

6. DOĞAL GAZ TESİSATI BORU ÇAPI HESABI

Doğal gaz tesisatları basınca göre üçe ayrılır;

- Alçak basınçlı tesisat (0 - 100 mbar)
- Orta basınçlı tesisat (100 mbar - 1 bar)
- Yüksek basınçlı tesisat (1 bar üzeri)

Konutlardaki doğal gaz iç tesisatını projelendirmede yapının büyüklüğü önemli bir faktördür. Büyük yapılarda genellikle kalorifer kazanlarına giden tesisat ile yemek pişirme ve sıcak su ihtiyacı için döşenecek iç tesisat ayrılır. Kalorifer kazanlarında büyük ölçüde gaz tüketilir. Bu durum boru çaplarının büyük olmasını gerektirir. Öte yandan hat üzerinde gaz akışını düzenleyen emniyet ve kontrol elemanları bulunur. Boru çapı büyük olursa bu elemanlar gereksiz yere pahalı olur. Bu düşünceler altında kalorifer kazanlarına giden hatta büyük basınç düşümlerine imkan vermek üzere giriş basıncı yüksek tutulur. İGDAŞ tarafından kalorifer daireleri için bina girişinde sağlanacak basınç 300 mbar'a kadar çıkabilmektedir. Halen geçerli İGDAŞ Şartnamesine göre 300 mbar basınçlı hatlarda boru içindeki gaz hızı, ses ve titreşim endişesiyle 10 m/s değeriyle sınırlandırılmıştır. Son taslakta ise bu değer 15 m/s değerine çıkarılmıştır.

Diğer iç tesisatta ise kullanılacak basınç düşümü küçük olup, bina giriş basıncı 21 mbar değerindedir. O halde büyük yapılarda bina girişinde 2 regülatör bulunacak, biri kazan dairesi, diğeri iç tesisatı besleyecektir. Kaloriferi olmayan yapılarda, küçük apartmanlarda veya villa tipi yapılarda bu ayrıma gerek yoktur. Bina tek bir regülatörden beslenecektir. Tek regülatörde çıkış basıncı 21 mbar değerindedir. 21 mbar basınçlı hatlarda ise İGDAŞ yine ses ve titreşim endişesiyle hızları 6 m/s değeriyle sınırlamaktadır.

Alçak basınç alanında doğal gazı sıkıştırılmayan akışkan olarak ele almak mümkündür. Orta ve yüksek basınç alanında ise gazı sıkıştırılabilen bir akışkan olarak ele almak gerekmektedir. Dolayısı ile her iki durumda akışı ifade eden denklemler ve çözümleri farklıdır.

Standartlar da alçak ve orta/yüksek basınçlı tesisatları ayrı ele almışlardır. Türk standartlarından TS 7363 alçak basınçlı iç tesisatı kapsar. TS 6565 ise orta ve yüksek basınçlı hatların hesabını verir. Benzer şekilde diğer bilinen standartlar da hesabı aynı biçimde ikiye ayırarak ele alır.

Boru içinde akış halinde, akışkanla cidar arasındaki sürtünme kayıpları ve yerel bağlantı elemanlarından doğan (vana, dirsek gibi) özel kayıplar dolayısıyla boru girişi ile çıkışı arasında bir basınç farkı oluşur. Bu basınç farkı veya kaybı birçok faktöre bağlı olmakla birlikte esas olarak hıza bağlıdır. Basınç kaybı hızın karesi ile orantılı olarak artar. Dolayısı ile gaz tesisatındaki boru çapları ne kadar küçük seçilirse akış hızı o kadar büyük olacak ve buna bağlı olarak

basınç kaybı, hızın karesi ile orantılı olarak artacaktır. Genel olarak tesisatta boru çapları ne kadar küçük seçilirse sistem o kadar ucuz olur. Buna karşılık kullanılması gereken basınç farkı artar. O halde boru hesabının temelini, kullanabileceğimiz basınç farkı teşkil eder. Kullanabileceğimiz basınç farkı standartlarca veya sistem şartları tarafından belirlenir. Boru çapı bu farkı kullanılabilecek şekilde hesaplayarak belirlenir. Özellikle orta basınç alanında boru çapı hesabında dikkate alınması gerekli bir başka kriter de hız değerinin kendisidir. Akış hızının belirli değerlerin üzerinde olması ses ve kavitasyon açısından istenmez.

Alçak basınç tesisatlarında, basınç kayıplarında, sürtünme ve özel kayıpların yanında dikkate alınması gereken bir başka kayıp (veya kazanç) gazın düşey hareketinden doğar. Doğal gaz havadan hafif olduğundan gazın aşağı doğru hareketinde basınç kaybı, yukarı doğru hareketinde basınç kazancı olur. Bu değer orta ve yüksek basınç hatlarında ihmal edilebilir.

6.1 İÇ TESİSAT BORU ÇAPI HESABI

İç tesisat boru çapı hesabında farklı standartlar farklı yöntemler ortaya koymaktadır. Yöntemlerin farklılığı yapılan basitleştirici kabullerden kaynaklanmaktadır. Basitleştirici kabullerin en az olduğu, bu nedenle de biraz daha uzun ve yorucu yöntem Türk Standartları tarafından da kabul edilen TRGI Teknik Kurallarındaki Diferansiyel yöntemidir.

TS 7363 esas olarak TRGI Teknik Kuralların 1972 yılı baskısına dayanmaktadır. Makina Mühendisleri Odası ise TRGI 1986 baskısını tercüme ederek Gaz Tesisatı Proje Hazırlama Esasları adı altında yayınlamıştır. Burada TRGI 1986 esas alınarak iç tesisat boru çapı hesabı anlatılacaktır.

İç tesisat hesabı aşağıdaki adımlardan oluşur;

Tesisat Planında, Boru Tesisatı, Tesisat Bölümlerine (TB) Ayrılır.

Boru hattından geçen maksimum debi, V_s 'nin veya tesisata ait parçaların sembollerinin değiştiği yerde, ilgili tesisat bölümü biter ve başka bir tesisat bölümü başlar. Tesisat bölümlerinde yerel kayıp oluşturan fittings ve armatürlerden bölümün başında olanı göz önüne alınan tesisat bölümüne aittir. En sondaki eleman ise diğer tesisat bölümünde sayılır.

Sadece karşı akım T parçası sonunda bulunduğu tesisat bölümüne ait sayılır.

Kritik Devre Seçilir.

Girişten itibaren en uzak ve en fazla gaz geçen devre kritik devredir. Kritik devredeki tesisat bölümleri numaralandırılır.

Her Tesisat Bölümü, TB İçin Maksimum Gaz Debisi, V_s Hesaplanır.

Göz önüne alınan bölümden geçen maksimum gaz debisi aşağıdaki ifade ile belirlenir.

$$V_s = (\sum V_H) f_H + (\sum V_D) f_D + (\sum V_R) f_R + (\sum V_U) f_U \quad (1)$$

Bu ifadedeki indisler;

H= Ocaklar, fırınlar

D= Şofbenler

R= Soba ve termosifonlar

U= Kombi cihazları, kat kaloriferi

(1) denkleminde V gaz tüketim cihazlarının her birinin tükettiği gaz miktarını gösterir ki buna bağlantı değeri denir. Birimi (m³/h) olarak verilir. Çeşitli gaz tüketim cihazları için verilen bağlantı değerleri *Tablo 108*'de gösterilmiştir.

Gözönüne alınan bir tesisat bölümünün beslediği aynı türden cihazların toplam bağlantı değeri $\sum V$, cihaz sayısı ile *Tablo 108*'deki bağlantı değerlerinin çarpımı ile bulunur.

Ancak bir tesisat bölümünden geçen gaz debisi bu toplam değildir. Cihazların tamamının aynı anda çalışması ihtimali çok düşüktür. O halde toplam değer cihaz türüne bağlı bir küçültücü katsayısı ile çarpılmalıdır. İhtimal hesabı ile bulunan bu katsayıya eş zaman faktörü, f adı verilir. Cihaz türüne ve cihaz sayısına bağlı f değerleri *Tablo 109*'da verilmiştir. Örneğin bir tesisat bölümüne,

5 adet fırın

5 adet şofben (27,9.kW)

20 adet soba (7kW)

bağlı ise tesisat bölümünden geçen maksimum gaz debisi,
 $V_s = 5 \times 1,2 \times 0,294 + 5 \times 3,2 \times 0,320 + 20 \times 0,8 \times 0,387 = 13,076 \text{ m}^3/\text{h}$

olarak bulunur.

TS 7363'de verilen V değerleri, düşük cihaz verimleri kabulüne dayandığından büyüktür ve aynı zamanda f değerleri hem farklıdır hem de anlaşılır biçimde ifade edilememiştir.

Tablo 110'da çeşitli cihaz kombinasyonları için konut veya cihaz sayısına bağlı olarak maksimum gaz debisi değerleri verilmiştir. Eğer hesaplanan binadaki cihaz durumu bu tabloya uygunsa (1) denklemi yerine, değerler bu tablodan doğrudan alınabilir. Bu tabloda ayrıca tahmini çap değerleri de verilmiştir.

Basınç Kayıpları Hesaplanır.

Bina içi tesisatta kabul edilebilir toplam basınç kaybı 2,8 mbar değerindedir. Bina girişindeki regalatör ile en sondaki cihaz arasında gazın akışı için kullanılacak olan bu basınç farkının, ΔP_m hatlar arasında dağılımı şöyledir;

Bina bağlantı hattı $\Delta P_m = 0,2 \text{ mbar}$,

Dağıtım hattı $\Delta P_m = 0,3 \text{ mbar}$,

Düşey kolon hattı $\Delta P_m = 0,0 \text{ mbar}$,

Sayaç bağlantı hattı ve tüketim hattı $\Delta P_m = 0,8 \text{ mbar}$,

Cihaz bağlantı hattı $\Delta P_m = 0,5 \text{ mbar}$,

Sayaç $\Delta P_m = 1,0 \text{ mbar}$.

Bu dağılım çok dairesel binalarda hesabın sistematik bir biçimde yapılabilmesi için ortaya konmuştur. Örneğin bir villa iç tesisatında böyle bir dağılıma gerek duyulmaksızın toplam basınç kaybını kullanacak şekilde boru çapı hesaplanır.

Yukarıda verilen değerler gaz şirketince izin verilmediği sürece aşılmamalıdır.

Bina içi tesisatta gaz hızı sınır değeri ise 6 m/s'dir. Bu değer hiç bir tesisat bölümünde aşılmamalıdır. Her tesisat bölümündeki toplam basınç kaybı, ΔP aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$\Delta P = R \cdot L + Z \pm \Delta P_H \quad (2)$$

Bu denklemde

R= Özgül sürtünme kaybı, mbar/m

L= Boru boyu, m

Gaz tüketim cihazı	Su hacmi (litre)	Anma ısı gücü (kW)	Bağlantı değerleri V (m ³ /h)
Ocak fırın (H)	-	-	1,2
Şofben (D)	-	8,7	1,0
	-	17,5	2,0
	-	22,7	2,6
	-	27,9	3,2
	-	6,9	0,7
Termosifon (R)	80	7,6	0,8
	120	8,3	0,9
	150	10,5	1,2
	200	3,5	0,4
Soba (R)	-	4,7	0,5
	-	7,0	0,8
	-	9,3	1,1
	-	11,6	1,3
	-	5,0	0,6
Kombi ve kat kaloriferi (U)	-	10,0	1,1
	-	14,0	1,6
	-	17,5	2,0
	-	20,9	2,4
	-	23,3	2,6
	-	30,0	3,4
	-	-	-

Tablo 108. CİHAZ BAĞLANTI DEĞERLERİ

Cihazların sayısı	Cihaz türüne bağlı olarak eş - zaman faktörü			
	f_H	f_D	f_R	f_U
1	0,621	1,000	1,000	1,000
2	0,448	0,607	0,800	0,883
3	0,371	0,456	0,703	0,822
4	0,325	0,373	0,641	0,782
5	0,294	0,320	0,597	0,752
6	0,271	0,283	0,564	0,729
7	0,253	0,255	0,537	0,710
8	0,239	0,234	0,515	0,694
9	0,227	0,217	0,496	0,680
10	0,217	0,202	0,480	0,668
11	0,208	0,191	0,466	0,657
12	0,201	0,180	0,454	0,648
13	0,194	0,172	0,443	0,639
14	0,188	0,164	0,432	0,631
15	0,183	0,157	0,423	0,624
16	0,178	0,151	0,415	0,617
17	0,173	0,146	0,407	0,611
18	0,169	0,141	0,400	0,605
19	0,166	0,137	0,394	0,599
20	0,162	0,133	0,387	0,594
21	0,159	0,129	0,382	0,590
22	0,156	0,125	0,376	0,585
23	0,153	0,122	0,371	0,581
24	0,151	0,119	0,366	0,577
25	0,148	0,117	0,362	0,573
26	0,146	0,114	0,357	0,569
27	0,144	0,112	0,353	0,566
28	0,142	0,110	0,349	0,562
29	0,140	0,108	0,346	0,559
30	0,138	0,106	0,342	0,556
31	0,136	0,104	0,339	0,553
32	0,134	0,102	0,336	0,550
33	0,133	0,100	0,332	0,547
34	0,131	0,099	0,329	0,545
35	0,130	0,097	0,327	0,542
36	0,128	0,096	0,324	0,540
37	0,127	0,095	0,321	0,537
38	0,126	0,093	0,319	0,535
39	0,125	0,092	0,316	0,533
40	0,123	0,091	0,314	0,530
41	0,122	0,090	0,311	0,528
42	0,121	0,089	0,309	0,526
43	0,120	0,088	0,307	0,524
44	0,119	0,087	0,305	0,522
45	0,118	0,086	0,303	0,520
46	0,117	0,085	0,301	0,518
47	0,116	0,084	0,299	0,517
48	0,115	0,083	0,297	0,515
49	0,114	0,082	0,295	0,513
50	0,114	0,082	0,293	0,512

Tablo 109. CİHAZ TÜRÜNE BAĞLI OLARAK EŞ - ZAMAN FAKTÖRÜ (f_G cihaz türü)

