

# BORULARDAKİ ISI KAYIPLARI VE YALITIM ÖRNEKLERİ

Alpin Kemal DAĞSÖZ  
Hüseyin M. YÜKSEL

## ÖZET

Isıtma tesislerinde büyüklüklerine göre gerek bir apartmandaki bodrumda olan borularda gerekse bir merkezden yapılan ısıtmada klimalara yapılan dağıtım ve toplama borularında ısı yalıtımı uygulamalarının yeterli yapılmadıkları, boru döşemelerinde bazı kurallara uyulmadığı görülmektedir.

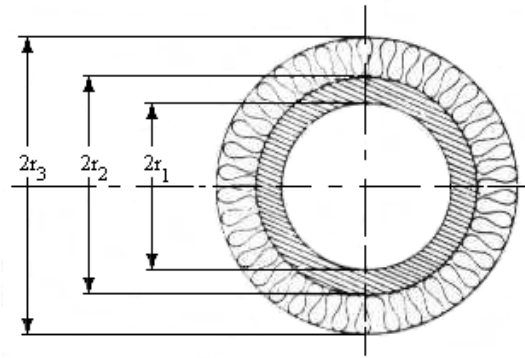
Aşağıda konuyla ilgili bilgiler sunulmaktadır.

## 1. Borulardaki Isı Kayıpları

Borulardaki ısı kayıp ifadeleri ile kritik çap kavramına Isı Geçişi kitaplarında yer verilmektedir [1] [2]. Kısaca hatırlatma yapılırsa, Şekil 1.1.'de görülen borudaki ısı kaybı

$$Q = \frac{2\pi(t_{1a} - t_{2a})L}{\frac{1}{\alpha_1 r_1} + \frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{\alpha_2 r_3}} \quad (1)$$

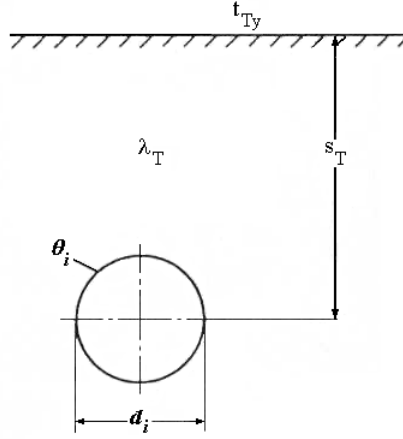
ifadesiyle belirlidir.



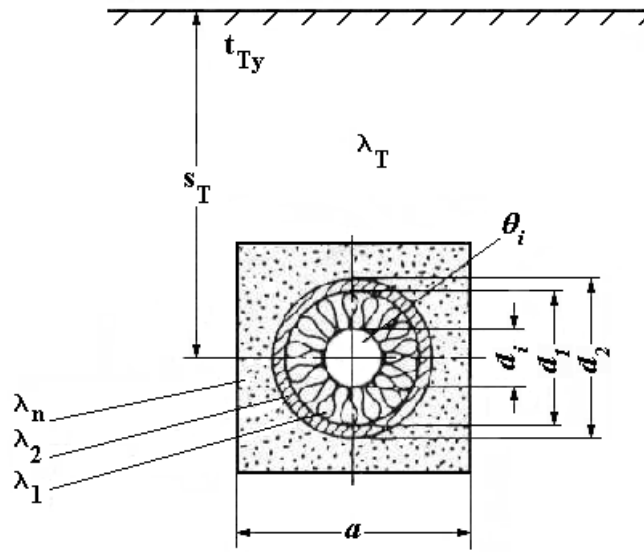
Şekil 1.1. Tek tabaka ısı yalıtımı yapılmış boru

## 2. Toprak İçinde Bulunan Borular

Pratikte çoğu kez borular toprak içinde gömülü olarak veya kanal boyunca geçirilir. Toprak içine gömülü halde boru yalıtımı yapılmamış olabileceği gibi tercih edilen yalıtım yapılmış haldir. Şekil 2.1. ve 2.2.'de her iki hal görülmektedir.



