



SOĞUK HAT YALITIMINDA ELASTOMERİK KAUÇUK KÖPÜĞÜ

Ali TÜRKER

ÖZET

Isı yalıtımı; en genel olarak, enerji kazanımı amacıyla, sıcaklık farklarından dolayı oluşabilecek ısı kayıp ve kazançlarını azaltmak için alınması gereken bir önlemdir. Isı yalıtımı yapılırken, yalıtılacak olan tesisatın ve kullanılacak olan ısı yalıtım malzemesinin özelliklerinin bilinmesi, doğru yalıtım malzemelerinin seçilmesi gereklidir.

GİRİŞ

Tesisatta kullanılması gereken ısı yalıtım malzemelerinde aranması gereken temel özellikler; ısı iletkenlik katsayısı, su buharı difüzyon direnç katsayısı, yangın dayanımı, korozyon riskinin az oluşu, uygulama kolaylığı, ekonomik olması, dayanım sıcaklığı ve bu özelliklerin doğruluğunu belgeleyen kalitesidir. Ülkemizde soğuk hat tesisat ısı yalıtımı amacıyla genellikle, elastomerik kauçuk köpüğü, polietilen ve camyünü kullanılmaktadır.

Bu yazıda, soğuk hat tesisat ısı yalıtımında elastomerik kauçuk köpüğü kullanılmasının başta camyünü olmak üzere, diğer ısı yalıtım malzemelerine göre avantajları malzemelerin teknik özellikleri göz önüne alınarak vurgulanacak ve özellikle soğuk hat yalıtımında malzeme seçiminde yapılan hatalar ile yoğuşma konusu detaylı olarak anlatılacak ve yoğuşma konusunda somut çözüm önerileri verilecektir.

1. ISI YALITIMI

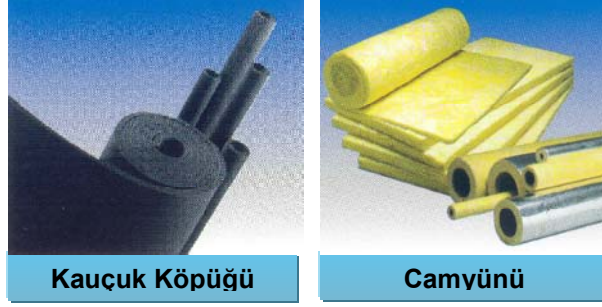
Isı yalıtımı, en genel olarak enerji kazanımı amacıyla, sıcaklık farkından dolayı oluşabilecek ısı kayıp ve kazançlarını önlemek için alınması gereken bir önlemdir.

Isı yalıtımı; yapılarda, tesisatta ve endüstriyel uygulamalarda yapılmaktadır.

1.1. Isı Yalıtım Malzemeleri

Yapılarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ile tesisat ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri birbirlerinden çok farklı özellik göstermektedir. Tesisatta ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerini 3 ana başlık altında toplamak mümkündür: [2]

- Yumuşak Köpükler (Flexible Malzemeler) (Elastomerik Kauçuk Köpüğü, Polietilen Köpük)
- Mineral lifli malzemeler (Camyünü, Taşyünü)
- Sert Plastik Köpükler (Expanded Polistiren (EPS), Extruded Polistiren (XPS))



Kauçuk Köpüğü

Camyünü

1.2. Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranması Gereken Temel Özellikler

Isı yalıtım malzemelerinin seçiminde göz önünde alınması gereken başlıca özellikler şunlardır:

- Isı İletim Katsayısı (λ)
- Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı (μ)
- Yangın Sınıfı
- Sıcaklık Dayanımı
- Uygulama Kolaylığı
- Sağlığa Etkileri
- Boyutsal Kararlılık
- Gözenek Yapısı
- Yoğunluk
- Ekonomiklik
- Atmosfer şartlarına ve asitlere karşı dayanıklılık

Malzemelerin bu teknik özellikleri, yalıtım uygulaması yapılacak olan tesisat tipine göre dikkatlice değerlendirilmelidir. [3]

Tesisat, içinden geçen akışkanın sıcaklığına göre; soğuk, ılık ve sıcak hatlar olmak üzere 3'e ayrılmaktadır.

1. Soğuk Hatlar : Akışkan sıcaklığı + 10 °C'den düşük hatlar
2. Ilık Hatlar: Akışkan sıcaklığı +10 °C ile + 100°C arasındaki hatlar
3. Sıcak Hatlar: Akışkan sıcaklığı +100 °C'den daha yüksek hatlar



Tesisat tipine göre kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ise şunlardır:

- Soğutma ve Fan-coil hatlarında buhar difüzyonuna gösterdiği yüksek direnç nedeniyle **Elastomerik Kauçuk Köpüğü**,
- Ilık hatlarda ise tüm yalıtım malzemeleri kullanılabilir olmasına karşın genellikle **Polietilen**, **Camyünü** ve **Kauçuk Köpüğü** kullanılmaktadır
- Sıcak hatlarda, yüksek sıcaklık dayanımı nedeniyle 200°C'ye kadar **Camyünü**, 700°C'ye kadar **Taşyünü** ve daha yüksek sıcaklıklarda **Seramik Yünü** seçime bağlı olmaksızın kullanılmak zorundadır. [3]