KONUT SAYISI	Ocak		Ocak + Şofben (27,9 kW)		Ocak + Kombi (23,3 kW)		Ocak + Kombi + 3 adet soba (4,7 kW)	
	1,2 m ³ /h	Tahmini boru çapı	1,2 + 3,2 m ³ /h	Tahmini boru çapı	1,2 + 2,6 m ³ /h	Tahmini boru çapı	1,2+3,2+3x0,5 m ³ /h	Tahmini boru çapı
1	0,745	DN 15	3,945	DN 25	3,345	DN 25	4,999	DN 25
2	1,075	DN 15	4,959	DN 32	5,666	DN 32	6,651	DN 32
3	1,335	DN 15	5,712	DN 32	7,746	DN 32	7,944	DN 32
4	1,560	DN 15	6,334	DN 32	9,692	DN 32	9,058	DN 32
5	1,764	DN 20	6,884	DN 32	11,54	DN 40	10,056	DN 40
6	1,951	DN 20	7,384	DN 32	13,32	DN 40	10,98	DN 40
7	2,125	DN 20	7,837	DN 32	15,05	DN 50	11,84	DN 40
8	2,294	DN 20	8,284	DN 32	16,72	DN 50	12,67	DN 40
9	2,451	DN 20	8,700	DN 32	18,36	DN 50	13,46	DN 40
10	2,604	DN 20	9,068	DN 32	19,97	DN 50	14,19	DN 40
11	2,745	DN 25	9,468	DN 40	21,53	DN 50	14,95	DN 50
12	2,894	DN 25	9,806	DN 40	23,11	DN 50	15,64	DN 50
13	3,026	DN 25	10,18	DN 40	24,62	DN 50	16,34	DN 50
14	3,158	DN 25	10,50	DN 40	26,12	DN 50	16,99	DN 50
15	3,294	DN 25	10,83	DN 40	27,63	DN 65	17,65	DN 50
16	3,417	DN 25	11,15	DN 40	29,08	DN 65	18,32	DN 50
17	3,529	DN 25	11,47	DN 40	30,53	DN 65	18,94	DN 50
18	3,650	DN 25	11,77	DN 40	31,96	DN 65	19,46	DN 50
19	3,785	DN 25	12,11	DN 40	33,37	DN 65	20,09	DN 50
20	3,888	DN 25	12,40	DN 40	34,77	DN 65	20,65	DN 50
22	4,118	DN 25	12,92	DN 40	-	-	-	-
24	4,349	DN 25	13,49	DN 40	-	-	-	-
26	4,555	DN 32	14,04	DN 50	-	-	-	-
28	4,771	DN 32	14,62	DN 50	-	-	-	-
30	4,968	DN 32	15,14	DN 50	-	-	-	-
32	5,145	DN 32	15,59	DN 50	-	-	-	-
34	5,345	DN 32	16,11	DN 50	-	-	-	-
36	5,529	DN 32	16,59	DN 50	-	-	-	-
38	5,745	DN 32	17,05	DN 50	-	-	-	-
40	5,904	DN 32	17,55	DN 50	-	-	-	-
42	6,098	DN 32	18,06	DN 50	-	-	-	-
44	6,283	DN 32	18,53	DN 50	-	-	-	-
46	6,458	DN 32	18,97	DN 50	-	-	-	-
48	6,624	DN 32	19,37	DN 50	-	-	-	-
50	6,840	DN 32	19,96	DN 50	-	-	-	-

Tablo 110. ÇEŞİTLİ KOMBİNASYONLAR İÇİN KONUT SAYISINA BAĞLI MAKSİMUM GAZ DEBİSİ VE TAHMİNİ BORU ÇAPI DEĞERLERİ

R.L= Sürtünme basıncı kaybı, mbar

Z= Yerel basınç kaybı, mbar

ΔP_H = Yükseklik farkından doğan basınç kaybı veya kazancı (mbar)

Boru hesabında ana kriter, her hatta meydana gelecek basınç kaybının müsaade edilebilir basınç kaybından küçük olmasıdır.

$\Delta P \leq \Delta P_m$ olmalıdır.

Basınç kayıplarının hesabı ve boru çapının belirlenmesi Şekil III'de görülen hesap föyü (Föy 1) yardımı ile yapılır ve sonuçlar bu föye işlenir. Hesaba bina bağlantı hattından başlanır.

Hesap yapılacak hattın adı yazıldıktan sonra bu hatta-ki tesisat bölümleri, TB sıra ile ele alınırlar. Föy 1'de, 1.sütuna TB numarası yazılır. 2. sütuna bu bölümün beslediği cihazların sayıları, 3. sütuna toplam bağlantı değerleri ve 4. sütuna eş zaman faktörleri işlenir.

3. ve 4. sütun çarpımı 5. sütuna ve toplam değer de V_s olarak 6. sütuna yazılır. Eğer gözönüne alınan cihaz kombinasyonu Tablo 110'a uygunsa V_s değeri doğrudan bu tablodan alınarak 6. sütuna işlenebilir. 7. sütuna ise tesisat bölümündeki boru boyu L işlenir. Gözönüne alınan tesisat bölümü için boru çapı, (DN) seçilir. Hesap bir deneme yanılma yöntemine dayanmaktadır. Seçilen çaplara göre hesaplanacak toplam basınç kaybının hattaki müsaade edilen basınç kaybından küçük olup olmadığı kontrol edilir. Aksi halde yeni boru çapları seçilerek hesaplar tekrarlanır.

İlk tahmin için hızın 2 m/s mertebesinde olduğu boru çapı seçimi tavsiye edilir.

Seçilen boru çapı, (DN) 8. sütuna işlenir.

Boru Sürtünme Kaybı, R.L

Tablo 112'de ve Şekil 113'deki diyagramda çelik borular için, maksimum gaz debisi V_s ve boru çapı

Föy 1

Boru Çapının Tayini

Dağıtım hattı : $\Delta p_m \geq 0,3 \text{ mbar}$
 Tüketim hattı : $\Delta p_m \geq 0,8 \text{ mbar}$
 Kolon hattı : $\Delta p_m \geq 0,0 \text{ mbar}$
 Cihaz bağlantı hattı : $\Delta p_m \geq 0,5 \text{ mbar}$

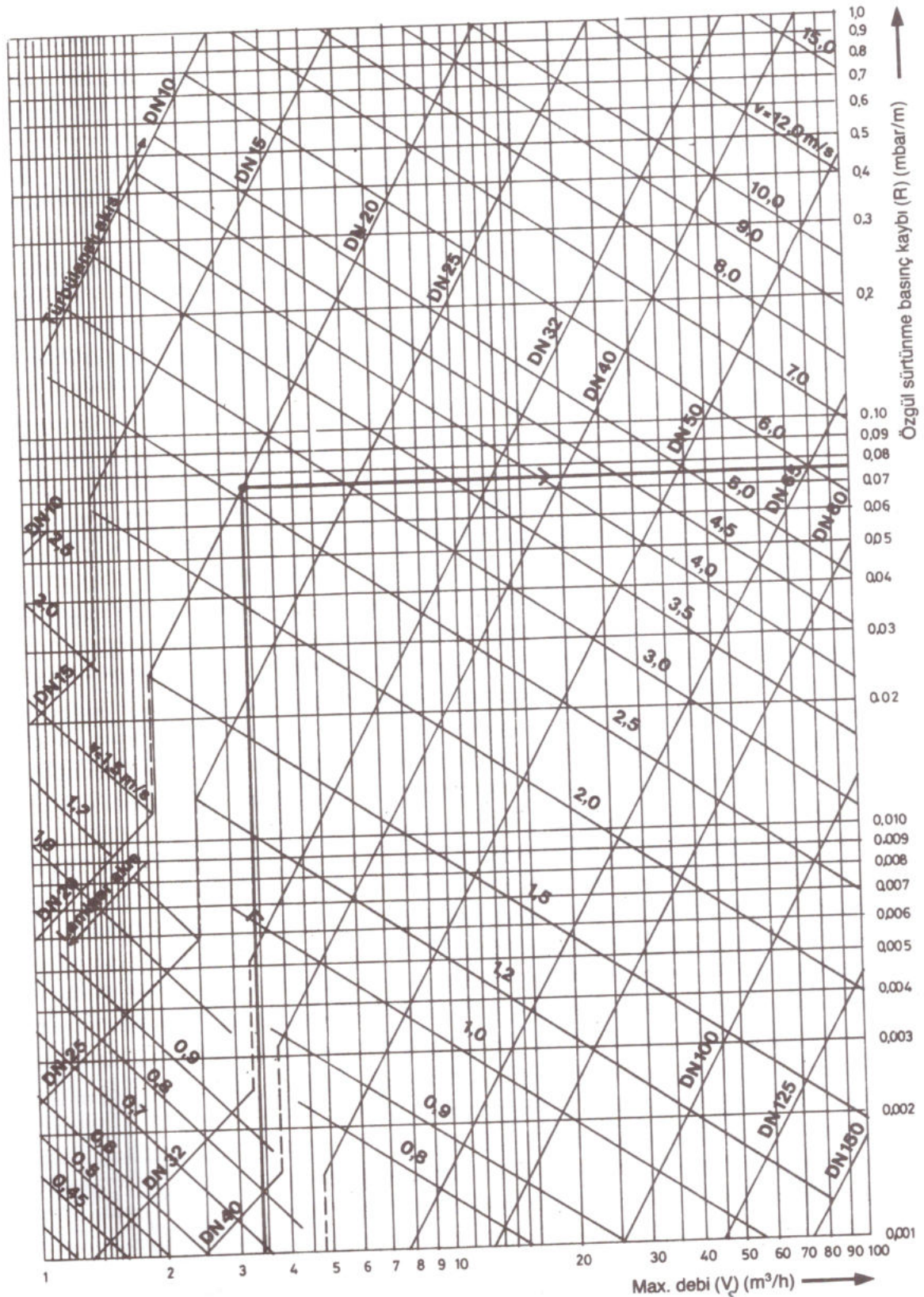
HAT ADI		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
TB		Cihaz Türü	Adet	ΣV	f	V_s	L	DN	V	R	$R \times L$	$\Sigma \zeta$	Z	ΔH	Δp_H	Δp	Kontrol	
				$\frac{m^3}{h}$		$\frac{m^3}{h}$	$\frac{m^3}{h}$	m	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	mbar		mbar	m	mbar	mbar	$\Sigma \Delta p \geq \Delta p_m$	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	

(1) Yukarı çıkan boru: ΔH "+" işaretli; aşağı inen boru: ΔH "-" işaretli

Şekil III.

V _s m ³ s	DN 15		DN 20		DN 25		DN 32		DN 40		DN 50		DN 65		DN 80	
	V m s	R mbar m	V m s	R mbar m	V m s	R mbar m	V m s	R mbar m	V m s	R mbar m	V m s	R mbar m	V m s	R mbar m	V m s	R mbar m
1,0	1,4	0,0192														
1,5	2,1	0,0732	1,1	0,0087												
2,0	2,8	0,1256	1,5	0,0269												
2,5	3,5	0,1916	1,9	0,0405	1,2	0,0126										
3,0	4,1	0,2716	2,3	0,0570	1,4	0,0176										
3,5	4,8	0,3651	2,7	0,0762	1,7	0,0234	1,1	0,0074								
4,0	5,5	0,4723	3,0	0,0980	1,9	0,0299	1,2	0,0091								
4,5			3,4	0,1225	2,2	0,0373	1,4	0,0111	1,0	0,0052						
5,0			3,8	0,1497	2,4	0,0454	1,6	0,0132	1,1	0,0061						
5,5			4,2	0,1800	2,6	0,0543	1,5	0,0155	1,2	0,0072						
6,0			4,5	0,2127	2,9	0,0640	1,8	0,0180	1,3	0,0083						
6,5			4,9	0,2481	3,1	0,0745	1,8	0,0206	1,4	0,0095						
7,0			5,3	0,2862	3,3	0,0857	1,9	0,0235	1,5	0,0108						
7,5			5,7	0,3270	3,6	0,0978	2,1	0,0265	1,6	0,0122	1,0	0,0037				
8,0					3,8	0,1108	2,2	0,0296	1,7	0,0137	1,1	0,0041				
8,5					4,1	0,1244	2,3	0,0330	1,8	0,0152	1,1	0,0046				
9,0					4,3	0,1388	2,5	0,0365	1,9	0,0168	1,2	0,0051				
9,5					4,5	0,1540	2,6	0,0396	2,0	0,0185	1,3	0,0056				
10,0					4,8	0,1700	2,7	0,0441	2,1	0,0202	1,3	0,0061				
10,5					5,0	0,1867	2,9	0,0482	2,2	0,0221	1,4	0,0066				
11,0					5,3	0,2042	3,0	0,0524	2,3	0,0240	1,4	0,0072				
11,5					5,5	0,2225	3,2	0,0568	2,4	0,0260	1,5	0,0078				
12,0					5,7	0,2416	3,3	0,0614	2,5	0,0281	1,6	0,0084				
12,5					6,0	0,2614	3,4	0,0663	2,6	0,0302	1,6	0,0090				
13,0					3,7	0,0713	3,6	0,0713	2,7	0,0325	1,7	0,0097	1,0	0,0026		
13,5					3,8	0,0764	3,7	0,0764	2,8	0,0348	1,8	0,0104	1,0	0,0028		
14,0					4,0	0,0817	3,8	0,0817	2,9	0,0372	1,8	0,0111	1,1	0,0030		
14,5					4,1	0,0872	4,1	0,0872	3,0	0,0396	1,9	0,0118	1,1	0,0032		
15,0					4,3	0,0928	4,3	0,0928	3,1	0,0422	2,0	0,0125	1,2	0,0034		
15,5					4,4	0,0987	4,4	0,0987	3,2	0,0448	2,0	0,0133	1,2	0,0036		
16,0					4,5	0,1047	4,5	0,1047	3,3	0,0475	2,1	0,0141	1,2	0,0038		
16,5					4,7	0,1109	4,7	0,1109	3,4	0,0504	2,1	0,0149	1,3	0,0040		
17,0					4,8	0,1172	4,8	0,1172	3,5	0,0532	2,2	0,0157	1,3	0,0042		
17,5					4,9	0,1238	4,9	0,1238	3,6	0,0562	2,3	0,0166	1,3	0,0044	1,0	0,0021
18,0					5,1	0,1305	5,1	0,1305	3,7	0,0592	2,3	0,0175	1,4	0,0047	1,0	0,0022
18,5					5,2	0,1374	5,2	0,1374	3,8	0,0623	2,4	0,0184	1,4	0,0049	1,0	0,0023
19,0					5,4	0,1444	5,4	0,1444	3,9	0,0655	2,5	0,0193	1,5	0,0051	1,1	0,0024
19,5					5,5	0,1517	5,5	0,1517	4,0	0,0687	2,5	0,0202	1,5	0,0054	1,1	0,0026
20,0					5,8	0,1667	5,8	0,1667	4,3	0,0754	2,6	0,0222	1,6	0,0059	1,1	0,0029
21,0									4,5	0,0825	2,8	0,0242	1,6	0,0064	1,2	0,0031
22,0									4,7	0,0898	2,9	0,0263	1,7	0,0070	1,2	0,0034
23,0									4,9	0,0975	3,0	0,0285	1,8	0,0076	1,3	0,0036
24,0									5,1	0,1055	3,1	0,0308	1,9	0,0082	1,4	0,0039
25,0									5,3	0,1138	3,3	0,0333	1,9	0,0088	1,4	0,0042
26,0									5,5	0,1224	3,4	0,0358	2,0	0,0094	1,5	0,0045
27,0									5,7	0,1313	3,5	0,0383	2,1	0,0101	1,5	0,0048
28,0									5,9	0,1405	3,7	0,0410	2,2	0,0108	1,6	0,0051
29,0											3,8	0,0437	2,2	0,0112	1,6	0,0054
30,0											3,9	0,0466	2,3	0,0115	1,7	0,0054
31,0																

Tablo 112. MAKSİMUM DEBİ VE ANMA ÇAPINA BAĞLI OLARAK AKIŞ HIZI (V) VE ÖZGÜL SÜRTÜNME BASINÇ KAYBI (R) (2. gaz ailesi ve DIN 2440'a uyan çelik boru için)



Şekil 113. ÇELİK BORU SÜRTÜNME KAYIPLARI DİYAGRAMI
Örneğin; DN 20 ve V = 3,4 m³/h için R = 0,072 mbar/m, V = 2,6 m/s okunur.