Şekil 2.1. Toprak içine yerleştirilmiş yalıtımsız boru (3)



Şekil 2.2. Toprak içine yerleştirilmiş yalıtımlı boru (3)

Toprak içindeki boru halinde 1 m uzunluğundaki borudan olan ısı geçişi genel halde

- $K_{iB}$  : Boru ile ilgili iletimle toplam ısı geçiş katsayısı
- $K_{iT}$  : Toprak ile ilgili iletimle toplam ısı geçiş katsayısı
- $t_{1a}$  : Borunun içindeki akışkan sıcaklığı
- $t_{Ty}$  : Toprak yüzeyi sıcaklığı
- $t_{Ty}$  : Toprağın ısı iletim katsayısı

olmak üzere

$$Q = \frac{t_{1a} - t_{Ty}}{\frac{1}{K_{iB}} + \frac{1}{K_{iT}}} \quad (2)$$

ifadesiyle belirlidir. Bu ifadede iletimle toplam ısı geçiş katsayısı,

$$\frac{1}{K_{IT}} = \frac{1}{2\pi\lambda_T} \operatorname{arcosh} \frac{2S_T}{d_d} \quad \text{mK/W} \quad (3)$$

ve  $S_T/d_d > 2$  için

$$\frac{1}{K_{IT}} = \frac{1}{2\pi\lambda_T} \ln \frac{4S_T}{d_d} \quad \text{mK/W} \quad (4)$$

ifadeleriyle belirlidir. [3] [4]

Boru ve yalıtım ile ilgili terim ise

$$\frac{1}{K_{IB}} = \frac{1}{2\pi} \sum_{j=1}^n \frac{1}{\lambda_j} \ln \frac{d_j}{d_j - 1} \quad \text{mK/W} \quad (5)$$

ifadesi ile belirlidir. Borunun dışı a genişliğinde bir kare kesitli tabaka içinde ise eşdeğer çap olarak

$$d_e = 1,073 a \quad (6)$$

ifadesi kullanılır.

### Örnek:<sup>(\*)</sup>

Toprak içine gömülü olan boru için veriler aşağıdadır.

Borudan geçen akışkan sıcaklığı	$t_{1a} = 100^\circ\text{C}$
Toprak yüzeyi sıcaklığı	$t_{Ty} = 3^\circ\text{C}$
Toprağın ısı iletim katsayısı	$\lambda_T = 1,75 \text{ W/mK}$
Borunun yerleştirilme derinliği	$S_T = 1 \text{ m}$
Borunun dış çapı	$d_b = 219,1 \text{ mm}$
Boru yalıtımının dış çapı	$d_y = 341 \text{ mm}$
Boru yalıtımı kılıfının dış çapı	$d_d = 355 \text{ mm}$
Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı	$\lambda = 0,028 \text{ W/mK}$

1 m boru uzunluğu için kaybolan ısı miktarını bulunuz. (Basitleştirme yapılarak boru et kalınlığı ihmal ediliyor.)

$$\frac{1}{K_{IT}} = \frac{1}{2\pi \cdot 1,75} \ln \frac{4 \cdot 1}{0,355} = 0,22 \quad \text{mK/W}$$

$$\frac{1}{K_{IB}} = \frac{1}{2\pi \cdot 0,028} \ln \frac{0,341}{0,2191} = 2,51 \quad \text{mK/W}$$

$$Q = \frac{t_{1a} - t_{Ty}}{\frac{1}{K_{IB}} + \frac{1}{K_{IT}}} = \frac{100 - 3}{0,22 + 2,51} = 35,53 \quad \text{W/m}$$

<sup>(\*)</sup> Wärmetechnisches Handbuch – Montage G+H ISOVER kitabının 25. baskısından alınmıştır.

### 3. Boruların Isı Yalıtım Kalınlıkları

Ülkemizde boruların ısı yalıtım kalınlıkları oldukça küçük tutulup işçilikler de iyi dikkat edilmemektedir.

Almanya'da 22 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren ısıtma tesisleri kurallarında (Heiz. Anl. VO) ısı yalıtım kalınlıkları  $\lambda=0,035$  W/mK için boru çaplarına göre tablo 3.1.'deki gibi verilmiştir.