2. SOĞUK HATLARIN YALITIMI

Enerji kayıplarının minimuma indirilerek enerjiye yapılan harcamaların azaltılması yönünde çalışmalar günümüzde eskiye oranla daha ciddi bir biçimde ele alınmaktadır. Soğutmaya yapılan harcamaların, ısıtmaya yapılan harcamalara göre kat kat fazla olması soğuk hatların yalıtımına verilmesi gereken önemi ortaya koymaktadır. Örneğin, yaz aylarında tesisat ısı yalıtımı yapılmamış otellerde kalanlar soğutma konforları için ekstra ödeme yapmak durumundadırlar. Çünkü otel işletmecileri misafirlerinin soğutma konforu için ciddi miktarlarda fatura ödemeleri yapmaktadırlar.

Soğuk hatların yalıtılmasının bir diğer getirisi, mekanik sistemlerin ömrünü uzatarak uzun yıllar sistem performansını korumasıdır. Bu sayede yaşanan mekanlar daha sağlıklı ısıtılıp soğutulacak ve ideal bir ısı konforu elde edilecektir.

Isı yalıtımının olmadığı veya doğru bir yalıtımın yapılmadığı soğuk hatlarda karşılaşılan en önemli sorun, "Yoğuşma"dır. Yoğuşmanın yarattığı problemler sadece yüksek faturalar ve ısı konforsuz iç ortamlar değildir. Mevcut tesisatta yarattığı geri dönülmez sonuçların maliyeti çok daha büyük olabilmektedir. Hatalı malzeme kullanılması sonucu yalıtım malzemesinin verimi düşmekte, tesisatta korozyon meydana gelmekte, yalıtımın üzerindeki kaplamaya dahi zarar gelebilmekte ve sonuçta tüm tesisatın değişmesi zorunlu hale gelmektedir. İlk yatırım sırasında doğru bir ısı yalıtımı yapılırsa, daha sonra ortaya çıkması kesin olan yoğuşma probleminin çözümü için emek, zaman ve para harcanmasına gerek kalmayacaktır. Ancak, tüm bunların olabilmesi için, bilinçli bir yalıtım uygulaması yapılması şarttır. [3]

2.1 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. [2]

2.1.1 Yoğuşma Parametreleri

1. Ortam sıcaklığı ($T_a = ^\circ\text{C}$)
2. Bağıl nem oranı ($\phi = \%$)
3. Akışkan sıcaklığı ($T_m = ^\circ\text{C}$)
4. Malzemenin hücre yapısı
5. Yüzeysel ısı taşınım katsayısı (h)
6. Isı iletkenlik katsayısı (λ)
7. Su buharı difüzyon direnç katsayısı (μ)

2.1.1.1 Ortam Sıcaklığı

Ortam sıcaklığı, terleme sıcaklığına etki eden faktörlerdendir. Sıcaklık arttıkça birim havanın taşıyabileceği su buharı miktarı da artar. Eğer ortam sıcaklığı aniden düşerse, havanın taşıyabileceği su buharı miktarı da düşer ve havanın taşıyabileceği maksimum miktardan fazla olan su buharı, su olarak ortaya çıkar. [4]

2.1.1.2 Bağıl Nem

Bağıl nem, terleme sıcaklığına etki eden en önemli faktörlerden biridir. Havadaki mevcut su buharı miktarının, o sıcaklıktaki havanın içinde bulunabilecek en yüksek su buharı miktarına (doymuş su buharı miktarı) oranıdır ve % ile ifade edilir. Örneğin, 20°C 'deki hava maksimum $17,3 \text{ g/m}^3$ su buharı ihtiva edebilir. Eğer aynı ortam sıcaklığında hava içinde $8,65 \text{ gr/m}^3$ su buharı miktarı bulunuyorsa, ortamın bağıl nemi:

$$\phi = \frac{8.65}{17.3} = \%50 \text{ dir.}$$

Genelde bağıl nem miktarı higrometre cihazlarından direkt olarak okunur. İlgili sıcaklıktaki doymuş su buharı miktarı ise abaklardan alınır. Eğer hava sıcaklığı örneğin 24°C ise ve bağıl nem oranı da %75 olarak okunmuşsa, bu takdirde o havanın içindeki su buharı miktarı şu şekilde bulunur.