Vs m³/h	12 x 1		15 x 1		18 x 1		22 x 1		28 x 1.5		35 x 1.5		42 x 1.5	
	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R
	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m
1,0	3,5	0,2371	2,1	0,0438	1,4	0,0191	0,9	0,0078						
1,5	5,3	0,4750	3,1	0,1369	2,1	0,0514	1,3	0,0117						
2,0	7,1	0,7819	4,2	0,2242	2,8	0,0838	1,8	0,0293	1,1	0,0064				
2,5	8,8	1,1549	5,2	0,3295	3,5	0,1228	2,2	0,0427	1,4	0,0149				
3,0	10,6	1,5914	6,3	0,4524	4,1	0,1680	2,7	0,0583	1,7	0,0204	1,0	0,0064		
3,5	12,4	2,0907	7,3	0,5916	4,8	0,2196	3,1	0,0760	2,0	0,0265	1,2	0,0083		
4,0	14,2	2,6504	8,4	0,7479	5,5	0,2769	3,5	0,0957	2,3	0,0333	1,4	0,0104		
4,5					6,2	0,3402	4,0	0,1173	2,5	0,0407	1,6	0,0127		
5,0							4,4	0,1410	2,8	0,0488	1,7	0,0152	1,2	0,0060
5,5							4,9	0,1663	3,1	0,0575	1,9	0,0179	1,3	0,0070
6,0							5,3	0,1934	3,4	0,0669	2,1	0,0207	1,4	0,0081
6,5							5,7	0,2224	3,7	0,0768	2,2	0,0238	1,5	0,0093
7,0							6,2	0,2536	4,0	0,0874	2,4	0,0271	1,6	0,0106
7,5							6,6	0,2858	4,2	0,0985	2,6	0,0305	1,7	0,0119
8,0							7,1	0,3203	4,5	0,1103	2,8	0,0341	1,9	0,0133
8,5									4,8	0,1225	2,9	0,0378	2,0	0,0148
9,0									5,1	0,1354	3,1	0,0418	2,1	0,0163
9,5									5,4	0,1488	3,3	0,0459	2,2	0,0179
10,0									5,7	0,1629	3,5	0,0501	2,3	0,0196
10,5									5,9	0,1774	3,6	0,0546	2,4	0,0213
11,0									6,2	0,1925	3,8	0,0592	2,6	0,0231
11,5									6,5	0,2081	4,0	0,0640	2,7	0,0250
12,0									6,8	0,2243	4,1	0,0689	2,8	0,0269
12,5									7,1	0,2411	4,3	0,0741	2,9	0,0289
13,0											4,5	0,0793	3,0	0,0309
13,5											4,7	0,0848	3,1	0,0330
14,0											4,8	0,0904	3,3	0,0351
14,5											5,0	0,0960	3,4	0,0374
15,0											5,2	0,1019	3,5	0,0396
15,5											5,4	0,1079	3,6	0,0420
16,0											5,5	0,1142	3,7	0,0444
16,5											5,7	0,1206	3,8	0,0459
17,0											5,9	0,1270	4,0	0,0494
17,5											6,0	0,1337	4,1	0,0519
18,0											6,2	0,1406	4,2	0,0545
18,5											6,4	0,1474	4,3	0,0573
19,0											6,6	0,1546	4,4	0,0599
19,5											6,7	0,1620	4,5	0,0628

Tablo 114. BAKIR BORULAR İÇİN MAKSİMUM DEBİ VE ÇAPA BAĞLI AKIŞ HIZI VE ÖZGÜL SÜRTÜNME BASINÇ KAYBI TABLOSU

DN'ye bağlı olarak gaz hızı ve özgül sürtünme basınç kaybı R değerleri verilmiştir. Tablo 114'de ise bakır boru için değerler verilmiştir.

Tablodan okunan V ve R değerleri sırası ile 9. ve 10. sütunlara işlenir. 7. sütundaki L ve 10. sütundaki R değeri çarpılarak bulunan sürtünme kaybı R.L değeri 11. sütuna yazılır.

Yerel Basınç Kaybı, Z

Bir tesisat bölümündeki bağlantı elemanları ve armatürlerinden doğan yerel basınç kayıpları; akış hızı (V) ve elemanların yerel kayıp katsayılarının toplamına ($\sum \xi$) bağlıdır. Doğal gaz için,

$$Z = 3,97 \times 10^{-3} \cdot V \cdot \sum \xi$$

Yerel kayıp katsayıları ξ değerleri çeşitli elemanlar için Şekil 115'deki Föy 2'de verilmiştir.

Föy 2'de 1. satıra TB numaraları yazılır. Göz önüne alınan tesisat bölümünde mevcut fittings ve armatürlerin sayısı söz konusu sütuna yazılır. Sonra bu adetler karşısındaki değerleri ile çarpılıp toplanarak son satıra $\sum \xi$ bölümüne işlenir.

Bu değer aynı zamanda Föy 1'deki 12. sütuna taşınır. Şekil 116'deki diyagramdan V hız değeri ve $\sum \xi$ özel kayıp katsayısı değeri yardımıyla Z yerel basınç kaybı okunur ve Föy 1'deki 13. sütuna işlenir.

Yükseklik Farkından Doğan Basınç Kaybı, ΔP_H
Doğal gaz ve havanın yoğunluklarının farklı oluşu nedeniyle aşağı inen veya yukarı çıkan borularda basınç farkları oluşur. Basınç kaybı

$$\Delta P_H = 0,048 \cdot \Delta H \text{ (mbar)} \quad (3)$$

şeklinde ifade edilebilir. Yukarı çıkan borularda ΔH (+)

Föy 2

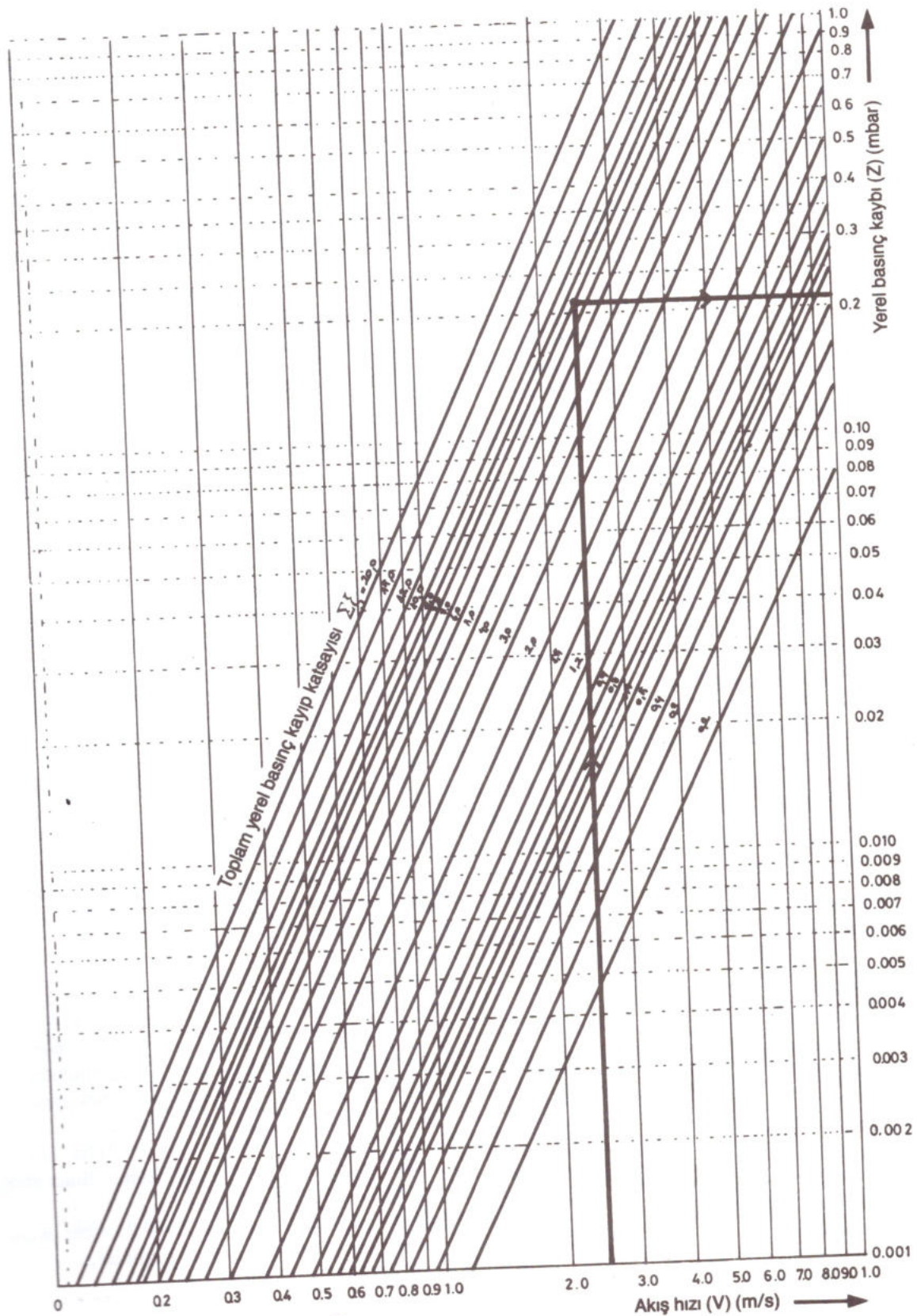
Yerel Kayıp Katsayıları (ζ)

No.	Döküm bağlantı parçaları, armatürler	Basitleştirilmiş semboller	Kayıp değerler (1) (2)	Tesisat bölümü													
1	Redüksiyon (3)		$\zeta_D = 0,4$														
2	S - parçası		$\zeta = 0,5$														
3	Dirsek		$\zeta = 0,7$														
4	T - geçiş ayrılma 90°		$\zeta_D = 0,3$														
5	T - kol 90°		$\zeta_A = 1,3$														
6	Temizlik "T" parçası 90°		$\zeta_A = 1,3$														
7	T - karşıt akım 90°		$\zeta_G = 1,5$														
8	Dirsek T - geçiş ayrılma		$\zeta_D = 0,3$														
9	Dirsek T - kol ayrılma		$\zeta_A = 0,9$														
10	Dirsek temizlik "T" parçası		$\zeta_A = 0,9$														
11	Çift dirsek T - ayrılma		$\zeta_G = 1,3$														
12	+ Geçiş ayrılma parçası 90°		$\zeta_D = 1,3$														
13	+ Kol ayrılma parçası 90°		$\zeta_A = 2,0$														
14	Temizlik "+" geçiş 90°		$\zeta_D = 0,5$														
15	Temizlik "+" kol ayrılma parçası 90°		$\zeta_A = 1,3$														
16	Tek manşon Bağlantı sayaç DN 25 > DN 25		$\zeta = 2,0$ $= 4,0$														
17	Musluk		$\zeta = 2,0$														
18	Köşe emniyet vanası		$\zeta = 5,0$														
19	Musluk (küresel)		$\zeta = 0,5$														
20	Köşe vanası (küresel)		$\zeta = 1,3$														
21	Sürgülü vana		$\zeta = 0,5$														

Tesisat bölümü toplamı $\Sigma \zeta$

- (1) Verilen yerel kayıp katsayısı değerleri ζ sadece kaba değerlerdir. Özellikle kapatma armatürlerinde kayıp değerleri imalatçıya göre değiştiğinden, gerektiğinde imalatçının verdiği değerler alınır.
- (2) İndisler kayıp değerinin, hangi akış hızlarına ilave edildiğini belirler.
- (3) Redüksiyon bağlantı elemanına entegre ise redüksiyonlu bağlantı elemanı dikkate alınmaz.

Şekil 115.



$$Z = 3,97 \times 10^{-3} V^2 \Sigma\zeta$$

Şekil 116. YEREL BASINÇ KAYIPLARI DİYAGRAMI, Örneğin; $V=2,6$ m/s ve $\Sigma\zeta=8,0$ için $Z=0,21$ mbar

işaretli, aşağı inen borularda ΔH (-) işaretli alınacaktır. Dolayısı ile aşağı inen borularda basınç kaybı, yukarı çıkan borularda ise basınç kazancı söz konusudur. Föy 1'de ΔH işareti ile birlikte 14. sütuna ve yukarıdaki (3) denklemine göre hesaplanan ΔP_H işareti ile birlikte 15. sütuna yazılır.

Hesabın Tamamlanması

(2) denklemi uyarınca 11., 13. ve 15. sütundaki basınç kayıpları cebrik olarak toplanmak suretiyle toplam basınç kaybı ΔP bulunur ve 16. sütuna işlenir. Gözönüne alınan bir hatta kaç tane tesisat bölümü varsa herbiri için bu işlem tekrarlanır. Sonunda 16. sütundaki basınç kayıpları toplanarak hattaki toplam basınç kaybı bulunur. Bu değer 17. sütunda müsaade edilen ΔP_m ile karşılaştırılarak uygun olup olmadığı kontrol edilir. Hattaki toplam basınç kaybı, müsaade edilen basınç kaybına eşit veya ondan biraz küçükse seçilen çaplar uygundur. Aksi halde hattaki boru çapları yeniden seçilerek işlem tekrarlanmalıdır.

6.2 ORTA VE YÜKSEK BASINÇLI GAZ DAĞITIM HATLARINDA BASINÇ KAYIPLARININ HESAPLANMASI

Orta ve yüksek basınçlı gaz dağıtım hatlarında basınç kayıplarının hesaplanması TS 6565'de verilmiştir. Hat basıncı 100 mbar ile 1 bar arasında orta basınç sınıfına, 1 bar değerinin üstünde yüksek basınç sınıfına girer. Bu basınç değerlerinde, özellikle yüksek basınç aralığında boru içinde akan gaz artık sıkıştırılamayan akışkan olarak kabul edilemez. Boru hattının başlangıcı ile sonu arasındaki basınç düşümü gazın kendi basıncıyla aynı mertebelerdedir. Bu nedenle ortaya çıkan hacim değişiklikleri hesapta gözönüne alınmalıdır. Bu hatlarda borunun yükselip alçalması nedeniyle olan basınç değişimleri ihmal edilebilir.

Bu hatlarda 1 ve 2 noktaları arasındaki basınç düşümü aşağıdaki denklemden hesaplanabilir:

$$(P_1^2 - P_2^2) / 2 \cdot P_1 = \lambda \cdot (L/d) \cdot (P_1/2) \cdot v^2 \quad (4)$$

Burada,

P_1 = Gazın girişteki mutlak basıncı (bar)

P_2 = Gazın çıkıştaki mutlak basıncı (bar)

λ = Borunun direnç katsayısı

L = Boru uzunluğu (m)

D = Boru çapı (m)

ρ_1 = Girişte gazın yoğunluğu (kg/m³)

v = gaz hızı (m/s)

(4) eşitliği pratikteki kullanım açısından aşağıdaki biçime döndürülebilir:

$$(P_1^2 - P_2^2) = R \cdot L \cdot Q^2 \quad (5)$$

Bu denklemde

R = Basınç kayıp katsayısı (bar²·h²/km·m⁶)

L = Boru uzunluğu (km)

Q = Boru girişindeki (teslimat) hacimsel gaz debisi (m³/h)

(5) denklemi Şekil 117'de (TS 6565 de çizelge 3) grafik olarak verilmiştir.

Örnek

Nominal çapı 150 mm olan $L = 5$ km uzunluğundaki borudan geçen gazın girişteki debisi, $Q = 6000$ m³/h değerindedir. Gazın başlangıçtaki efektif (gösterge) basıncı 10 bar olduğuna göre bu hattaki basınç düşümünü bulunuz.