**Tablo 3.1.** Boru anma çaplarına göre en az yalıtım kalınlıkları

DN	Yalıtım kalınlığı s –mm-
20	20
22	30
35	30
40	anma çapı kalınlığı kadar
100	anma çapı kalınlığı kadar
>100	100

Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayıları  $\lambda=0,035$ ; 0,040; 0,045 W/mK olduğuna göre bakır ve çelik borular için anma çapları dış çaplar ile en az yalıtım kalınlıkları ise tablo 3.2.'de verilmiştir.

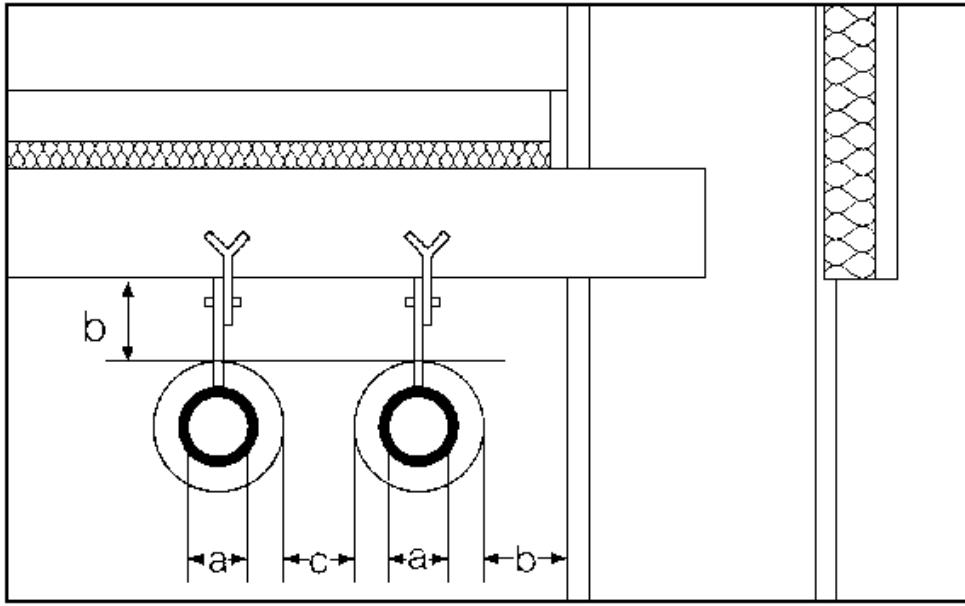
**Tablo 3.2.** Çeşitli ısı yalıtım malzemeleri ile bakır ve çelik borular için en az yalıtım kalınlıkları (7)

DN anma çapı	$D_d$ dış çap $\phi$		$\lambda$ 0,035 W/mK	$\lambda$ 0,040 W/mK	$\lambda$ 0,045 W/mK
	bakır	çelik			
10	12	17,2	20	30	36
	15		20	30	35
15	18	21,3	20	30	34
20	22	26,9	20	30	33
25	28	33,7	30	40	49
32	35	42,4	30	40	48
40	42	48,3	40	60	63
50	54	60,3	50	70	79
	64		70	90	101
65	76,1	76,1	70	90	101
80	88,9	88,9	80	100	124
100	108	114,3	100	130	154

### 4. Yalıtımlı Boruların Aralarında, Tavan ve Duvara Olan Mesafeler

Ülkemizdeki uygulamalarda borular arasındaki mesafeler yanında boruların tavan ve yan duvarlara olan mesafelerine dikkat edilmediği için işçiliğin güçleşmesi yanında ideal yalıtım kalınlıkları uygulanmamaktadır.