24°C'deki havanın doymuş su buharı miktarı 21.8 gr/m³tür. Buna göre, o havanın içindeki su buharı miktarı (21.8 x 0.75 =) 16.35 gr/m³tür. [2]

Hava sıcaklıklarına bağlı olarak 1 m³ havada barınabilecek maksimum su buharı miktarları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sıcaklığa bağlı su buharı miktarları

t°C	f[gr/m ³]	t°C	f[gr/m ³]	t°C	f[gr/m ³]	t°C	f[gr/m ³]	t°C	f[gr/m ³]
-20	0,90	+6	7,28	+32	33,858	+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” ve %60’dan büyük olursa “nemli hava” olarak algılanır. Her ortam sıcaklığına ve her bağıl nem oranına göre, havadaki buharın sıvı haline dönüştüğü terleme (yoğuşma) dereceleri de değişkendir. (Tablo 2) [2]

Tablo : 2 Sıcaklığa ve bağıl nem oranına göre değişen terleme sıcaklıkları (°C)

Hava Sıcaklığı	Bağıl Nem Oranlarına Göre Terleme Sıcaklıkları (°C)										
	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

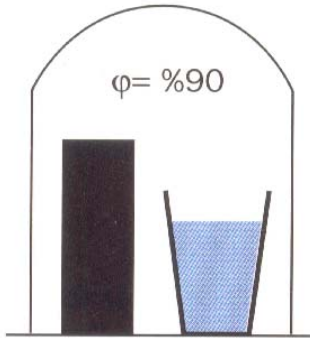
2.1.1.3 Akışkan Sıcaklığı

İçinden düşük sıcaklıkta akışkan geçen hatlarının (örneğin, fan-coiller, klima kanalları gibi) dış yüzey sıcaklığı, genelde ortam sıcaklığının çok altında olmaktadır. Boru hattının veya klima hattının dış yüzey sıcaklığı, tesisatın bulunduğu ortamın sıcaklığına ve bağıl nemine göre değişiklik gösteren terleme sıcaklığının altına düşerse mutlaka yoğuşma olur. [2]

2.1.1.4 Malzemenin Hücre Yapısı – Hacimce Su Emme

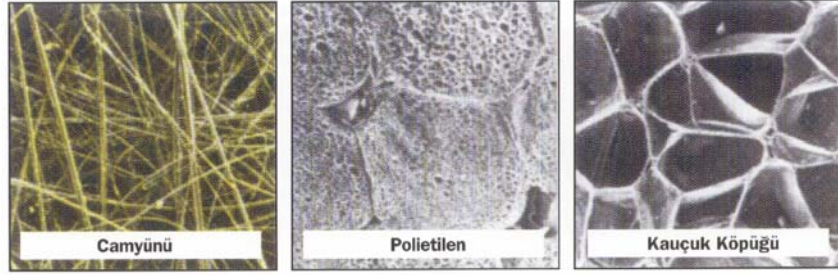
Isı yalıtım malzemelerinin hücre yapıları, malzemelerin hacimce su emme miktarlarını etkilemektedir. Malzemelerin bünyesine su girmesi 2 yolla olmaktadır.

- Difüzyon yolu ile
- Direkt suyla temas yolu ile



Malzemelerin açık veya kapalı gözenekli olmalarına göre difüzyon yolu ile su emme yüzdeleri de değişiklik göstermektedirler. Difüzyon yolu ile su emme yüzdelerinin tespiti için malzemeler kapalı bir test ortamında %90 bağıl nemde 24 saat boyunca bekletilirler. Malzemelerin test öncesi ve sonrasındaki ağırlıkları arasındaki farkın yüzdesi, difüzyon yolu ile hacimce su emme yüzdelerini belirlemektedir. [4]

Açık gözenekli olan malzemelerin bünyesine kolayca girebilen havadaki su buharı malzemelerin bünyesinde yoğuşarak ciddi problemlere yol açmaktadır.



Bir ısı yalıtım malzemesinin ıslanması sadece difüzyon yolu ile olmayıp, direkt suyla temas yolu ile de olmaktadır. Malzemelerin direkt suyla teması sonucu bünyelerine su alma yüzdelerini tespit etmek için malzemeler içi su dolu bir kap içine malzemelerin tamamı su altında kalacak şekilde yerleştirilir. Ortalama 28 gün sonunda sudan çıkarılarak tartılırlar. Deneyden önceki ve sonraki ağırlıkları arasındaki farkın yüzdesi, malzemelerin direkt suyla temas yolu ile bünyelerine su alma yüzdelerini verir. [1]

Isı yalıtım malzemelerinin difüzyon yolu ile hacimce su emme miktarlarının tespiti için Almanya'daki FIW Enstitüsü tarafından yapılmış test sonuçları aşağıda verilmiştir.