Şekil 117'den $R = 39,31 \cdot 10^{-8}$ değeri okunur. P_1 değeri mutlak basınç olarak, $10 + 1 = 11$ bar değerindedir. Değerler (5) denklemine yerine konulursa,

$$(11)^2 - P_2^2 = 39,31 \cdot 10^{-8} \times 5 \times (6000)^2$$

$$P_2 = 7,1 \text{ bar ve } P_1 - P_2 = 3,9 \text{ bar bulunur.}$$

6.3 KAZAN DAİRESİ HATTI HESABI

6.3.1 Küçük Kazan Daireleri

Kazan dairelerini büyük ve küçük olarak ikiye ayırmak mümkündür. Bu ayırmada kazan dairesinde kurulu ısıtıcı güç ve beslenen doğal gazın basıncı esas alınır. Genellikle 300 kW ısıtıcı gücün altında, apartman ve villa kaloriferleri gibi uygulamalarda alçak basınçlı doğal gaz tesisatı kullanılır. Burada bina girişinde tek regülatör vardır ve regülatör çıkışında 21 mbar basınç elde edilir. Bu tip uygulamalarda boru çapı hesabı yukarıda anlatılan iç tesisat hesabı kapsamındadır. Ancak dağıtım hattındaki ayırımdan kazana kadar aynı çaplı boru kullanıldığında tesisatı bölümlere ayırmaya gerek yoktur. Sıyaç dışında boru hattında kullanılabilecek basınç düşümünü 1,8 mbar değerindedir. Ortak dağıtım hattındaki basınç düşümünü de bu hesapta gözönüne almak gerekir.

Boru çapının hesabı amacı ile önce hız 2,5 m/s mertebesinde kalacak şekilde boru çapı tahmin edilir. Daha sonra sıra ile hattaki sürtünme kayıpları hesaplanır. Toplam basınç kaybının 1,8 mbar'dan daha az veya aynı mertebede olup olmadığı kontrol edilir. Eğer kayıp 1,8 mbar'a yakın ve daha az ise, seçilen çap uygundur. Aksi halde yeni çap değeri tahmin edilerek hesap tekrarlanır.

Örnek

Isıl gücü 30 kW ve gaz bağlantı değeri, $V = 3,4$ m³/h olan villa kaloriferi boru hattı uzunluğu, $L = 15$ m, yükselti farkı, $\Delta H = -3,0$ m ve hesaplanan toplam yerel basınç kayıp katsayıları $\sum \xi = 8,0$ değerindedir. Kazan dairesi hattı regülatörden hemen sonra ayrılmaktadır. Buna göre boru çapı ne olmalıdır?

Boru çapı DN 20 tahmin edilirse, Şekil 113'den $R = 0,072$ mbar/m ve $v = 2,6$ m/s okunur. Buna göre,

$$R \cdot L = 0,072 \times 15 = 1,08 \text{ mbar}$$

değerindedir. Şekil 116'dan ise $Z = 0,21$ mbar okunur.

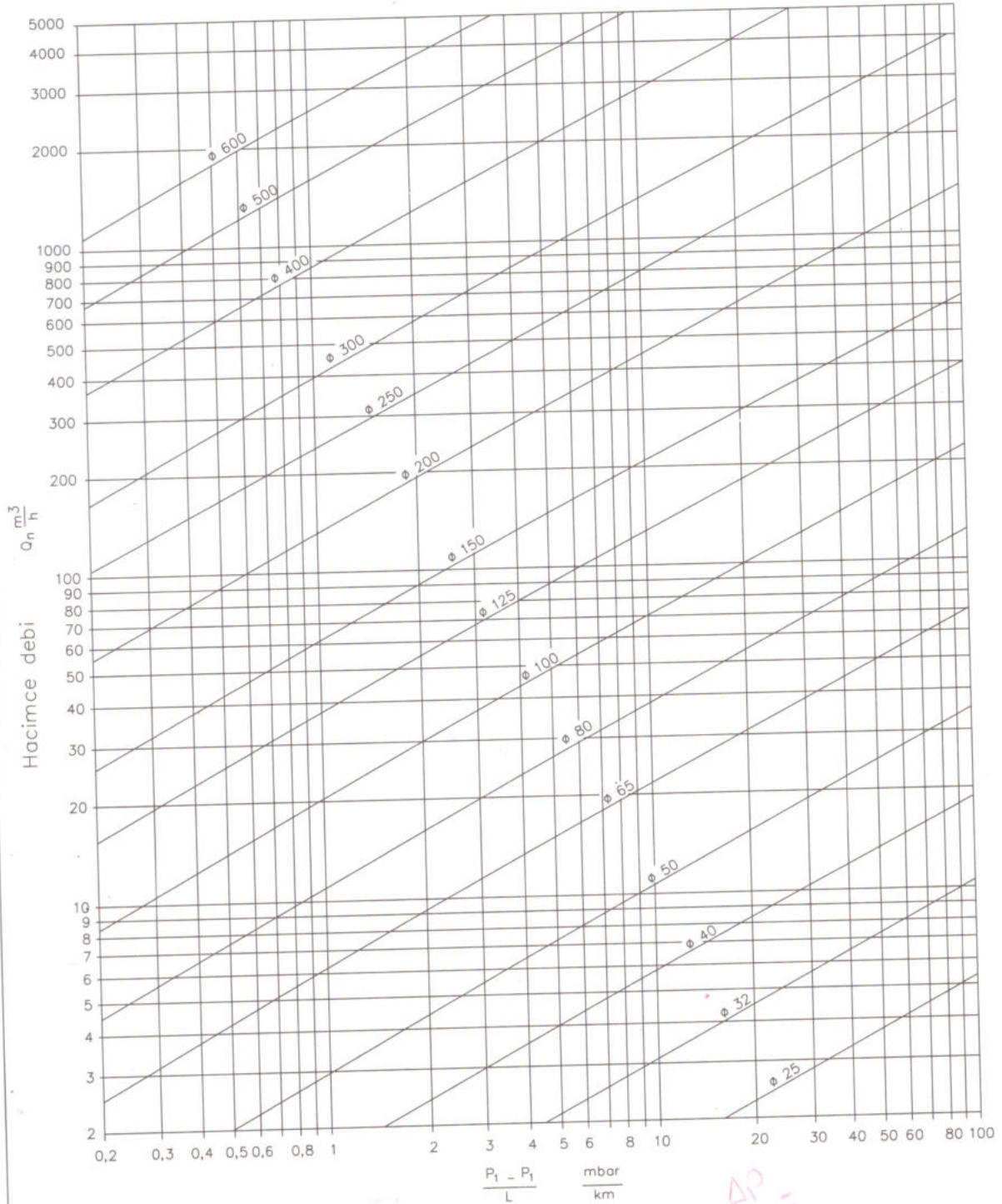
Yükselti farkından doğan basınç kaybı ise,

$$\Delta P_H = 0,04 \times 3 = 0,12 \text{ mbar}$$

bulunur. Buna göre toplam basınç kaybı

$$\Delta P = 1,08 + 0,21 + 0,12 = 1,41 \text{ mbar}$$

olup, müsaade edilen 1,8 mbar değerinden küçüktür ve uygundur. Dolayısı ile boru çapı DN 20 (3/4") olmalıdır.



Şekil 117.

6.3.2 Büyük Kazan Daireleri Gaz Kontrol Hattı Hesabı

Büyük kazan dairelerinde kurulu ısı gücü sınırı 300 kW olarak kabul edilebilir. Daha büyük güç gereksinimi olan kazan dairelerinin 300 mbar çıkışlı ayrı regülatörden beslenmesi tavsiye edilir. Bu durumda gaz basıncı orta basınç seviyesindedir.

Büyük ısı güçlerinde tesis girişindeki ana regülatörden kazana kadar olan boru hattında ve özellikle kazan önündeki "gaz kontrol hattında" basınç kaybı büyüktür. Alçak gaz basınçlı tesisattaki 1,8 mbar müsaade edilen basınç düşümü içinde kalabilmek için çapların çok büyük olması gerekir. Özellikle gaz kontrol hattındaki ekipmanların fiyatları çapla birlikte anormal derecede arttığından düşük basıncı kullanmak mümkün değildir. Gaz kontrol hattı çapı küçük tutulduğunda brülörde gaz basıncı çok düşer, yanma bozulur, hatta alev söner. Bu durumda cihaz arızaya geçer. Kontrol hattında düşük basınç emniyeti yoksa sistem tehlikeye girer. Bu nedenle daha büyük basınç düşümüne imkan vermek üzere orta basınç seviyesine geçilir. İstanbul'da 300 mbar giriş basıncı imkanı vardır. Bu basınçla girildiğinde elde yeteri kadar kullanılacak basınç vardır ve boru + gaz kontrol hattı çapı küçültülebilir. Boru çapının ve gaz kontrol hattı çapının küçültülmesinde ikinci bir sınır ses ve titreşimle ilgilidir. Hızın karesiyle orantılı olarak hattaki ses ve titreşim de artar. Hızı sınırlayan bir başka olay da erozyondur. Yüksek hızlı gaz içindeki tozlar ve tanecikler boru iç cidarlarını ve gaz geçiş kesitlerini aşındırırlar. Bu hız değeri 36 m/s

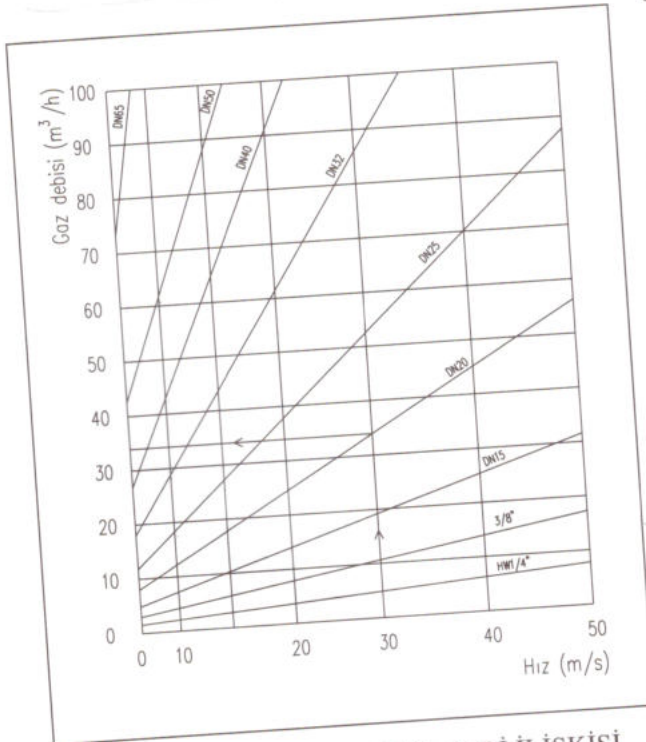
mertebelerindedir. Ses göz ardı edilirse ve elde yeterince basınç varsa boru içinde gaz hızlarının 30 m/s değerine kadar çıkmasında hiç bir sakınca ve tehlike yoktur. İGDAŞ Teknik Şartnamesi 300 mbar hatlarda bina içi tesisatta hızı ses nedeniyle 15 m/s değeriyle sınırlamaktadır. Bu durumda eldeki basıncı yeterince kullanamama söz konusudur. Çözüm olarak gaz kontrol hattı çapını basıncı yeterince kullanacak ölçüde küçük tutarken, kazanı besleyen boru hattını, hız sınırı altında kalacak biçimde seçmek yoluna gidilebilir. Gaz kontrol hattının ve boru hattının hesabında alternatif iki ana kriterden biri kullanılabilir.

a. Hız Kriteri

Boru hattında gaz hızını 10 m/s değerinde seçerek boru çapı hesaplanabilir. Bunun için örneğin Şekil 118'deki diyagramdan debi ve hız değeriyle çap okunabilir. Bulunan çap ve debi değeri yardımıyla da örneğin Şekil 117'den özgül basınç kaybı bulunabilir. Boru uzunluğu ve giriş basıncı bilindiğinden borudaki toplam basınç düşümü belirlenebilir.

Brülör gücü kW	MAN İki kademeli gaz brülörleri	
	20 mbar	300 mbar
45 - 85	3/4"	
75 - 100	3/4"	
85 - 130	3/4"	
100 - 200	1"	
180 - 300	1 1/4"	
260 - 315	1 1/4"	
315 - 500	1 1/2"	1 1/4"
450 - 650	2"	1 1/2"
550 - 810	2"	1 1/2"
700 - 1.020	1 1/2"	1 1/2"
900 - 1.450	3"	2"

Tablo 119 A. MAN İKİ KADEMELİ BRÜLÖR
GAZ KONTROL HATTI ÇAPLARI



Şekil 118. BORULARDA HIZ-DEBİ İLİŞKİSİ
Örneğin; V= 30 m/s ve DN 20 için, debi= 34 m³/h

Brülör gücü kW	DREIZLER Oransal gaz brülörleri	
	20 mbar	300 mbar
40 - 80	3/4"	
25 - 120	1"	
25 - 180	1"	
50 - 400	1 1/2"	1 1/2"
75 - 450	1 1/2"	1 1/2"
75 - 600	1 1/2"	1 1/2"
75 - 690	1 1/2"	1 1/2"
75 - 1.154	2"	1 1/2"
90 - 1.200	2"	1 1/2"
250 - 2.050		1 1/2"
444 - 2.548		1 1/2"
444 - 3.166		2"
700 - 3.500		2"
513 - 5.319		DN 50
1.400 - 7.400		DN 80
1.400 - 10.500		DN 80
2.250 - 13.500		DN 100
2.500 - 13.500		

Tablo 119 B. DREIZLER ORANSAL BRÜLÖR
GAZ KONTROL HATTI ÇAPLARI

İGDAŞ Şartnamesinde gaz kontrol hattı boyutlandırması üzerinde durulmamaktadır. Gaz kontrol hattı brülörle birlikte üretici verilerine göre seçilecektir. Gaz teslim noktasından brülöre (gaz kontrol hattına) kadar olan boru hattı ise doğrudan hız kriteri kullanılarak seçilecektir. Basınç düşümü hesabı istenmemektedir. *Tablo 119*'da farklı brülör kapasiteleri için iki farklı brülör üreticisinin tavsiye ettiği gaz kontrol hattı boru çapları verilmiştir.