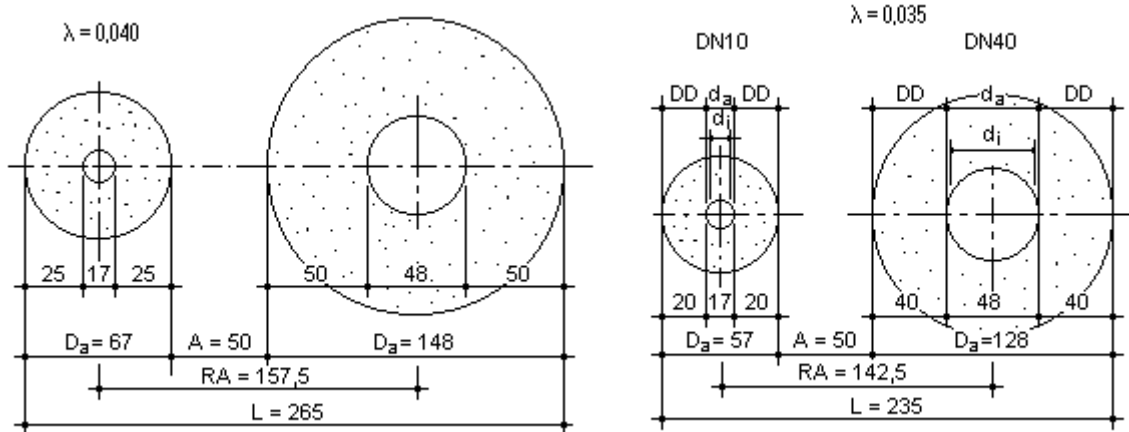
Şekil 4.1'de ana mesafeler belirtilmiş ve Tablo 4.1.'de de olması gereken değerler verilmiştir. Yine Şekil 4.2'de uygulama görülmektedir.



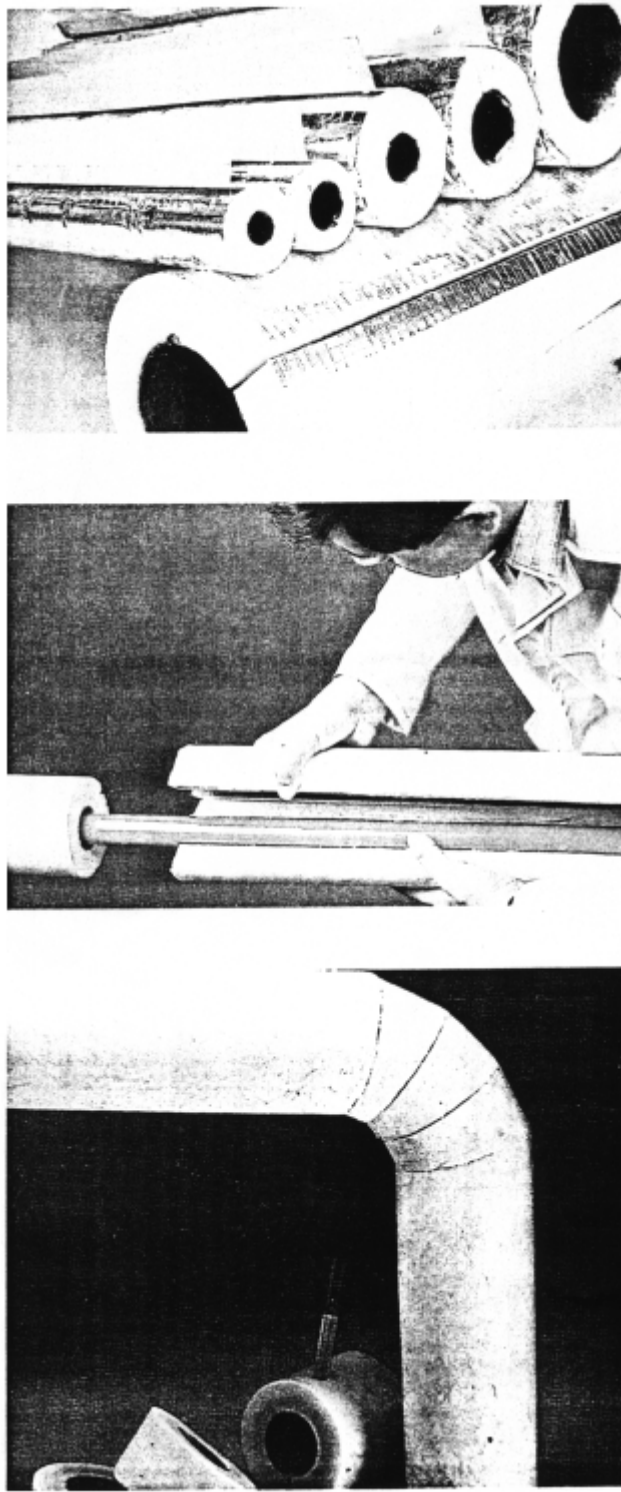
Şekil 4.1. Boruların asılmalarında gözönüne alınması gereken ana mesafeler

