14,3	15,4	16,5	17,4	18,3	19,2	20
+22	11,1	12,5	13,9	15,2	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2	22
+25	13,8	15,3	16,7	17,9	19,1	20,2	21,3	22,3	23,2	24,1	25
+30	18,5	19,9	21,2	22,8	24,2	25,3	26,4	27,5	28,5	29,2	30
+35	23,0	24,5	26,0	27,4	28,7	29,9	31,0	32,6	33,1	34,1	35
+40	27,6	29,2	30,7	32,1	33,5	34,7	35,9	37,0	38,0	39,0	40
+45	32,2	33,8	35,4	36,8	38,2	39,5	40,7	41,8	42,9	44,0	45
+50	36,7	37,4	40,1	41,6	43,0	44,3	45,6	46,8	47,9	49,0	50

Örnek:

Sıcaklığı 22°C, bağıl nem oranı % 65 olan bir ortamda yoğuşma sıcaklığı 15,2°C'dir. Böyle bir ortamda yoğuşma olmaması için o ortamdaki tüm cisimlerin yüzeyindeki sıcaklık mutlaka 15,2°C den büyük olmalıdır.

4. YOĞUŞMA PARAMETRELERİ

- Ortam sıcaklığı ($T_a = \text{°C}$)
- Bağıl nem oranı ($\Phi = \%$)
- Akışkan sıcaklığı ($T_m = \text{°C}$)
- Malzemenin hücre yapısı
- Yüzeysel hava taşınım katsayısı (α)
- Isı iletkenlik katsayısı (λ)
- Su buharı difüzyon direnç katsayısı (μ)

5. YOĞUŞMA NEDEN VE NERELERDE OLUR?

Isı Yalıtımı Yapılmazsa,
Isı Yalıtımı Yetersiz Yapılırsa,

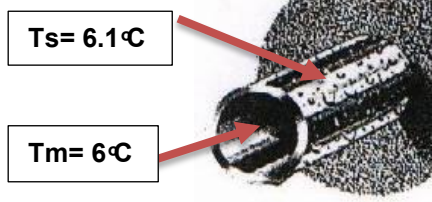
Yoğuşma YÜZEYDE OLUR.

Isı Yalıtım Malzemesinin Kalınlığı Yeterli ise;
 μ değeri düşük olan malzemede

Yoğuşma BÜNYEDE OLUR.

μ değeri yeteri kadar yüksek olan malzemede

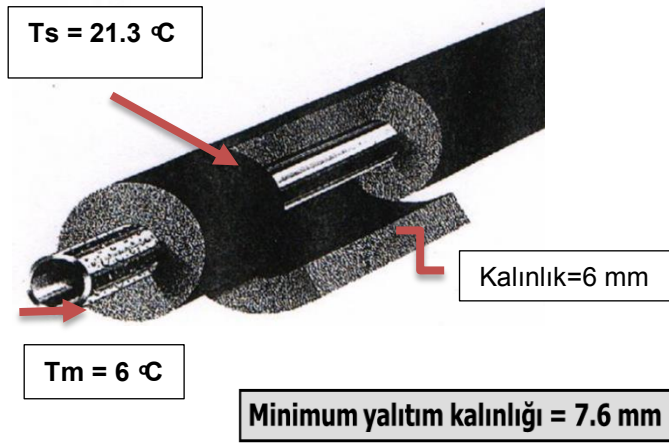
Yoğuşma OLMAZ.

5.1. Isı Yalıtımı Yapılmazsa (Isı Yalıtım Malzemesi Kullanılmazsa) ;

$\Phi = \%65$
 $T_d = 22.8 \text{ C}$
 $T_a = 30 \text{ C}$
Boru çapı = 25.4 mm

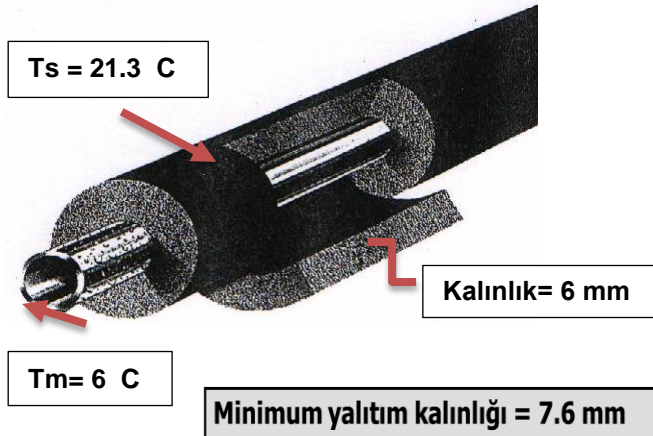
Minimum yalıtım kalınlığı = 7.6 mm

$T_s = 6.1 \text{ °C} < T_d = 22.8 \text{ C}$
YÜZEYDE YOĞUŞMA OLUR.