b. Basınç Düşümü Kriteri

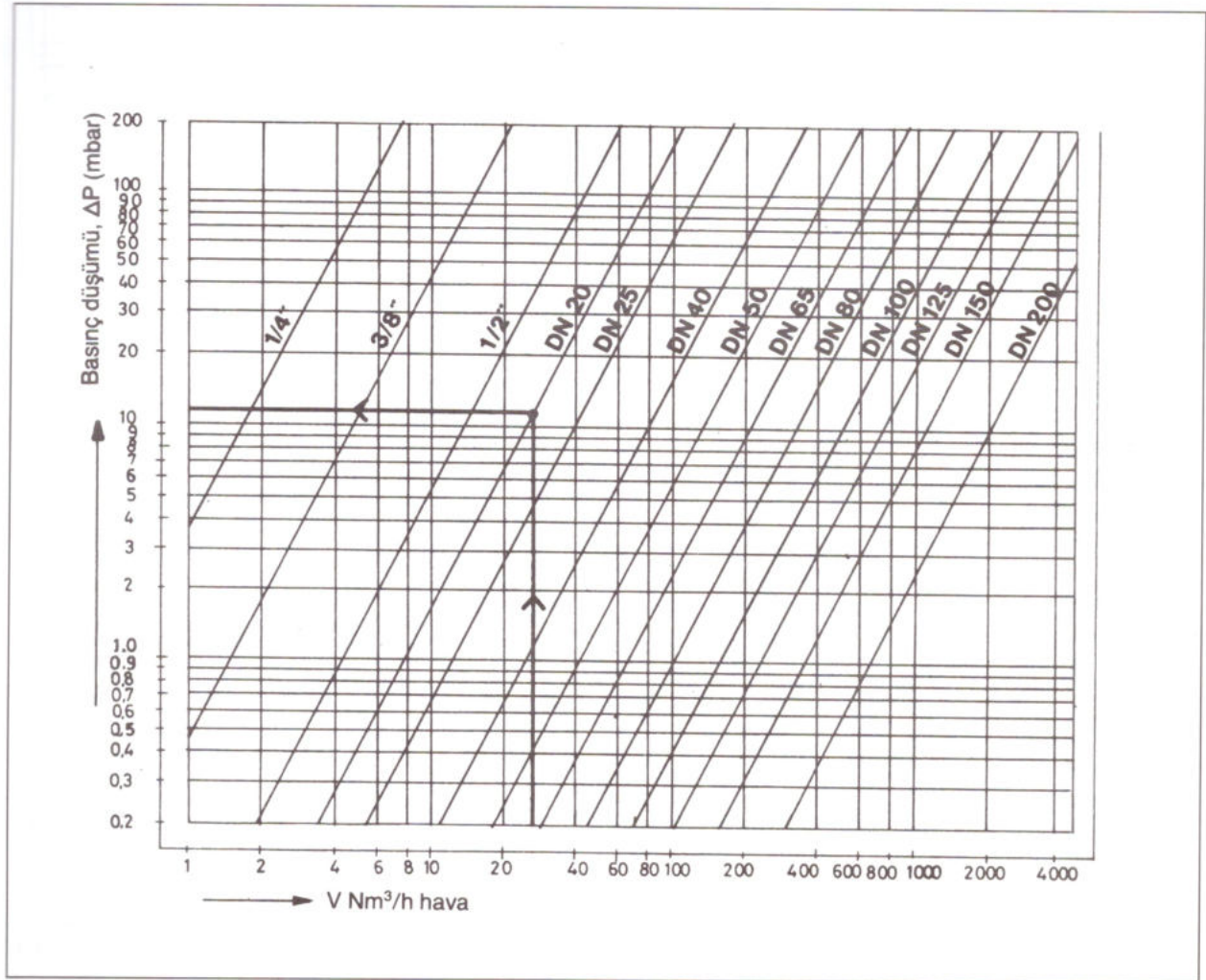
Gaz hattındaki müsaade edilen basınç, giriş basıncı ile brülörde istenilen basınç arasındaki farktır. Büyük kapasiteli brülörlerde istenilen basınç 50 mbar mertebesinde. İGDAŞ tarafından bina girişinde kazan dairesi için 300 mbar basınç sağlanırsa, müsaade edilen basınç kaybı yaklaşık 250 mbar olup, bu çok yüksek bir değerdir.

Hesap Yöntemi

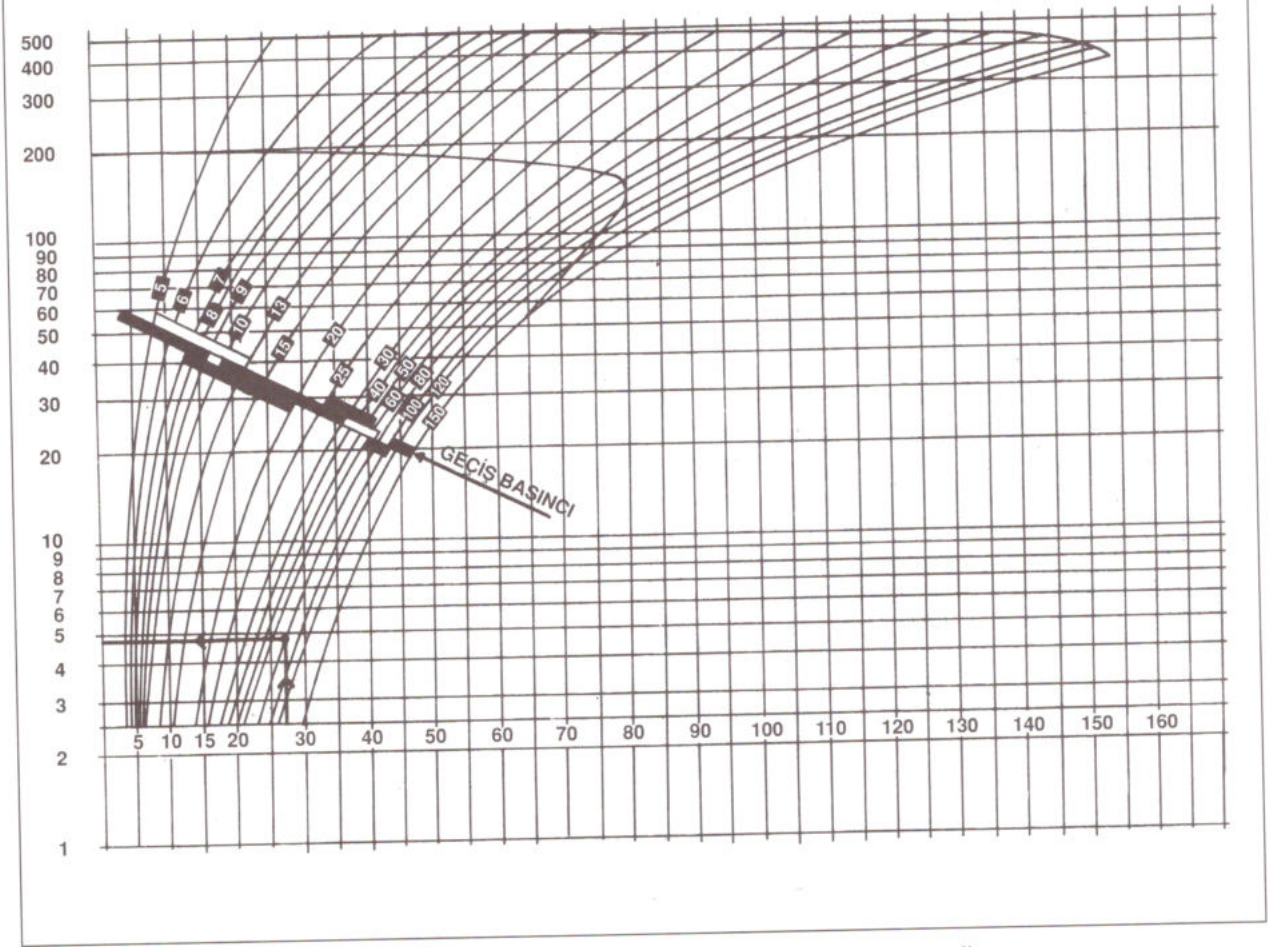
- Gaz debisi belirlenir.
- Brülör gaz giriş basıncı belirlenir.
- Kabul edilecek bir hız yardımıyla *Şekil 118*'den bir boru çapı seçilir. Bu tahmin edilen bir çaptır.

- Solenoid vana basınç kaybı abagından seçilen çapa göre basınç kaybı okunur. Bu değer vana sayısı ve 1,2 türbülans katsayısı ile çarpılır. Bulunan bu kayıp brülör basıncına ilave edilerek regülatör çıkış basıncı bulunur.
- Basınç ve gaz debisine göre regülatör abagından regülatördeki basınç düşümü ve regülatör girişindeki minimum basınç değeri bulunur.
- Filtre abagından filtredaki basınç düşümü ve filtre girişindeki basınç değeri bulunur.
- Boru hattındaki kayıpları gözönüne almak için *Şekil 117*'deki grafik kullanılabilir. Bu grafikten özgül sürtünme basınç kaybı okunur. Boru çıkışındaki basınç ve boru uzunluğu bilinmektedir. Buradan girişteki basınç değeri bulunur.
- Bu basınç bina girişindeki 300 mbar basınç değerinden küçük olmalıdır. Aksi halde bir büyük boru çapı seçilerek hesap tekrarlanır.

Solenoid vana, basınç regülatörü, filtre ve kontrol vanaları gibi elemanlara ait basınç düşümü diyagramlarına örnekler sıra ile *Şekil 120*, *121*, *122 A* ve *B*'de verilmiştir. Çabuk seçim için *Tablo 119*'dan yararlanılabilir.



Şekil 120. ÖRNEK BİR SOLENOID VANA AKIŞ DİYAGRAMI, $V_{\text{hava}} = V_{\text{gaz}} / 1,24$ şeklinde bulunur. Örneğin; Gaz debisi 33 m³/h halinde DN20 vanada basınç düşümü, $V_{\text{hava}} = 26,6 \text{ m}^3/\text{h}$ ve $\Delta P = 12 \text{ mbar}$ okunur.



Şekil 121. R 3/4" REGÜLATÖR BASINÇ DÜŞÜM ABAĞI

Örneğin; $V_{gaz} = 33 \text{ m}^3/\text{h}$ ($V_{hava} = 26,6$) ve geçiş basıncı 78,8 mbar için basınç düşümü $\Delta P = 4,8 \text{ mbar}$ okunur.

6.4 DOĞAL GAZ İÇ TESİSAT HESABI UYGULAMASI

İç tesisat hesabının daha iyi anlaşılabilmesi için bu bölümde yukarıda verilen esaslar bir örneğe uygulanacaktır. Örnek yapıda hem merkezi kalorifer sistemi, hem de dairelerdeki pişirme ve sıcak su temini ile ilgili cihazlar doğal gaz ile beslenecektir. Bu amaçla bina girişindeki kutuda iki adet regülatör bulunmaktadır. Dolayısı ile bu örnekte bina bağlantı hattı yoktur ve hesapta gözönüne alınmayacaktır. Evsel kullanım için olan regülatörde çıkış basıncı 22,6 mbar, kalorifer kazan için olan regülatör çıkış basıncı 300 mbar değerindedir.

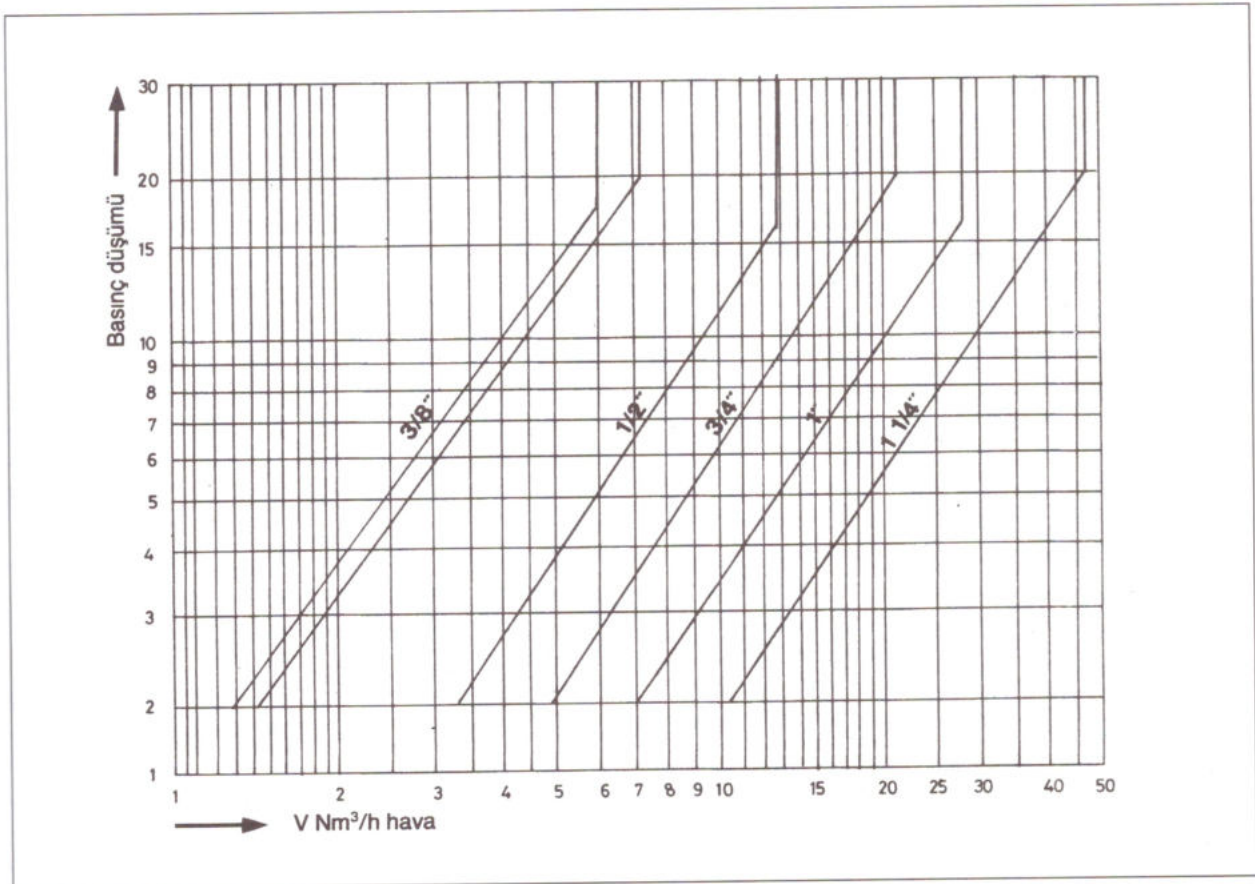
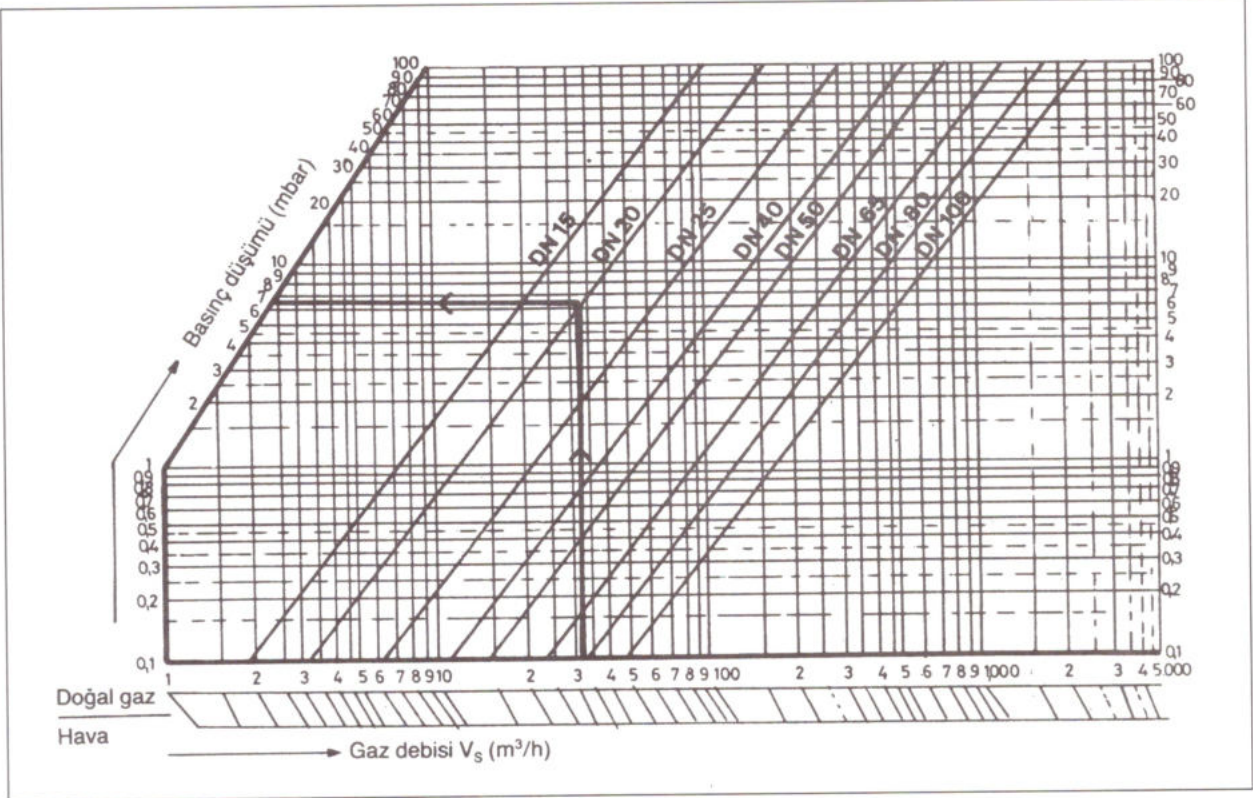
Binaya ait doğal gaz tesisat kolon şeması Şekil 124'de gösterilmiştir. Buna göre bina 1 bodrum, 1 zemin ve 10 normal kattan oluşmaktadır. Her katta 4 daire bulunmakta ve her dairede 1 şofben ve 1 fırınlı ocak bulunmaktadır. Bütün katlardaki tesisat birbirinin aynı olup, sistem iki ana kolonla beslenmektedir. Bodrum kattaki kazan dairesinde her biri 250.000 kcal/h kapasiteli iki sıcak su kazanı bulunmaktadır.