Tablo 4.1. Boruların asılmalarında ana mesafeler – Şekil 4.1.'e göre –

	Boru anma çapı DN (a)		
	<32	40-50	65-100
Boru arası mesafe	100	160	280
Tavan ve duvar mesafesi	60	90	150

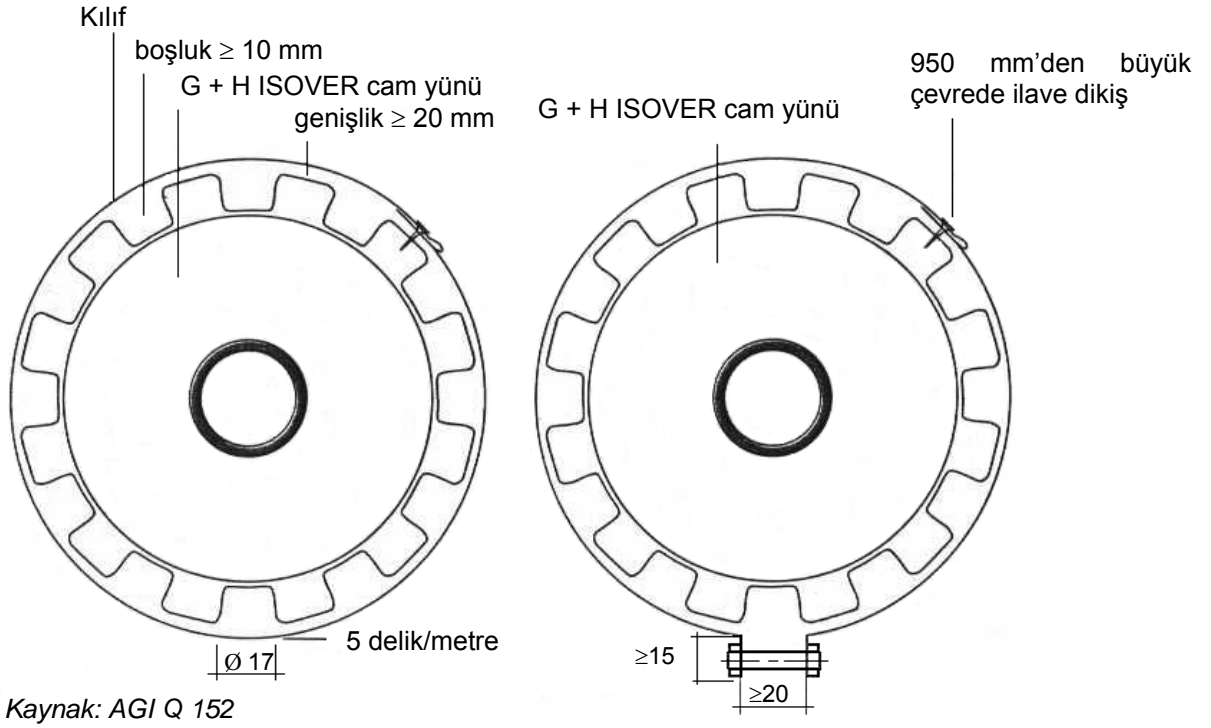


Şekil 4.2. Yanyana iki boruda yalıtım uygulamaları (8)



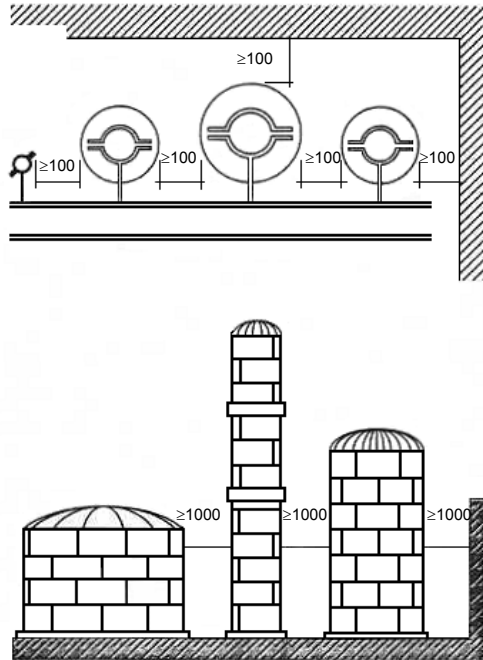
**Şekil 4.3.** Çeşitli yalıtım uygulamaları