5.2. Isı Yalıtımı Yetersiz Yapılırsa;

$\phi = \% 65$
 $T_d = 22.8 \text{ °C}$
 $T_a = 30 \text{ °C}$
Kauçuk Köpük
Boru çapı = 25.4 mm

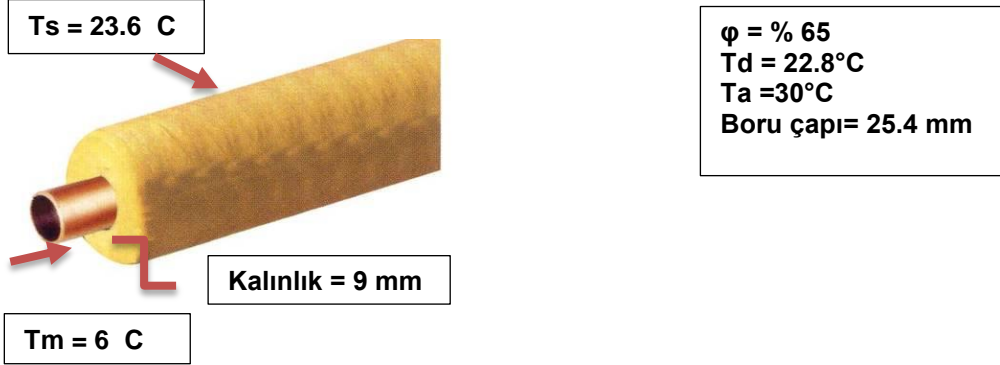
$T_s = 21.3 \text{ °C} < T_d = 22.8 \text{ °C}$
YÜZEYDE YOĞUŞMA OLUR.

5.3. Isı Yalıtımı Yetersiz Yapılırsa;

$\phi = \% 65$
 $T_d = 22.8 \text{ °C}$
 $T_a = 30 \text{ °C}$
Kauçuk Köpük
Boru çapı = 25.4 mm

$T_s = 21.3 \text{ °C} < T_d = 22.8 \text{ °C}$
YÜZEYDE YOĞUŞMA OLUR.

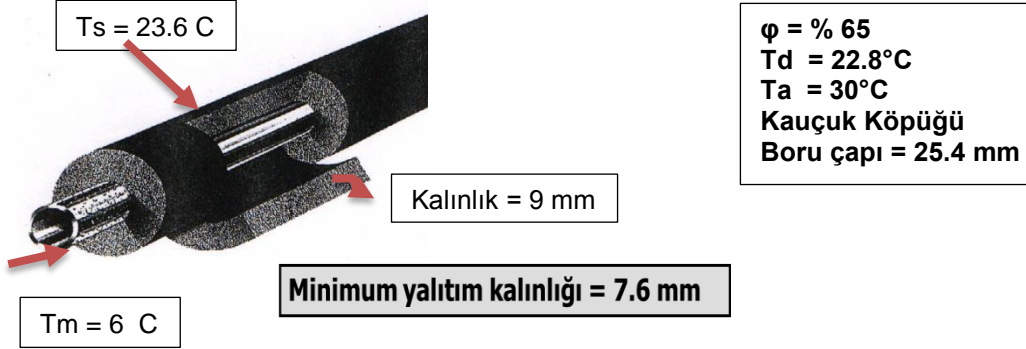
5.4. Yalıtım Kalınlığı Yeterli Ancak Yanlış Yalıtım Malzemesi Seçilmiş İse;



$$T_s = 23.6^\circ\text{C} > T_d = 22.8^\circ\text{C}$$

μ değeri düşük olan malzeme ise; **YOĞUŞMA YÜZEYDE OLMAZ, BÜNYEDE OLUR.**

5.5. Yalıtım Kalınlığı Yeterli ve Malzeme Seçimi Doğru ise;



$T_s = 23.6^\circ\text{C} > T_d = 22.8^\circ\text{C}$ μ değeri yüksek olan malzeme ise; **YOĞUŞMA OLMAZ**; Uygulamanın Sızdırmazlığı Sağlanmalıdır