6.4.1 İç Tesisat Boru Hesabı

Tesisat Şekil 124'de görüldüğü gibi tesisat bölümlerine ayrılmış ve her bir bölüme bir numara verilmiştir. Numaralandırılmayan ve çizilmeyen diğer hatlarda, hesaplanan boru çapları aynen geçerlidir. Buna göre sistemdeki özelliği olan hatlar ve tesisat bölümleri numaraları ile birlikte Tablo 123'de verilmiştir. Bu tabloda ayrıca mücade edilen basınç düşümü değerleri de görülmektedir.

Göz önüne alınan sistemde, kritik devre olarak 1-16 devresi ele alınmıştır. Ancak daha önce de ifade edildiği gibi kritik devrenin seçimi, sistem hatlara bölünerek hesaplar yapıldığından çok önemli değildir. Önemli olan özelliği bulunan bütün devrelerin hesaba katılmasıdır.

Hesap, Şekil 125'de görülen boru çapı hesap föyünün (Föy 1) doldurulması ile yapılacaktır. Öncelikle dağıtım hattından başlamak üzere her bir tesisat bölümündeki maksimum gaz debisi, V_s hesaplanacaktır. Föy 1'de hat adı "dağıtım" ve 1. sütuna TB_1 yazılır. TB_1 'e bağlı 46 adet fırınlı ocak ve 46 adet 27,9 kW gücünde



Hat adı	İlgili tesisat bölümleri	Müsaade edilebilir basınç kaybı (mbar)
Dağıtım hattı	1+2	0,3
Kolon hattı	3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	0,0
Tüketim hatları	14+15 18+19 18+22	0,8
Cihaz bağlantı hatları	16 17 20 21 23 24	0,5

Tablo 123.

şofben bulunmaktadır. Cihaz adetleri 2. sütuna yazılır. Bağlantı değerleri, ocak için Tablo 108'den 1,2 m³/h ve şofben için 3,2 m³/h okunur. Tesisat bölümü TB₁'den geçen toplam bağlantı değerleri,

Ocak için = 1,2x 46 = 55,2 m³/h

Şofben için = 3,2x 46 = 147,2 m³/h

olarak bulunur ve 3. sütuna işlenir. Tablo 109'dan eş zaman faktörleri 46 adet ocak için 0,117, şofben için 0,085 değerindedir.

Bu değerler 4. sütuna taşınır. 3. ve 4. sütunlar çarpılarak 5. sütuna ve 5. sütun toplamı 6. sütuna yazılır. TB₁ için maksimum gaz debisi, V_S = 19,0 m³/h değerindedir.

Örnek binaya ait cihaz kombinasyonu Tablo 110'a olduğundan maksimum gaz debisi değerleri doğrudan bu tablodan da okunabilir. Aynı biçimde 1'den 24'e kadar numaralı tesisat bölümlerindeki V_S değerleri sırası ile dağıtım, kolon, tüketim ve cihaz bağlantı hatları için hesaplanır ve Föy 1'e işlenir. Bu değerleri kolon şeması üzerine de aktarmak yararlıdır.

Kolon şemasından okunan boru boyları 7. sütuna işlenir. TB₁ için boru çapı, Şekil 113 yardımı ile yaklaşık 2 m/s hız ve 19,0 m³/h gaz debisi için, DN 65 tahmin edilmiştir. Bu çapta boruda 19,0 m³/h debisi için hız 1,5 m/s ve özgül sürtünme basınç kaybı 0,006 mbar/m okunur ve bu değerler sırası ile Föy 1'de 8, 9 ve 10 sütunlara işlenir. 7. ve 10. sütunların çarpımı olan R.L değeri (9x 0,006 = 0,054) 11. sütuna yazılır.

Yerel basınç kaybının hesabı için bağlantı elemanlarının sayısı ve cinsi bilinmelidir. Gözönüne alınan örnekte kat planları verilmediğinden, proje üzerinde

bunları belirlemek mümkün değildir. Bu elemanların cinsleri ve sayıları bu örnek için Şekil 126'daki Föy 2'ye işlenmiştir. Her tesisat bölümündeki toplam yerel kayıp katsayısı değerleri ise föyün son satırında görülmektedir.

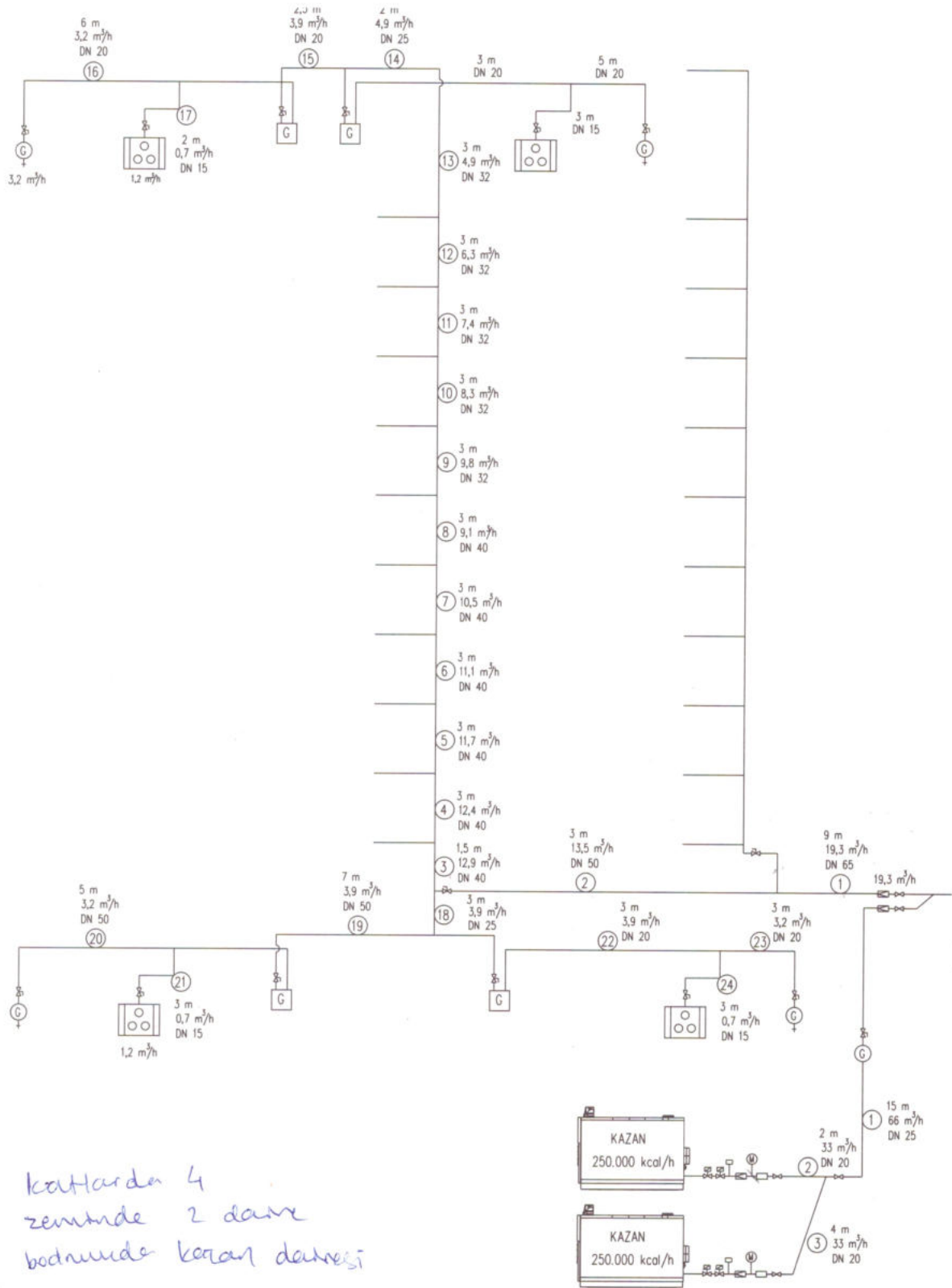
TB₁ için toplam kayıp katsayısı değeri 4,2 olup bu değer Föy 1'de 12. sütuna işlenir. Şekil 116'daki diyagramda hız 1,5 m/s ve $\sum Z = 4,2$ için yerel kayıp, Z = 0,033 mbar okunur ve Föy 1'de 13. sütuna yazılır. TB₁'de yükselti farkı bulunmadığından, ΔH ve bunun sonucu ΔP_H sifıra eşittir. Dolayısı ile 14. ve 15. sütunlara çizgi çekilir. 11., 13. ve 15. sütunlar toplamı olan toplam basınç kaybı, ΔP bu tesisat bölümü için 0,087 mbar değerindedir ve 16. sütuna yazılır. Benzer hesaplar TB₂ için de yapılır. Bu bölüm için boru çapı DN 50 tahmin edilerek benzer işlemler yapılırsa, R.L = 0,030 mbar, Z = 0,046 mbar, $\Delta P_H = 0$ mbar ve $\Delta P = 0,076$ mbar bulunur. Dağıtım hattı TB₁ ve TB₂'den oluşmaktadır. Bu hattaki toplam basınç kaybı, $\Delta P = 0,087 + 0,076 = 0,163$ mbar bulunur. Bu değer dağıtım hattı için kabul edilebilir basınç kaybı 0,3 mbar'dan düşük olup, seçilen boru çapları uygundur.

TB₁ için boru çapı DN 50'ye düşürülürse yapılacak bir hesapla kriterin sağlanmadığı ve çapın uygun olmadığı görülebilir.

Hesaba kolon hattı ile devam edilir. Kolon hattındaki ilk tesisat bölümü TB₃'tür. Bu tesisat bölümünde boru çapı DN 40 seçildiğinde R.L = 0,042 mbar, Z = 0,010 mbar bulunur. Yükselti farkı $\Delta H = + 1,5$ olup, yükselti farkından doğan basınç kaybı $\Delta P_H = -0,06$ mbar değerindedir. Bu üç kaybın cebrik toplamı olan kayıp $\Delta P = -0,008$ mbar olup, bu değer sıfırdan küçük olduğundan seçilen çap uygundur. Aynı şekilde hesaba devam edilirse TB₃ - TB₈ arasında çap DN 40, TB₉ - TB₁₃ arasında boru çapı DN 32 bulunur. Bütün zemin ve normal katlardaki daireler için tüketim hattı, TB₁₄ + TB₁₅ tüketim hattı tarafından temsil edilmektedir. Bu hat için bulunacak boru çapları bodrum kat hariç bütün dairelere uygulanabilir. Ancak tesisatta boru çaplarının farklı olmasından kuşku lanılan hatlar aynı hesap yöntemi uygulanarak kontrol edilebilir.

TB₁₄ için çap DN 25, TB₁₅ içinse çap DN 20 seçilmiştir. Föyde görülen hesaplar sonucu bu tüketim hattındaki toplam basınç düşümü 0,554 mbar olup, müsaade edilen değer 0,8 mbar'dan daha azdır ve seçilen çaplar uygundur. Müsaade edilenle gerçekleşen basınç düşümü arasındaki fark gerekirse cihaz bağlantı hattında kullanılabilir.

Bodrum kattaki TB₁₈ + TB₁₉ tüketim hattında aşağı iniş dolayısı ile basınç kaybı daha fazladır. Bu yüzden her iki boruda DN 25 seçilmiş ve yapılan hesap sonucu toplam kayıp 0,584 mbar bulunmuştur ki uygundur.



Şekil 124. KOLON ŞEMASI

Föy 1

Boru Çapının Tayini

Dağıtım hattı : $\Delta p_m \geq 0,3 \text{ mbar}$
 Tüketim hattı : $\Delta p_m \geq 0,8 \text{ mbar}$
 Kolon hattı : $\Delta p_m \geq 0,0 \text{ mbar}$
 Cihaz bağlantı hattı : $\Delta p_m \geq 0,5 \text{ mbar}$

Cihaz Bağlantı Hattı: $\Delta H = P_m$																			
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
HAT ADI					3x4					7x10			(1)		11+13+15				
TB	Cihaz Türü	Adet	ΣV	f		V_s	I	DN	V	R	$R \times I$	$\Sigma \zeta$	Z	ΔH	Δp_H	Δp	Kontrol $\Sigma \Delta p \geq \Delta p_m$		
			$\frac{m^3}{h}$		$\frac{m^2}{h}$	$\frac{m^3}{h}$	m		$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	mbar		mbar	m	mbar	mbar			
DAĞITIM	1	H	46	55,2	0,117	6,458	19,0	9	65	1,5	0,006	0,054	4,2	0,033	-	-	0,087	0,163 < 0,3 Uygun	
		D	46	147,2	0,085	12,512													
		R																	
		U																	
	2	H	24	28,8	0,151	4,349	13,5	3	50	1,7	0,010	0,030	4,1	0,046	-	-	0,076		
		D	24	76,8	0,119	9,139													
		R																	
		U																	
	KOLON HATTI	3	H	22	26,4	0,156	4,118	12,9	1,5	40	2,7	0,03	0,042	0,4	0,010	+1,5	-0,06	-0,08	-0,008 < 0 Uygun
			D	22	70,4	0,125	8,8												
R																			
U																			
4		H	20	24	0,162	3,888	12,4	3	40	2,5	0,027	0,081	0,3	0,007	+3	-0,12	-0,032	-0,032 < 0 Uygun	
		D	20	64	0,133	8,512													
		R																	
		U																	
5		H	18	21,6	0,169	3,65	11,7	3	40	2,3	0,024	0,072	0,3	0,006	+3	-0,12	-0,042	-0,042 < 0 Uygun	
		D	18	57,6	0,141	8,121													
		R																	
		U																	
6		H	16	19,2	0,178	3,417	11,1	3	40	2,2	0,022	0,066	0,3	0,005	+3	-0,12	-0,049	-0,049 < 0 Uygun	
		D	16	51,2	0,151	7,731													
		R																	
		U																	
7		H	14	16,8	0,188	3,158	10,5	3	40	2,1	0,019	0,057	0,3	0,005	+3	-0,12	-0,058	-0,058 < 0 Uygun	
		D	14	44,8	0,164	7,347													
		R																	
		U																	
8		H	12	14,4	0,201	2,894	9,8	3	40	1,9	0,017	0,051	0,3	0,004	+3	-0,12	-0,065	-0,065 < 0 Uygun	
		D	12	38,4	0,180	6,912													
		R																	
		U																	
9	H	10	12	0,217	2,604	9,1	3	32	2,5	0,034	0,102	0,3	0,007	+3	-0,12	-0,011	-0,011 < 0 Uygun		
	D	10	32	0,202	6,464														
	R																		
	U																		
10	H	8	9,6	0,239	2,294	8,3	3	32	2,3	0,028	0,084	0,3	0,006	+3	-0,12	-0,03	-0,030 < 0 Uygun		
	D	8	25,6	0,234	5,99														
	R																		
	U																		
11	H	6	7,2	0,271	1,951	7,4	3	32	2,0	0,023	0,069	0,3	0,005	+3	-0,12	-0,046	-0,046 < 0 Uygun		
	D	6	19,2	0,283	5,433														
	R																		
	U																		
12	H	4	4,8	0,325	1,56	6,3	3	32	1,8	0,017	0,051	0,3	0,004	+3	-0,12	-0,065	-0,065 < 0 Uygun		
	D	4	12,8	0,373	4,774														
	R																		
	U																		
13	H	2	2,4	0,448	1,075	4,9	3	32	1,3	0,011	0,033	0,3	0,002	+3	-0,12	-0,085	-0,085 < 0 Uygun		
	D	6,4	6,4	0,607	3,884														
	R																		
	U																		
(1) Yukarı çıkan boru: ΔH "+" işaretli; aşağı inen boru: ΔH "-" işaretli																			

(1) Yukarı çıkan boru: ΔH "+" işaretli; aşağı inen boru: ΔH "-" işaretli

Şekil 125.