Şekil 4.4.'de ise yalıtım yapılmış bir boruda yalıtımın dışında hava boşluğu bırakılarak çelik veya alüminyum levhalar ile kılıflanması – mantolanması – görülüyor.



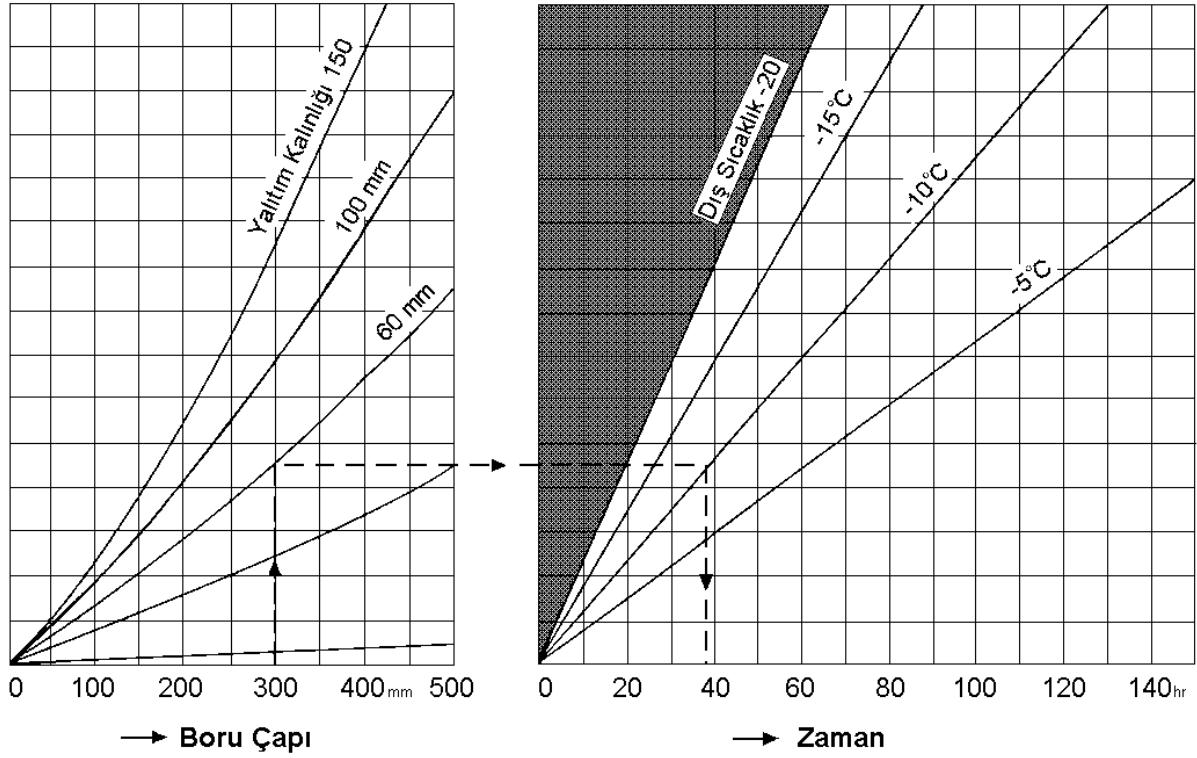
**Şekil 4.4.** Yalıtım yapılmış bir boruda yalıtımın dışında hava boşluğu bırakarak kılıflama (7)

Şekil 4.5.'de borular ile kolonlar ve tanklar arasında olması gereken en az mesafeler verilmiştir.