Deney Şartları;

Ortam Sıcaklığı (T_a) ; 30°C
 Akışkan Sıcaklığı (T_m) ; - 30°C
 Bağıl Nem (ϕ) ; % 85
 Deney Süresi ; 192 - 840 gün

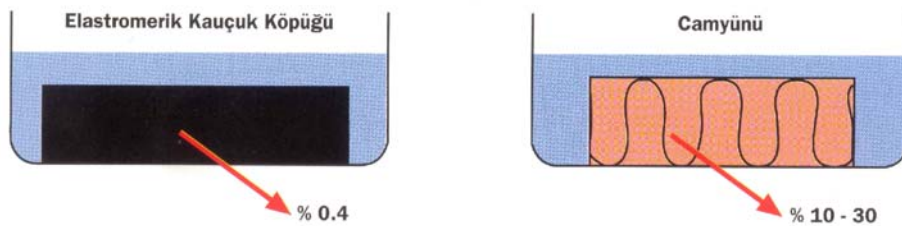
MALZEMELER;

Poliüretan (PU)
 Extrüded Polistren (XPS)
 Polietilen (PE)
 Elastomer Kokiller
 Elastomer Kokiller

Hacimce Su Emme (%)

11	(210 gün)
4.7	(244 gün)
0.5	(244 gün)
0.42	(192 gün)
0.55	(380 gün)

- Deneyler **FIW Enstitüsü** (Almanya) tarafından gerçekleştirilmiştir. [1]



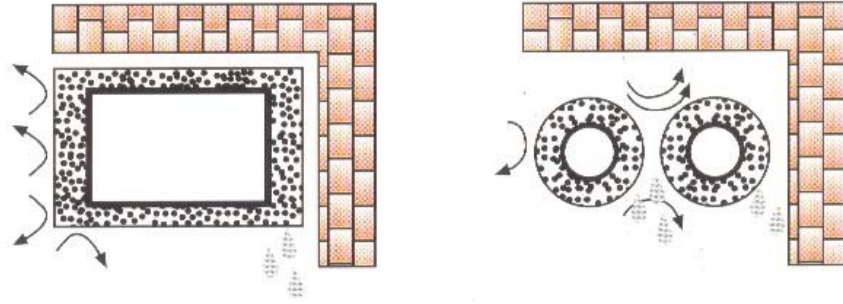
2.1.1.5 Yüzeysel Isı Taşınım Katsayısı ve Yüzeysel Yutma Katsayısı

Yüzeysel ısı taşınım katsayısı; akışkanın hızına, malzeme yapısına (yüzeyin pürüzlü veya düz olmasına) ve diğer özelliklerine göre değişir.

Projelendirme ve uygulamada, boru ve kanallar birbirine çok yakın ve duvarlardan yeterli mesafe bırakılmadan geçirilmemelidir. Dar ve sıkışık bölgelerde gereken hava sirkülasyonu gerçekleşemez, dolayısı ile dış yüzey film katsayısı azalmış olur. Böylece yoğuşma riski de artar. (Resim 1)

DIN 4140 "Sıcak ve Soğuk Teknik Yalıtım İşlerinde Uygulama Esasları" adlı standarda göre yalıtımlı boruların birbiri arasında ve duvar/tavan arasında 100mm boşluk bırakılması ön görülmüştür.

Dış yüzey film katsayısı mutlaka belirlenmelidir. Bunun için yer ve havalandırma durumları bilinmelidir. Ayrıca, malzemenin üzerindeki kaplamanın cinsi de ışınlam açısından etkilidir. [4]



Resim 1.

Yüzey yutma katsayısının (ϵ , epsilon) yoğuşmayı önleyen minimum yalıtım kalınlığına etkisi aşağıda verilmiştir.

Ortam sıcaklığı	: 25°C
Akışkan sıcaklığı	: -5°C
Bağıl nem	: 60%
Boru çapı	: 25,4 mm
Malzeme	: ODE K-FLEX ST Elastomerik Kauçuk Köpüğü

Yüzey yutma katsayısı, $\epsilon = 0,93$ (metal olmayan yüzeyler için – kaplamasız)

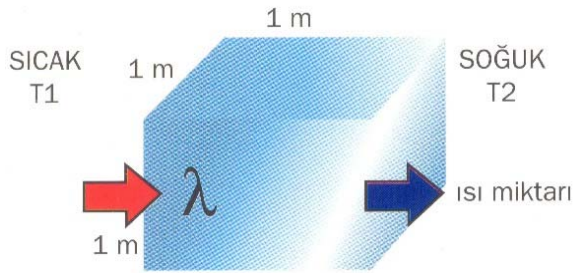
Yüzey yutma katsayısı, $\epsilon = 0,13$ (yüzeyi alüminyum sac kaplı)

Yoğuşmayı önleyen minimum yalıtım kalınlığı , $\epsilon = 0,93$ değeri için **7,6 mm**

Yoğuşmayı önleyen minimum yalıtım kalınlığı , $\epsilon = 0,13$ değeri için **13,3 mm** çıkmaktadır.

Bu örnekten de görüldüğü gibi yüzey yutma katsayısı, yalıtım kalınlığını iki katına dahi çıkarabilecek bir etkiye sahiptir. [4]

2.1.1.6 Isı İletkenlik Katsayısı



Isı iletkenlik katsayısı, malzemelerin birbirine dik 1 m mesafedeki, 1 m²lik iki yüzeyi arasından sıcaklık farkı 1°C olduğunda birim zamanda geçen ısı miktarıdır ve birimi W/mK'dir. Isı yalıtım malzemelerinin seçiminde en belirleyici özelliktir. Zira ısı iletkenlik katsayısı ne kadar düşüğe, sistemler o derece yüksek ısı yalıtım direncine sahip olmaktadır.