Föy 1

Boru Çapının Tayini

Dağıtım hattı : $\Delta p_m \geq 0,3$ mbar
Tüketim hattı : $\Delta p_m \geq 0,8$ mbar
Kolon hattı : $\Delta p_m \geq 0,0$ mbar
Cihaz bağlantı hattı : $\Delta p_m \geq 0,5$ mbar

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
HAT ADI	TB	Cihaz Türü	Adet	ΣV	f	V_s	I	DN	V	R	$R \times I$	$\Sigma \zeta$	Z	ΔH	Δp_H	Δp	Kontrol $\Sigma \Delta p \geq \Delta p_m$	
				$\frac{m^3}{h}$	$\frac{m^3}{h}$													$\frac{m^3}{h}$
TÜKETİM HATLARI	14	H	2			4,9	2	25	2,3	0,044	0,088	2,7	0,056	-	-	0,0144	0,554 < 0,8 Uygun	
		D	2															
		R																
		U																
	15	H	1	1,2	0,621	0,745	3,9	2,5	20	3,0	0,096	0,24	4,8	0,17	-	-		0,410
		D	1	3,2	1,000	3,2												
		R																
		U																
	18	H	2			4,9	1,5	25	2,3	0,044	0,066	1,9	0,04	-1,5	0,06	0,166	0,429 < 0,8 Uygun	
		D	2															
		R																
		U																
	19	H	1			3,9	7	25	1,9	0,029	0,203	4,2	0,06	-	-	0,263		
		D	1															
		R																
		U																
28	H	2			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,166	0,584 < 0,8 Uygun		
	D	2																
	R																	
	U																	
22	H	2			3,9	3	20	3,0	0,096	0,288	3,7	0,13	-	-	0,418			
	D	2																
	R																	
	U																	
CİHAZ BAĞLANTI HATLARI	16	H				3,2	6	20	2,4	0,064	0,384	3,3	0,076	-1	0,040	0,500	0,500 < 0,5 Uygun	
		D	1	3,2	1,000													3,2
		R																
		U																
	17	H	1	1,2	0,64	0,745	0,7	2	15	1,4	0,02	0,04	2,3	0,018	-2	0,080	0,138	0,138 < 0,5 Uygun
		D																
		R																
		U																
	20	H				3,2	5	20	24	0,064	0,320	2,6	0,054	-1	0,040	0,414	0,414 < 0,5 Uygun	
		D	1															
		R																
		U																
	21	H	1			0,7	3	15	1,4	0,02	0,06	2,3	0,018	-2	0,080	0,158	Uygun	
		D																
		R																
		U																
	23	H				3,2	7	20	2,4	0,064	0,448	2,6	0,054	-1	0,040	0,542	0,542 ~ 0,5 Uygun	
		D	1															
		R																
		U																
24	H	1			0,7	3	15	1,4	0,02	0,06	0,9	0,018	-2	0,040	0,158	Uygun		
	D																	
	R																	
	U																	
	H																	
	D																	
	R																	
	U																	

(1) Yukarı çıkan boru: ΔH "+" işaretli; aşağı inen boru: ΔH "-" işaretli

(1) Yukarı çıkan boru: ΔH "+" işaretli; aşağı inen boru: ΔH "-" işaretli

Föy 2
Yerel Kayıp Katsayıları (ζ)

No.	Döküm bağlantı parçaları, armatürler	Basitleştirilmiş semboller	Kayıp değerler (1) (2)	Tesisat bölümü																			
				1	2	3	4 12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
1	Redüksiyon (3)		$\zeta_D = 0,4$		1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	S - parçası		$\zeta = 0,5$								1				1								
3	Dirsek		$\zeta = 0,7$	6	2					2	3	3	2		4	2	2	4	2				
4	T - geçiş ayrılma 90°		$\zeta_D = 0,3$		1		1	1			1					1			1				
5	T - kol 90°		$\zeta_A = 1,3$							1	1												
6	Temizlik "T" parçası 90°		$\zeta_A = 1,3$																				
7	T - karşıt akım 90°		$\zeta_G = 1,5$		1										1								
8	Dirsek T - geçiş ayrılma		$\zeta_D = 0,3$																				
9	Dirsek T - kol ayrılma		$\zeta_A = 0,9$																				
10	Dirsek temizlik "T" parçası		$\zeta_A = 0,9$																				
11	Çift dirsek T - ayrılma		$\zeta_G = 1,3$																				
12	+ Geçiş ayrılma parçası 90°		$\zeta_D = 1,3$																				
13	+ Kol ayrılma parçası 90°		$\zeta_A = 2,0$																				
14	Temizlik "+" geçiş 90°		$\zeta_D = 0,5$																				
15	Temizlik "+" kol ayrılma parçası 90°		$\zeta_A = 1,3$																				
16	Tek manşon Bağlantı sayaç $\frac{1}{2}$ DN 25 																						

Şekil 126.

Bodrum kattaki diğer tüketim hattı olan TB₁₈ + TB₂₂ hattında boru uzunluğu daha az olduğu için TB₂₂ boru çapı yine DN 20 alınmış ve uygun olduğu hesapla gösterilmiştir.

Tüketim hatlarında ise şofbene giden hatlar DN 20, fırınlı ocağa giden hatlar DN 15 seçilmiştir. Şofben hatlarından TB₁₆'da basınç düşümü tesadüfen müsaade edilen basınç düşümüne eşittir. TB₂₀'de 0,5 mbar'dan daha düşüktür ve uygundur. TB₂₃'de ise 0,5 mbar'dan biraz daha büyüktür. Ancak tüketim hattındaki pay gözönüne alınarak uygun kabul edilmiştir. Ocaklara giden hatlar ise DN 15 olarak tartışmasız uygundur. Buna göre belirlenen boru çapları kolon şeması üzerine işlenerek hesap tamamlanır.

6.4.2 Kazan Dairesi Boru Çapı Hesabı

Hesaba başlayabilmek için öncefikle aşağıdaki değerlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Hat başlangıcındaki basınç = 300 mbar

Brülörde istenen basınç = 50 mbar.

Gaz debisi: Sistemde iki adet kazan bulunmaktadır. Bu kazanların ikisi aynı anda tam kapasite ile çalışabilmektedir. Her birinin ısıtma kapasitesi 250.000 kcal/h, ısıtma verimleri %90 değerindedir. Kullanılan gazın garanti edilen ısıtma değeri 8.400 kcal/m³ olarak alınmıştır.

Buna göre her bir kazan için gerekli gaz debisi,

$$V_s = 250.000 / (8400 \times 0,9) = 33 \text{ m}^3/\text{h}$$

Toplam gaz debisi ise, bir eş zaman faktörü gözönüne alınmadan $2 \times 33 = 66 \text{ m}^3/\text{h}$ olacaktır.

Hız Kriterine Göre Boru Çapı Seçimi

Gaz hızı 10 m/s alındığında, Şekil 118'deki grafikten $V_s = 33 \text{ m}^3/\text{h}$ ve $V_s = 66 \text{ m}^3/\text{h}$ debileri için boru çapları seçilir;

$$TB_1 = DN 50$$

$$TB_2 = DN 32$$

$$TB_3 = DN 32 \text{ olarak bulunur.}$$

Bu çaplarla basınç düşümü çok küçük olacaktır. Örneğin DN 50 mm boruda Şekil 117 yardımıyla basınç düşümünün 2 mbar mertebesinde olacağı hesaplanabilir.

Basınç Kaybına Göre Boru Çapı Hesabı

Bu durumda eldeki basıncın daha büyük oranda kullanılabileceği çap seçimine gidilebilir. Bu amaçla daha küçük çaplar seçilecektir. Seçilen çap değerleriyle brülörden başlayarak, yani sondan başa doğru gidilerek basınç düşümleri hesaplanacaktır.

Gaz kontrol hatları için:

- Gaz debisi = 33 m³/h
- Brülör gaz giriş basıncı = 50 mbar
- Gaz kontrol hattı boru çapı, DN 20 seçildi.
- Örnek solenoid vana abağından (Şekil 120) basınç düşümü ΔP bulunabilmesi için, önce eşdeğer hava debisi bulunur. Doğal gazda eşdeğer hava debisi çevrim faktörü, $f = 1,24$ değerindedir.

$$V_{\text{hava}} = V_s / f = 33 / 1,24 = 26,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Bu değerle abaktan DN 20 için, $\Delta P = 12$ mbar okunur. Türbülans katsayısı 1,2 ile çarpılarak,

$$\Delta P = 12 \times 1,2 = 14,4 \text{ mbar bulunur.}$$

Kontrol hattında arka arkaya 2 adet solenoid vana vardır. 2 vanada Toplam kayıp $2 \times 14,4 = 28,8$ mbar değerindedir.

- Buna göre regülatör çıkış basıncı,

$$P_e = 50 + 28,8 = 78,8 \text{ mbar olup}$$

Regülatör abağından (Şekil 121) geçiş basıncı 78,8 mbar ve hava debisi 26,6 m³/h için, $\Delta P = 4,8$ mbar okunur.

Regülatör girişinde olabilecek en düşük basınç = $78,8 + 4,8 = 83,6$ mbar bulunur (Minimum giriş basıncı = 85 mbar alınmıştır).

- Filtre abağından gaz debisi 33 m³/h ve DN 20 için, $\Delta P = 6,5$ mbar

Kontrol hattındaki kapama vanası ve boru uzunluğunu dikkate alarak,

$$\Delta P = 15 \text{ mbar}$$

Gaz kontrol hattı giriş basıncı,

$$P = 85 + 15 = 100 \text{ mbar olarak hesaplanır.}$$

- Gaz kontrol hattı öncesindeki TB₂ ve TB₃ boru hatlarında çap DN 25 mm seçilmiştir. Daha uzun olan TB₃ uzunluğu 4 m esas alındığında, borudaki basınç kayıp katsayısı, $V = 33 \text{ m}^3/\text{h}$ ve DN 25 için Şekil 117'den,

$R = 5 \text{ bar}^2/\text{km}$ bulunur. Basınç kaybı buna göre 8 mbar hesaplanır.

Özel kayıplar için takdire 2 faktörü ile çarparak,

$$\Delta P = 16 \text{ mbar.}$$

Buna göre TB₁ sonundaki basınç,

$$P = 100 + 16 = 116 \text{ mbar değerindedir.}$$

- TB₁ hattında çap DN 32 mm seçilmiştir. TB₁ uzunluğu 15 m esas alındığında, borudaki basınç kayıp katsayısı, $V = 66 \text{ m}^3/\text{h}$ ve DN 32 için Şekil 117'den, $R = 5,2 \text{ bar}^2/\text{km}$ bulunur. Basınç kaybı buna göre 32 mbar hesaplanır.

Özel kayıplar için takdire 1,5 faktörü ile çarparak, $\Delta P = 48$ mbar.

Buna göre TB₁ girişindeki basınç,

$$P = 116 + 48 = 164 \text{ mbar değerindedir.}$$

Bu durumda girişteki basınç 300 mbar altındadır ve uygundur. Görüldüğü gibi hala kullanılabilecek basınç bulunmaktadır.

Sonuç olarak İGDAŞ tarafından sağlanan 300 mbar basınç kazan dairesine giden hatların ve gaz kontrol hattının ekonomik bir biçimde çözülebilmesi için ciddi bir imkan sağlamaktadır. Bu imkanı kullanabilme açısından 15 m/s değeri akılcı olmayan bir sınırlamadır.

Yaşam mahallerinden uzakta olabilecek gaz hattı ses olarak rahatsız edici olmayabilir. Özellikle kazan dairesindeki kazan önünde bulunan gaz kontrol hattında eldeki basınç mutlaka kullanılabilmelidir.

7. İÇ TESİSATIN TESTİ VE İŞLETMEYE ALMA

TS 7363 ve diğer Uluslararası standartlara göre doğal gaz iç tesisatının yapımı tamamlanınca ve gaz bağlantısı sırasında, bazı test ve kontroller zorunludur.

7.1 TESİSATIN SIZDIRMAZLIK TESTİ

7.1.1 Bina Bağlantı Hattı Sızdırmazlık Deneyi

Bir binaya yeni döşenen bina bağlantı hattı, basıncı 1 bar olan hava veya inert gaz ile sızdırmazlık deneyine tabi tutulur. Bu test aşağıdaki şekilde uygulanır.

- Biri hariç bütün çıkışlar kapatılır.
- Açık uca bir T parçası bağlanır. T'nin bir ucunda manometre, diğer ucunda ise bir vana bulunur.
- Manometre 0-2 bar genişlikte ve 50-100 mbar toleranslı olmalıdır.
- Musluk olan uca bir pompa veya kompresör bağlanarak tesisata hava basılır.
- Basınç 1 bar'a ulaşınca musluk kapatılır. 10 dakika süre ile dengeleme için beklenir.
- Bunu takip eden 10 dakika içinde basınçta düşme meydana gelmez ise test olumludur.
- En büyük kesitli boru tapası sökülerek hava boşaltılır.

Şebeke bağlantı yeri, şebeke basıncı altında anti-korozif sabun köpüğü veya sulu çözeltiyle sızdırmazlık deneyine tabi tutulur. Bu kontrolde hiç bir köpük kabarcığı görülmediğinde bağlantının kaçırmadığı kabul edilir.

Yalnızca bir borudan ibaret olan bina bağlantı hatlarında hattın ve bağlantı yerinin şebeke basıncı altında sabun köpüğü ile muayenesi yeterlidir. Kullanılan köpük korozif olmamalıdır.