**Şekil 4.5.** Borular ile kolonlar ve tanklar arasında olması gereken en az mesafeler (7)

Şekil 4.6.'da çeşitli çaplardaki su borularında yapılan ısı yalıtımı kalınlıklarına göre çeşitli dış hava sıcaklıklarında donma süreleri verilmiştir.



Şekil 4.6. Çeşitli çaplardaki su borularında ısı yalıtım kalınlıklarına göre donma süreleri (7)

## 5. Ek Bilgiler

Tablo 5.1. Boru içindeki akışkanların hızları (7)

Doymuş buhar	20 – 30 (40) m/s
Kızgın buhar küçük güç	≈ 35 m/s
Kızgın buhar orta güç	40 – 50 m/s
Kızgın buhar büyük güç	50 – 65 m/s
Eksoz buharı	15 – 25 m/s
Kompresör hava emme	16 – 20 m/s
Kompresör hava basma	25 – 30 m/s
Turbo kompresör emme+basma	20 – 25 m/s
Su boruları	1,0 – 2,0 m/s
Besleme suyu boruları	0,5 – 1,0 m/s
Besleme suyu basma boruları	1,5 – 3,5 m/s
Soğutma suyu emme boruları	0,7 – 1,5 m/s
Soğutma suyu basma boruları	1,0 – 2,0 m/s
Su türbinleri boruları	≈ 3 m/s
Su türbinleri boruları, geniş ve dik	3 – 7 m/s
Yağlama	0,5 – 1,0 m/s
Yağ	1,5 – 2,0 m/s
Yağ (1 bar 15°C)	25 – 60 m/s
Yağ emişleri	≈ 1 m/s



**Tablo 5.2.** Akışkan cinsine göre boruların renkleri (7)

Akışkan	Grup	Renk
Su	1	Yeşil
Su buharı	2	Kırmızı
Hava	3	Mavi
Vakum		Gri
İklimlendirme/Havalandırma		Gri
Yanıcı gaz	4	Sarı
Yanmayan gaz	5	Sarı
Asit	6	Turuncu
Baz	7	Menekşe
Yanıcı akışkan	8	Kahve
Yanmayan akışkan	9	Kahve
Oksijen	10	Mavi

**Tablo 5.3.** Yalıtım yapılan boruların ağırlıkları (7)

DN anma çapı	Boru dış çapı		Yalıtım kalınlığı (mm)									
			30	40	50	60	70	80	100	120	140	
15	21,3	kg/m	3	4	5	6	8					
25	33,7	kg/m	3	4	5	6	9	11				
50	60,3	kg/m	4	5	6	9	10	12	15			
65	76,1	kg/m	5	6	8	10	11	13	17	21		
80	88,9	kg/m	6	8	9	10	12	14	18	23	27	
100	114,3	kg/m	7	8	10	12	13	15	19	28	34	
200	219,1	kg/m	12	13	16	22	25	27	33	39	45	
300	323,9	kg/m	21	23	26	29	33	36	43	49	57	
500	508,0	kg/m	32	36	39	44	48	52	61	70	79	
700	711,0	kg/m	43	48	53	58	63	68	79	91	101	
düz yüzey		kg/m	18	19	21	23	24	26	29	32	35	

**Tablo 5.4.** Kalorifer tesisatı proje uygulamalarında harf ve renkler

	Proje çizgi rengi	Uygulamada renk ve işaret			
		boru	yazılan yer	işaret	
<b>Sıcak su kalorifer</b>					
gidiş	açık -zencefil- kırmızı	yeşil	beyaz	kırmızı	H
dönüş	açık -kobalt- mavis	yeşil	beyaz	mavi	H
gidiş emniyet	kırmızı SV	yeşil	beyaz	siyah	SV
dönüş emniyet	mavi SR	yeşil	beyaz	siyah	SV
<b>Kullanma suyu</b>					
sıcak su	lâl kırmızısı	yeşil	beyaz	kırmızı	W
sıcak su dolaşım	menekşe	yeşil	beyaz	menekşe	W
soğuk su	açık mavi	yeşil	beyaz	mavi	W