Düşük ısı iletkenlik katsayısına sahip malzemeler en yüksek ısı iletim direncine sahip olduğu için en yüksek ısı yalıtım performansını sağlarlar. Ancak malzemelerin ıslanması, ısı yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik katsayısını yükseltmekte, yalıtım özelliğini azaltmakta ve sonuçta yalıtım performansını olumsuz etkilemektedir. Öyle ki bazı durumlarda camyünü gibi yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayısı iki katı kadar kötüleşebilmektedir. [2]

Bu sebepten dolayı, tesisat ısı yalıtımında hesaplamalar yapılırken ortalama sıcaklıktaki ısı iletkenlik katsayısı değeri alınmalıdır. Aşağıda, elastomerik kauçuk köpüğünün farklı sıcaklıklardaki λ değerleri ile bazı malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları verilmiştir. [2]

Ortalama sıcaklık;	-20°C	$\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
(kauçuk köpüğü)	0°C	$\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$
	+20°C	$\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$

ISI İLETKENLİK KATSAYISI KARŞILAŞTIRMAŞI	
 Alüminyum : 204 W/mK	 Elastomerik Kauçuk Köpüğü: 0,036 W/mK
 Su : 0,8 W/mK	 Polietilen: 0,040 W/mK
 Donatılı Beton : 2,1 W/mK	 Camyünü: 0,040 W/mK
 Yatay Delikli Tuğla : 0,45 W/mK	 Taşyünü: 0,040 W/mK
 Ahşap : 1,2 W/mK	 Poliüretan: 0,035 W/mK

2.1.1.7 Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı



Su buharı, sıcaklığa ve bağıl neme bağlı olarak, kısmi buhar basıncı yüksek olandan düşük olana doğru ilerler ve ilerlerken de bir direnç ile karşılaşır. Her malzeme kalınlığına bağlı olarak buhar difüzyonuna karşı koyar. Bu direncin havanın su buharı difüzyon direncine oranı "Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı"dır. Su buharının tamamen geçmesi halinde $\mu = 1$, hiç geçmemesi halinde $\mu = \infty$ (örn: alüminyum) ile ifade edilmektedir. $\mu = 10.000 - 100.000$ arasında olan malzemeler de "Buhar Kesici" olarak adlandırılırlar.

Aşağıda, soğuk hatlarda yaygın kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin su buharı difüzyon direnç katsayıları verilmiştir: [2]

	Gözenek Yapısı	Su Buharı Difüzyon Direnci (μ)
• Camyünü,	AÇIK	1,1
• Polietilen Köpük,	KAPALI	3.000-6.500
• Kauçuk Köpüğü	KAPALI	3.000-16.000

2-2. Yoğuşma Neden ve Nerede Olur?

Soğuk hatlarda yalıtım malzemesi bünyesine su alabilecek nitelikte ise ve buhar geçişine karşı bir önlem alınmamış veya sızdırmaz bir uygulama yapılamamışsa, lifli malzemeler gibi su buharı difüzyon direnç katsayısı çok düşük olan ($\mu=1.1$) (su buharı difüzyonuna hiç karşı koyamayan) yalıtım malzemelerinin kullanılması durumunda yüzeyde yoğuşma olmamasına karşın, yalıtım malzemesinin içine su buharı girer ve malzemenin içinde yoğuşarak su haline gelir. [5]

2-3. Yoğuşmanın Sonuçları

Ayrıca, malzeme bünyesindeki su, ısı yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik katsayısını artırır ve yalıtım özelliğini azaltır. Öyle ki bazı durumlarda camyünü gibi yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayısı iki katı kadar kötüleşebilmektedir. Tablo -3'de ortam sıcaklığı 26°C olan bir ortamda, içinden 12°C akışkan geçen bir soğutma hattının sırasıyla camyünü, poliüretan ve elastomerik kauçuk köpüğü ile

yalıtılması halindeki ilk ısı kayıpları ve “K değerleri ile işletime alındıktan 6 ay sonraki (ıslak, nemli haldeki) ısı kayıpları ve “K değerleri verilmektedir. [1]

Tablo 3: Elastomerik Kauçuk Köpüğü, Poliüretan ve Camyünü malzemelerin ilk uygulamadaki ve 6 ay sonraki durumları (Akışkan sıcaklığı = 12°C , Ortam Sıcaklığı = 26°C)