7.1.2 İç Tesisatın Sızdırmazlık Testi

7.1.2.1 Ön Kontrol

Sadece yeni döşenen tesisatlarda, binanın boru tesisatı tamamlandıktan sonra yapılır. Bu test, vanalar kapatılmadan, borular boyanmadan, sarılmadan veya kanal içinde ise kanal kapakları kapanmadan; tesisatı yapan kişi/kişiler tarafından uygulanır.

Bu test regülatör kutusu çıkışından cihazlara kadar, cihazlar, regülatörler, ayar ve kontrol elemanları ve sayaçlar hariç boru tesisatına uygulanır.

Test sırasında sayaç tesisata bağlı olmamalıdır. Bu nedenle iki yöntem söz konusudur.

- Sayaç giriş çıkışı çelik bir boru ile birbirine bağlanarak bütün boru tesisatı birden test edilebilir.
- Sayaca kadar olan kısım ayrı, sayaçla cihaz bağlantıları arası ayrı test edilir.

Bu ön test TS 7363'e göre aşağıdaki şekilde uygulanır.

- Biri hariç bütün çıkışlar kapatılır.

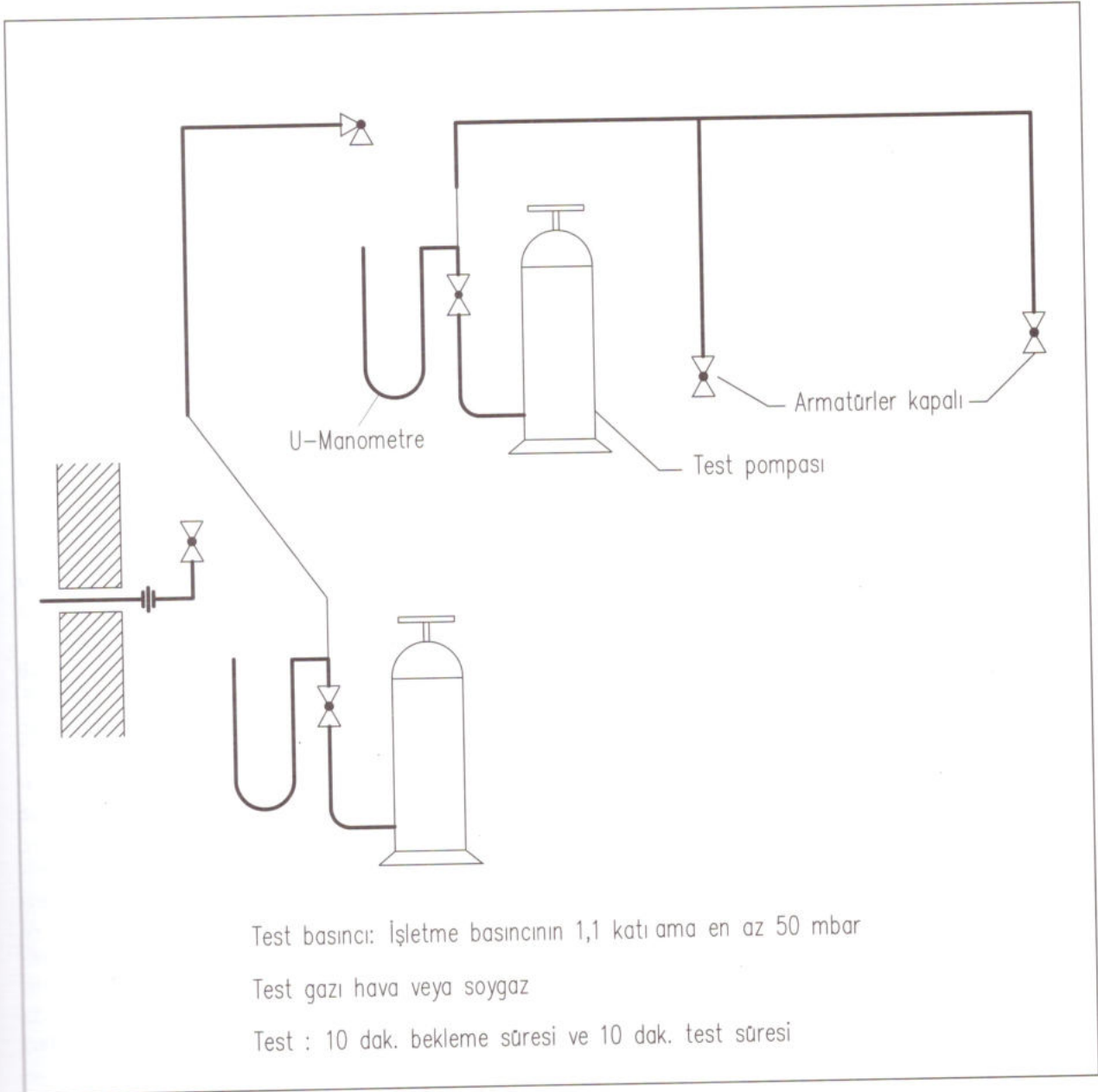
- Açık uca bir T parçası bağlanır. T'nin bir ucunda manometre, diğer ucunda ise bir vana bulunur.
- Musluk olan uca bir pompa veya kompresör bağlanarak tesisata hava basılır.
- Basınç = 1,5x şebeke basıncı olacak ve 30 mbar değerinden aşağı olmayacaktır.
- Basınç istenen değere ulaşınca musluk kapatılır. 10 dakika süre ile dengeleme için beklenir.
- Bunu takip eden 10 dakika içinde basınçta düşme meydana gelmez ise test olumludur.
- En büyük kesitli boru tapası sökülerek hava boşaltılır.
- T parçası sökülerek gerekli bağlantılar yapılır, borular boyanır veya kapatılacaksa kapatılır. Açık uçlar geçici olarak gaz bağlantısına kadar kör tap ile kapatılır.

7.1.2.2. Hava ile Yapılan Esas Kontrol

Bu test yeni döşenen borularda olduğu gibi, onarım ve değişiklik nedeniyle devre dışı bırakılan boruların tekrar işletmeye alınmasında da uygulanır. Bu test Şekil 127'de şematik olarak gösterildiği gibi, ön teste benzer şekilde yapılır. Yine sayaçlar devre dışı bırakılır ve biri hariç bütün çıkışlar kapatılır.

Bu amaçla ön testte olduğu gibi iki yöntem geçerlidir (sayaçlar by-pass edilerek bütün sistem veya sayaca kadar ve sayaç sonrası olarak iki defada). TS 7363'de ikinci yöntem tercih edilmiştir. Testin uygulanması ön test gibidir.

- Açık uca T parçası takılır.
- Alçak basınç için bir U manometre kullanılmalıdır. U manometre uzunluğu 120 cm olabilir. Sulu manometrede her 1 cm yükseklik 1 mbar'ı gösterir. Orta basınç kademesi için ise civalı U manometre kullanılır.
- Boru tesisatına pompa ile basılan havanın basıncı alçak basınç tesisatında, şebeke basıncından 50 mbar daha fazladır. İstanbul'da 72 mbar değerindedir.
- Boru tesisatına pompa ile basılan havanın basıncı orta basınç tesisatında işletme basıncının 1,5 katıdır. İstanbul'da en az 450 mbar değerindedir.
- 10 dakikalık basınç dengelenmesi süresinden sonraki 10 dakika içinde basınç düşmemelidir.
- Civalı U manometre kullanıldığında dengeleme süresi 15 dakika, test süresi 30 dakikadır.
- Test tamamlandıktan sonra hava boşaltılır ve T parça çıkarılır.
- Açık uçlar gaz bağlantısına kadar geçici olarak tapalarda kapatılır.
- Test sonuçları bir tutanakla tesbit edilir. Boru ve bağlantı elemanlarındaki bozuklukların kaynakla tamiratı yönüne gidilmemeli bunlar yenileriyle değiştirilmelidir.



Şekil 127. HAVA İLE YAPILAN ÖN BASINÇ TESTİ

7.1.3 Sayaç, Basınç Regülatörü ve Cihazların Kontrolü (Gaz ile Yapılan Sızdırmazlık Testi)

Normal işletme basıncı altında sayaçlar, regülatörler ve cihazların bağlantılarında ve kalorifer dairelerinde gaz kontrol hattı kontrol vanaları bağlantılarında sızma olmamalıdır. Bu sızdırmazlık kontrolü doğal gazın kendisi ile yapılır ve kontrol için sabun köpüğü kullanılır. Bu test yine yapımcı tarafından uygulanır. Bu testin farkı gaz dağıtım şirketinin gaz beslemesini kontrol etmesidir. Proje mühendisi, yapımcı ve gaz dağıtım şirketi testte hazır bulunur. Aslında bu test tesisata gaz verilmesinin bir parçasıdır. Tesisata gaz verildikten sonra, yukarıda sıralanan bağlantı noktalarına sabun köpüğü ile sızıntı kontrolü yapılır. Kaçak olan noktalarda

kabarcıklar oluşur. Kaçak varsa yeri saptanır ve tamir edilir.

7.2 BACA TESTİ

Yanma ürünlerinin istenilen şekilde dışarı atıldığını kontrol için her baca sistemi test edilmelidir.

Bu test aşağıdaki şekilde uygulanır;

- Önce sistemdeki baca bağlantıları en alttaki hariç, kapatılır.
- Fazlaca duman veren madde ile bacaya duman gönderilir.
- Duman baca tarafından çekilmelidir, baca geri tepmemeli, baca delikleri olan veya olmayan odalardan veya baca birleşim yerlerinden duman sızmamalıdır.

- Bütün baca bağlantıları, diğerleri kapatılarak sıra ile kontrol edilir.
- Bacanın soğuk olması nedeni ile geri tepme meydana geliyorsa önce baca ısıtılmalıdır.
- Bacada görülen bir hata hemen tamir edilmelidir.
- Cihazların bağlanmasından sonra davlumbaz altında da benzer duman testleri yapılmalıdır. Davlumbazın altında kibrit veya mum alevi dolaştırılarak yapılan testte alev davlumbaz içine doğru yönelmelidir.

Yanma havasını dışarıdan alıp, tekrar dışarı veren kapalı yanma odalı cihazlarda kontrol, cihaz yakılıp alevi gözlenerek yapılır. Alevin şekli düzgün ve temiz olmalıdır. Cihazın bulunduğu oda kapısı aniden açılıp kapandığında alevde bir hareket oluşmamalıdır.

Atmosferik brülörlü cihazlarda, cihazın bulunduğu odada kapılar ve pencereler kapalı olarak devreye alınmasından 5 dakika sonra yapılacak kontrolde yanmış gaz akım sigortasından yanmış gaz çıkmadığı görülmelidir.

7.3 TESİSATIN İŞLETMEYE ALINMASI

- Varsa hatlardaki bütün açıklıklar metal kör tapa veya kör flanşla kapatılır. Cihaz bağlantı muslukları kapatılır.
- Sayaç vanaları kapatılır.
- Kolon üst temizleme ağzına veya en üst sayaç yerine bir T takılır; T'nin ucuna manometre, diğer ucuna gazı dışarı atmak üzere hortum takılır. Manometre alçak basınçta 50 mbar, orta basınçta 500 mbar göstergeli olmalıdır.
- Bütün binada kıvılcım kaynağı olabilecek her şey önlenir (sigara içmek, elektrik şalteri açmak, ateş yakmak vb.)
- Sisteme yetkililerce doğal gaz verilir. Hortumdan gaz gelene kadar borudaki hava dışarı atılır. Sonra vana kapatılarak köpükle sızdırmazlık testi yapılır.
- Sayaç vanaları sıra ile açılarak cihazlar tek tek devreye alınır ve bağlantıları köpükle sızdırmazlık testine tabi tutulur.
- Cihazlar yetkili servisleri tarafından devreye alınmalı, matbu olarak basılmış cihaz işletme ve kullanım talimatnamesi yetkili servis tarafından kolayca görülebilecek bir yere asılarak aboneye teslim edilmelidir
- T parça sökülerek sistem normal çalışmaya alınır.

Cihazların ayarı ve işlev kontrolü

Cihazların ayarı ve işlev kontrolünde imalatçının tesis ve kullanma talimatları dikkate alınmalıdır. Enerji tasarrufu yönetmeliklerine bakılmalıdır. İşletmeye almadan önce cihazın etiketinden, dağıtılan gazın Wobbe indisi sınırları için uygunluğu

kontrol edilir. Bundan başka cihazların mevcut bağlantı basıncına uygunluğu kontrol edilir.

Cihazların anma ısı yükleri ayarlanır. Ayarlanan anma ısı yükü maksimum ısı yükten küçük ise ayarlanan değer ve buna ait anma ısı gücü (imalatçının tesis talimatlarından alınır) cihaz üzerinde sürekli kalacak bir levhada belirtilmelidir.

Gerekli ısı yük ayarı meme basınç yöntemi veya hacimsel debi yöntemine göre yapılır.

Meme basınç yöntemine göre ayarlama, cihaza özgü üretim talimatına göre yapılmalıdır.

Hacimsel yöntemde ise sayaçtaki gaz akışı belirlenir. Gaz akışı, ayar değerine uygun hale getirilmelidir. Doğal gaz ayarlı cihazlarda ve imalatçı tarafından kendi ısı yüklenme ayarında mühürlenmiş cihazlarda, yükleme ayarı gerekmez.

7.4 İŞLETME

Senelik Muayene ve Bakım

İşletmeci (apartman yöneticisi, kurum amiri vb.), gaz yakma tesisinin işletmeye hazır hale getirilmesi, fonksiyon ve ekonomik sebeplerden dolayı gaz yakma tesisini, senede en az bir defa yapımçı firmanın yetkili elemanlarına veya bu konuda uzman kişilere muayene ve bakımı yaptırmakla yükümlü tutulmalıdır.

İçinde Gaz Akışı Olan Boru Hatlarında Tamirat

Tamirata başlamadan önce, içinde gaz akışı olan boru hattı, ilgili kapatma tertibatı ile kapatılmalı ve açılmasına karşı emniyete alınmalıdır (örneğin anahatarın alınması). Gaz çıkışı olan veya gaz çıkışı olabilecek yerlerde havalandırma ile gazın tehlikesiz çıkışı sağlanmalıdır. Kapatma tertibatı ancak dışarıya gaz çıkışı olan boru hattındaki bütün açık uçlar sızdırmaz biçimde tekrar kapatıldıktan sonra açılabilir. Metal boru hatlarının ayırım ve birleştirilmesinde boru parçaları, armatür, sayaç, basınç regülatörleri vs.nin takılıp sökülmesinde, elektrik temas gerilimine karşı, daha önce anlatılan, elektrik iletkenliği olan metal irtibatlandırılmanın yapılması gerekir.

Boruların Temizlenmesi

Borular mekanik olarak, emme ile, hava veya azot üflenmesi ile veya tetrahidronaftalin gibi çözücü maddelerle temizlenebilir. Borular temizlenmeye başlamadan önce bina bağlantı hattından ve cihazlardan ayrılmalı, regülatörler ve sayaçlar sökülmalıdır. Emme işlemi, en büyük anma çapı olan boruya, üfleme işlemi ise en dar boruya uygulanmalıdır.

İşleticinin Eğitilmesi

Tesisatın işleticisi kullanım hakkında eğitilmelidir, özellikle cihazların kullanma talimatları verilmelidir. Cihazların düzenli olarak bakım gerekliliği belirtilmelidir. İşletici yanma hava temini ve yanmış gaz iletimi için gerekli tedbirler hakkında eğitilmeli ve bunların zararlı yönde değiştirilmemesi gerektiği belirtilmelidir.