**Tablo 5.5.** Boruların anma ve dış çapları ile et kalınlıkları

anma çapı		dış çap	et kalınlığı	anma çapı		dış çap	et kalınlığı
DN	Parmak	mm	mm	DN	Parmak	mm	mm
<b>dikişsiz çelik DIN 2448</b>				<b>vidalı</b>			
6	1/8	10,2	1,6	6	1/8	10,2	2
8	1/4	13,5	1,8	8	1/4	13,5	2,35
10	3/8	17,2	1,8	10	3/8	17,2	2,35
15	1/2	21,3	2,0	15	1/2	21,3	2,65
20	3/4	26,9	2,3	20	3/4	26,9	2,65
25	1	30,0	2,6	25	1	33,7	2,65
32	1 1/4	38,0	2,6	32	1 1/4	42,4	3,25
40	1 1/2	44,5	2,6	40	1 1/2	48,3	3,25
50	2	57,0	2,9	50	2	60,3	3,65
65	2 1/2	76,1	2,9	65	2 1/2	76,1	3,65
80	3	88,9	3,2	80	3	88,9	4,05
100	4	108,0	3,6	100	4	114,3	4,5
125	5	133,0	4,0	125	5	139,7	4,85
150	6	159,0	4,5	150	6	165,1	4,85
175	7	193,7	5,4	<b>dikişsiz bakır DIN 1786</b>			
200	8	219,1	5,9	4		6,0	1,0
250	10	267,0	6,3	6		8,0	1,0
300	12	323,9	7,1	8		10,0	1,0
350	14	355,6	8,0	10		12,0	1,0
400	16	406,4	8,8	15		18,0	1,0
450	18	457,2	10,0	20		22,0	1,0
500	20	508,0	11,0	25		28,0	1,5
550	22	558,8	12,5	32		35,0	1,5
600	24	609,6	12,5	40		42,0	1,5
<b>dikişli çelik DIN 2448</b>				50		54,0	2,0
700	28	711,2	7,1	65		76,1	2,0
800	32	812,8	8,0	80		88,9	2,0
900	36	914,4	10,0	100		108,0	2,5
1000	40	1016	10,0	125		133,0	2,5
1200	48	1220	12,5				

**KAYNAKLAR**

- [1] DAĞSÖZ, A.K. "Isı Geçiş 5. Baskı"  
[2] DAĞSÖZ, A.K. "Türkiye'de Derece Gün Sayıları Ulusal Enerji Tasarruf Politikası Yapılarda Isı Yalıtımı"  
[3] "VDI 2055", VDI, 1994  
[4] "Wärmetechnisches Handbuch", ISOVER  
[5] "Planungsmappe Technisches Isolierung", Rockwell  
[6] DAĞSÖZ, A.K. "Soğutma Tekniği Isı Pompaları"  
[7] Dämmstoffe aus Mineralwolle, G+H ISOVER  
[8] DAĞSÖZ, A.K. "Sıcak Sulu Kalorifer Tesisatı", Demirdöküm Teknik Yayınlar, 1999

## ÖZGEÇMİŞ

### **Alpin Kemal DAĞSÖZ**

30.4.1935'de Antalya' da doğdu. 1958'de İ.T.Ü. Makina Fakültesini bitirdi. 1966'da Dr. Müh., 1971 Doçent ve 1976'da Profesör oldu. 30 kitabı, 27 yabancı dilde, 106 Türkçe makalesi ve raporu yayınlandı, 115 konferans verdi.

İleri Isı Geçişi, Sıcaklık Ölçmeleri, Proses Tekniği, Kurutma Tekniği, Sanayide Isı Ekonomisi, Güneş Enerjisi, Isı Pompaları, Isı Enerjisi Uygulamaları, Isı Geçişinde Özel Konular ile Doğal Gaz derslerinin verilmesini önerdi ve verdi.

ET ve Balık Kurumu, Darmstadt TH, Belfort IUT, Fahr AG, Sulzer AG, Brown Boveri Cie ile Daimler-Benz'de kısa ve uzun süreler çalıştı. Halen İ.T.Ü. Makina Fakültesinde görev yapmaktadır.

### **Hüseyin M. YÜKSEL**

1968 yılında İstanbul'da doğdu. 1990 yılında İ.T.Ü. Makina Fakültesini bitirdi. Halen aynı Fakültede görev yapmaktadır.