6. YOĞUŞMANIN SONUÇLARI

Açık Gözenekli	→	$\mu = 1.2$
Hacimce Su Emme Fazla	→	Islanma Çok
Kapalı Gözenekli (Sentetik Malzemeler)	→	$\mu = 3.000-15.000$
Hacimce Su Emme İhmal Edilebilir	→	Islanma Yok

7. TESİSATLARDA YOĞUŞMA

Tesisatlarda meydana gelen yoğuşma: Korozyona sebebiyet vererek tesisatların zarar görmesine, Yalıtım malzemelerinin zarar görmesine, Konfor koşullarının bozulmasına neden olur.



8. YOĞUŞMAYA KARŞI ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

İstenmeyen terleme, yoğuşma ve donmanın önlenmesi, uygun ısı yalıtımının yapılması ile mümkün olmaktadır. Tesisatlarda boru ve havalandırma kanal yüzey sıcaklıklarının terleme kontrolü yapılmalı, yalıtım kalınlığı seçiminde terleme göz önüne alınmalıdır. Buhar hatlarında ise yoğuşan buhar miktarı hesaplanmalı, basınç darbesi oluşmaması için uygun çapta bir boru ile sistemden dışarı alınmalıdır. Yoğuşma miktarı, ısı kaybına dolayısıyla boru yalıtımına bağlıdır. Su tesisatında sıcaklığın donma noktasının altına düşmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Özellikle ısıtılmayan ve sıcaklığı donma noktası altına düşebilen hacimlerde bu duruma dikkat edilmelidir. Antifriz kullanarak donma olayının önlenmesi tesisatta genellikle önerilmez. Antifrizin pahalı ve korozyona neden olması, pompa yükünü artırması, suyun ısı kapasitesini düşürmesi gibi sakıncaları nedeniyle antifriz kullanımı uygun değildir. Suyun boşaltılmadığı durumlarda, pompanın sürekli çalıştırılması veya elektrikle ısıtma ekonomik olmayan çözümlerdir. Diğer bir çözüm donmayı mümkün olduğu kadar geciktirecek şekilde yalıtım yapmaktır. Donmaya karşı yapılacak yalıtımda, su buharı geçişi göz önüne alınmalı ve yalıtım malzemesinin dış yüzü su buharı geçirmeyen bir malzeme ile kaplanmalıdır.

9. SONUÇ

YOĞUŞMAYI ÖNLEMEK İÇİN:

- 1) Doğru ısı yalıtım malzemesi seçilmeli,
- 2) Yalıtım kalınlığı doğru hesaplanmalı,
- 3) μ değeri yeteri kadar yüksek olmalı,
- 4) Yalıtımda ısı köprüleri oluşmamalı ve uygulamalar doğru yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] KARAKOÇ,H; TURAN,O; BİNYILDIZ,E; YILDIRIM,E; “ İY Isı Yalıtımı’, Rota Yayınevi, 2011.
- [2] HEPERKAN, H;BİRCAN,M; SEVİNDİR,K; “Yapı Malzemelerinde Buhar Difüzyonu ve Yoğuşma’ ,V.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 2001.
- [3] Ode Yalıtım ,TTDM Ankara sunumu, 2004.
- [4] ÖZDEMİR,M;PARMAKSIZOĞLU,C; “Mekanik Tesisatta Ekonomik Yalıtım Kalınlığı ”, Tesisat Mühendisliği Dergisi,Sayı 91,2006.
- [5] www.makinemuhendisi.com
- [6] KARAKOÇ,H; TURAN,O; BİNYILDIZ,E; YILDIRIM,E; “ Tesisat Yalıtımı’, ‘Yalıtım Dergisi’, 2012.

ÖZGEÇMİŞ

Bengül BÖKE

1980 yılı Samsun doğumludur.2002 yılında Samsun 19 Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliğini bitirmiştir. Mezuniyet sonrası çeşitli özel şirketlerde çalıştıktan sonra 2009 yılında yalıtım sektöründe görev almaya başladı. Ekim 2014 tarihinden itibaren Ode Yalıtım Teknik Pazarlama Uzmanı olarak görev yapmaktadır.