	CAMYÜNÜ	POLİÜRETAN	KAUÇUK KÖPÜĞÜ
Kuru Hal	(20°C) $\lambda = 0.040$ W/mK	(20°C) $\lambda = 0.038$ W/mK	(20°C) $\lambda = 0.038$ W/mK
Yalıtım Kalınlığı (mm)	Isı Kaybı “K” Değeri Q/m ² W W/mK	Isı Kaybı “K” Değeri Q/m ² W W/mK	Isı Kaybı “K” Değeri Q/m ² W W/mK
25	-17.10 1.20	-18.20 1.30	-18.20 1.30
40	-12.10 0.87	-12.20 0.87	-12.00 0.86
50	-10.40 0.74	-10.30 0.74	-9.80 0.70
Islak Hal	(20°C) $\lambda = 0.075$ W/mK	(20°C) $\lambda = 0.050$ W/mK	(20°C) $\lambda = 0.038$ W/mK
25	-26.62 1.90	-21.80 1.56	-18.20 1.30
40	-20.30 1.45	-15.60 1.11	-12.00 0.86
50	-17.70 1.26	-13.20 0.94	-9.80 0.70

Isı yalıtım malzemesinin içindeki su tesisatta korozyona sebep olur. Korozyon sonucu çürümeler başlar. Yalıtım malzemesinin üzerindeki kaplama zarar görür ve bu da sistemin tahrip olmuş bu bölümlerini yenilemeyi gerektirir. (Fotoğraf 1) [5]



Fotoğraf 1.

Tablo 3’den de görüleceği gibi, bu hatta camyünü kullanılması durumunda, 6 ay sonra cam yününün ısı iletkenlik katsayısı buhar difüzyonundan dolayı 0.075 W/mK’e kadar çıkmakta, bir diğer deyişle 50 mm kalınlığındaki yalıtımın değeri 25 mm’ye kadar düşmektedir.

Poliüretan kullanılması durumunda ise poliüretanın 6 ay sonraki ısı iletkenlik katsayısı yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı 0.050 W/mK’e kadar çıktığı Tablo-3’den görülmektedir. Ancak elastomerik kauçuk köpüğüne dikkat edilirse, tablodan da görüleceği gibi, sistem işletime alındıktan 6 ay sonra dahi elastomerik kauçuk köpüğünün ısı iletkenlik katsayısının aynı kaldığı görülmektedir. [1]

Sonuç olarak;

1. Isı yalıtımı yapılmazsa yoğuşma tesisatın **YÜZEYİNDE** olur
2. Isı yalıtımı yetersiz yapılırsa, yoğuşma yalıtım malzemesinin **YÜZEYİNDE** olur.
3. Isı yalıtım malzemesinin kalınlığı yeterli ve μ değeri düşük olan malzemede, yoğuşma **BÜNYEDE** olur.
4. Su buharı difüzyon direnç katsayısı yeteri kadar yüksek olan malzemede yoğuşma **OLMAZ**.

2.3.1. Isı yalıtımı yapılmazsa yoğuşma tesisatın YÜZEYİNDE olur. [3]



2.3.2. Isı yalıtımı yetersiz yapılırsa, yoğuşma yalıtım malzemesinin YÜZEYİNDE olur. [3]



Yetersiz Isı Yalıtım Uygulaması



2.3.3. Isı yalıtım malzemesinin kalınlığı yeterli ve μ değeri düşük olan malzemed, yoğuşma BÜNYEDE olur. [3]

2.3.4. Su buharı difüzyon direnç katsayısı yeteri kadar yüksek olan malzemede yoğuşma **OLMAZ.** [3]



2.4. Yoğuşmaya Karşı Alınacak Önlemler ve Çözüm Önerileri

Yoğuşmayı önlemek için;

- Doğru ısı yalıtım malzemesi seçilmeli,
- Yoğuşma olmaması için gerekli minimum yalıtım kalınlığı doğru hesaplanmalı,
- Su buharı difüzyon direnç katsayısı yeteri kadar yüksek olmalı,
- Yalıtımda ısı köprüleri oluşmamalı ve sızdırmazlık uygulamaları doğru yapılmalıdır.

2.4.1 Doğru Isı Yalıtım Malzemesi Seçilmelidir.

Özellikle soğuk hat yalıtımında açık gözenekli malzemeler kullanmak teorikte uygun gibi görülse de, pratikte gerek tam sızdırmazlığının sağlanmasında yaşanan zorluklar, gerekse uygulamada görülebilen problemlerden dolayı tercih edilmemelidir. [3]

Soğuk hatlarda kullanılan ısı yalıtım malzemesi;

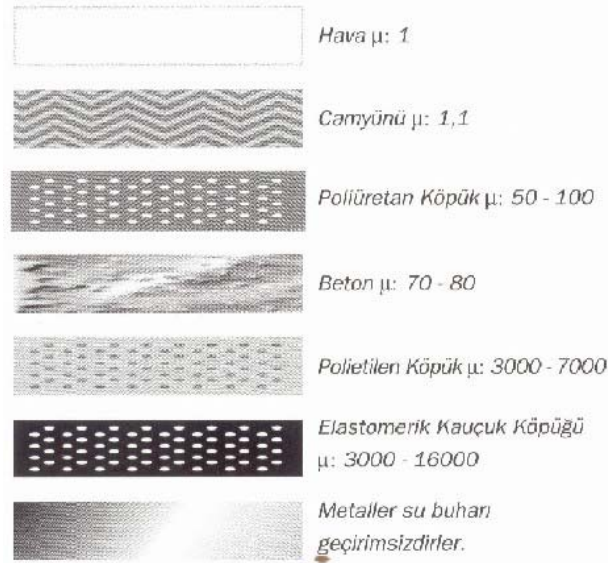
- açık gözenekli ve μ değeri düşük ise; "Buhar Kesici" kullanmak kesinlikle **YETERSİZ OLMAKTADIR! YOĞUŞMA KAÇINILMAZDIR!**
- kapalı gözenekli ve μ değeri düşük ise; "Buhar Kesici" **GEREKLİDİR!**
- μ değeri yeteri kadar yüksek ise, "Buhar Kesici" ye kesinlikle **GEREK YOKTUR!**

2.4.2 Yoğuşma Olmaması İçin Gerekli Minimum Isı Yalıtım Kalınlığı Doğru Hesaplanmalıdır.

Sıcak hatların yalıtımında en önemli kriter "Ekonomik Yalıtım Kalınlığı" seçimi iken, soğuk hatların yalıtımında; yoğuşmanın önüne geçilebilmesi için uygun ısı yalıtım malzemesinin seçimi ve yoğuşma olmaması için gerekli minimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi en önemli konulardır.

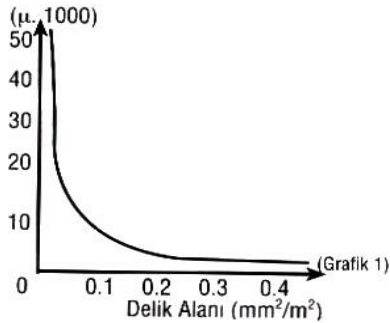
Yalıtım kalınlığı hesabı için; ortam sıcaklığı ve bağıl nemi, akışkan sıcaklığı gibi parametreler yanında, malzemenin tipi, ısı iletkenlik değeri, su buharı difüzyon direnç katsayısı, yüzeysel hava taşınım katsayıları gibi özellikleri de dikkate alınmalıdır. Yapılan hesaplarda bağıl nemin gerçek değeri alınmalıdır. Çünkü bağıl nemin %10 artması durumunda yoğuşmayı önleyecek kalınlık 2 katına dahi çıkabilmektedir. [4]

2.4.3 Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı Yeteri Kadar Yüksek Olmalıdır.



2.4.4 Yalıtımda Isı Köprüleri Oluşmamalı ve Sızdırmazlık Uygulamaları Doğru Yapılmalıdır.

Yalıtım malzemesi, su buharı geçirmeyen bir malzeme ile kaplanmış dahi olsa, kaplamanın ek ve bini yerleri kritik noktalar. Bu noktaların su buharını hiç geçirmeyecek şekilde uygun malzemelerle tam sızdırmazlığı sağlanmalı ve uygulama doğru yapılmalıdır.



Grafik 1'de "Yalıtım Kaplama Malzemesi" olarak kullanılan alüminyum folyo üzerinde oluşan delik çapına göre su buharı difüzyon direnci (μ) değerinin değişimi görülmektedir. Grafikten de anlaşılacağı gibi, 1m^2 'lik folyolu levhada oluşan 0.2mm^2 'lik bir delik (yaklaşık olarak toplu iğne deliğine denk gelir), alüminyum folyonun su buharı difüzyon direncini 50.000'den yaklaşık olarak 0'a düşürür. [1]

2.5. Doğru Isı Yalıtım Kalınlığı

Soğuk hat yalıtımında ısı yalıtım malzemesinin kalınlığının seçiminde dikkat edilmesi gereken bir diğer konu, ilk yatırım maliyeti ile elde edilen enerji kazanım oranlarından uygun olanın seçilmesidir. Aşağıda, farklı yalıtım kalınlıkları ile sağlanan enerji kazançlarına örnekler verilmiştir. [4]

2.5.1 Enerji Verimine Göre Isı Yalıtım Kalınlığı Hesabı

Elastomerik Kauçuk Köpüğü kullanılan bir kalorifer tesisatında (oda sıcaklığı $22\text{ }^\circ\text{C}$, akışkan sıcaklığı $90\text{ }^\circ\text{C}$);

60 mm (2") boruda,

13 mm yalıtımda **%78.0**
19 mm yalıtımda **%83.4**

114 mm (4") boruda,

13 mm yalıtımda **%78.1**
19 mm yalıtımda **%84.1** enerji kazanımı olmaktadır.

Elastomerik Kauçuk Köpüğü kullanılan bir fan-coil'de, (oda sıcaklığı 22 °C, akışkan sıcaklığı 6 °C)

60 mm (2") boruda,	13 mm yalıtımda %71.2 19 mm yalıtımda %78,0
114 mm (4") boruda	13 mm yalıtımda %71.5 19 mm yalıtımda %78.9 enerji kazanımı olmaktadır.

Örneklerden de anlaşılacağı gibi yalıtımın ilk 13 mm'sinde %78'lere varan enerji kazanımı, kalınlık 19 mm seviyelerine çıktığında (yalıtım kalınlığı yaklaşık olarak %50 arttırıldığında), enerji kazanımı sadece %10 daha artmaktadır. Bu durumda tesisat mühendisinin yapması gereken, yalıtım malzemesinin kalınlığının birim maliyeti (ilk yatırım maliyeti) ile elde edilen enerji kazanımının birim maliyetinin hesaplanarak optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesidir. [4]

Pratikte genel olarak;

Kalorifer tesisatında, küçük çaplarda 20 mm, büyük çaplarda 30 mm en ekonomik yalıtım kalınlığını verirken, Soğutma hatlarında, küçük çaplarda 13 mm, büyük çaplarda 25 mm en ekonomik yalıtım kalınlığı olmaktadır.

Günümüzde, mevcut hesap programları kullanılarak tam ve doğru bir yalıtım kalınlığı hesabı yapmak mümkündür. Bu hesap programları ile sadece yoğuşmayı önleyecek yalıtım kalınlığı hesabı değil, yalıtımla sağlanan tasarruf miktarı, farklı koşullar için ısı kayıp miktarları gibi hesaplamalar yapılabilmektedir.

Hava sıcaklığının sıfırın altına düştüğü zamanlarda, uzun süre hareketsiz kalan su, donma tehlikesi ile karşılaşacağı için, donmanın ne kadar süre sonra meydana geleceğinin hesaplanarak uygun tedbirlerin alınması şarttır. Hesap Programları ile donma süresi hesabının da yapmak mümkündür. [3]



SONUÇ

Soğuk hatların yalıtımında karşılaşılan en önemli sorun olan yoğuşmanın önüne geçebilmek için uygun yalıtım malzemesinin seçilmesi ve yoğuşma olmaması için gerekli minimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi şarttır.

Her tesisat için, mevcut şartlar dikkate alınarak, uygun yalıtım kalınlıklarının bulunması gerekmektedir. Enerji tasarrufu için yapılan ısı yalıtımının yanı sıra, yoğuşmayı önleyecek uygun yalıtım kalınlığının doğru olarak hesaplanması ve uygulamanın çok dikkatli bir şekilde yapılması gerekir.

Soğuk hatlar, gerektiği gibi yalıtıldığı takdirde, mekanik sistemlerin ömrü uzayacak ve sistem performansını uzun yıllar koruyabilecektir. Yaşanan mekanlar daha sağlıklı ısıtılıp soğutulacak ve ideal bir ısı konforu elde edilecektir. Doğru yalıtım malzemelerinin kullanılması sonucu yalıtım malzemesi verimini tesisat ömrü boyunca koruyabilecek, tesisatta korozyon sorunu ortadan kalkacak, soğuk hatların önemli sorunu olan yoğuşma probleminin çözümü için emek, zaman ve para harcanmasına gerek kalmayacaktır.

Sonuç olarak; soğutma hatlarında düşük ısı iletkenliği ile yoğuşmayı önleyen, kapalı gözenekli, yüksek su buharı difüzyon direnci sayesinde ısı iletkenliği sabit kalabilen ve ıslanmayarak sistemde korozyon riski bulandırmayan, kapalı hacimlerde ilave bir koruyucu malzemeye gerek bırakmayan, uygulaması kolay olan Kauçuk Köpüğü, Polietilen Köpük gibi kapalı gözenekli malzemelerin kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] WOISS, H.P, “-der μ Faktor”, 1998
- [2] KARAKOÇ, H, BİNYILDIZ, E, TURAN, O, “Binalarda ve Tesisatta Isı Yalıtımı”, ODE Teknik Yayınları No:G 20, Eylül 1999
- [3] TURAN, O, “Klima Kanallarının Isı Yalıtımında Camyünü mü? Kauçuk Köpüğü mü?”, Tesisat Dergisi, Sayı 67, Sayfa 27, Temmuz 2001
- [4] DİKMEN, V, “Soğuk Hatların Yalıtımı Neden Önemlidir?”, 6. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 13-14 Nisan 2000
- [5] WOISS, H.P, J.Weicck-Eigenschaften, “Herstellung und anwendung von Elastomer-Schaumen für die Isolierung von Betriebstechnischen anlagen”, 2000

ÖZGEÇMİŞ

Ali TÜRKER

1972 yılı İzmir doğumludur. 1994 yılında İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. 1995-1996 yılları arasında Marmara Üniversitesi Eğitim Vakfı İşletme İhtisas Programı'nı tamamlamıştır. Eylül 1995'de ODE'de çalışmaya başlamıştır. Halen bu firmada Pazarlama Müdürü olarak görev yapmaktadır.