



**bu bir MMO
yayıdır**

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

R22 Gazlı Siplit Sistem Soğutma Devrelerinin Dizaynı

NURİYE GÜMRÜKÇÜLER

İZMİR
Makina ve Soğutma San. A.Ş.

R-22 GAZLI SPLIT SİSTEM SOĞUTMA DEVRELERİNİN DİZAYNI

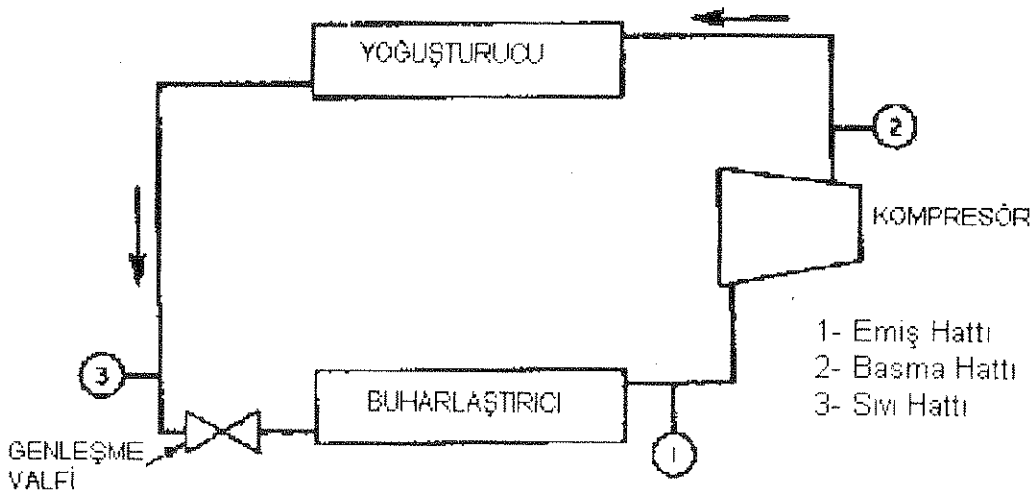
Nuriye GÜMRÜKÇÜLER

ÖZET

Bu bildiri split sistem soğutma devreleri ölçülendirilmesinde dikkat edilmesi gereken önemli noktalar ve basınç kayıplarının soğutma kapasitesine olan etkileri vurgulanmış, pratikte kullanışlı olan bir ölçülendirme yöntemi çeşitli tablo, şekil ve grafikler yardımı ile anlatılmıştır. Bildirinin son bölümünde ise örnek olarak split sistem bir klima cihazının ölçülendirilmesi yapılmıştır.

GİRİŞ

Bir soğutma sisteminin performansı, kompresör, yoğuşturucu, buharlaştırıcı ve genişleme valfi gibi temel elemanlarının yanında bu elemanları birbirine bağlayan soğutucu akışkan taşıyıcı boruların (emme, basma ve sıvı hatları) (Şekil 1) seçimine de bağlıdır.



ŞEKİL 1 : Soğutma devresi

Genel olarak soğutma devrelerinin tasarımında aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir:

1. Soğutma devresindeki basınç kayıplarının az olması sağlanmalıdır.
2. Soğutucu akışkanın fiziksel durumundaki değişiklikler boru çaplarında değişiklik gerektirir.
3. Genel olarak sistemde kullanılan gaz ile kompresör yağı çok çabuk karışırlar. Kompresörde düzenli ve yeterli yağlamanın temin edilmesi için, basma hattına soğutucu akışkan tarafından kompresörden çıkarılan yağ ile aynı miktarda yağ ile yer değiştirmesi sağlanmalıdır.
4. Soğutma devresi, gaz verilmesi ve vakum işlemleri öncesi olabilecek partiküllerden arınmış, kuru ve temiz olmalıdır.

5. Sıvı halindeki akışkanın kompresöre girişi önlenmelidir. Kompresör münhasıran gaz halindeki akışkan ile çalışmalıdır.
6. Çalışma sırasında kompresöre (gaz hattı) yağın düzenli dönüşünün sağlanması, basınç kayıplarının ve aşırı gürültünün önlenmesi için soğutucu akışkanın hızını dikkatli tespit edilmesi gereklidir.
7. Devrenin ölçülendirilmesi minimum soğutucu akışkan alacak şekilde yapılmalıdır. Son seçim daimi akışkan hızı ve meydana getireceği basınç düşümü ile boru maliyeti arasında bir analiz ile yapılmalıdır.

Bildirinin bundan sonraki kısmında, soğutma devresindeki basınç kayıplarının soğutma kapasitesine etkisi üzerinde kısaca durulduktan sonra, soğutma sisteminde soğutucu akışkanın fiziksel özelliklerinin birbirinden belirgin şekilde farklı olduğu 3 ayrı bölümün basınç kayıpları ve boru çapları muhtelif tablolardan yararlanılarak tespit edilecektir.

1. BASINÇ KAYIPLARININ SOĞUTMA KAPASİTESİNE ETKİSİ

Emiş ve basma hatlarındaki basınç düşümleri tesisin toplam soğutma kapasitesinde bir azalma meydana getirir.

Emiş hattındaki basınç kayıpları, kompresörün buharlaşma sıcaklığındaki emiş basıncından daha düşük emiş basıncında çalışmasına neden olur. Bu durum, kompresörün soğutma kapasitesinde azalma ile sonuçlanır. Pratikte basınç kayıpları, basınç kayıplarına karşılık gelen doyma noktası sıcaklık farkı değeri olarak ifade edilmektedir. Örneğin R-22 için 5 °C buharlaşma sıcaklığına karşılık gelen basınç değeri 583.76 kPa 'dır. Emiş hattında 1 °C ye eşdeğer basınç kaybı 18.07 kPa 'dır. Bu durumda kompresör aşağıda belirtilen emiş basıncında çalışmalıdır.

$$(583.76 - 18.07) = 564.71 \text{ kPa}$$

Bu değer yaklaşık olarak 4 °C buharlaşma sıcaklığına karşılık gelir. Burada emiş hattı basınç kaybı olarak eşdeğer 1 °C sıcaklık farkı değeri ifade edilmektedir.

Basma hattındaki basınç kaybı kompresörü daha yüksek yoğunlaşma basıncında çalışmaya zorlar. Kompresörün çalışması için istenmeyen şartlar olan bu durum, soğutma kapasitesinin azalması sonucunu meydana getirmektedir. Yine, basınç kayıpları emiş hattı ile aynı tarzda basınç kayıplarına karşılık gelen doyma noktası sıcaklık farkı olarak ifade edilecektir.

Basınç kayıplarının toplam soğutma kapasitesine olan etkisi aşağıda TABLO 1 de gösterilmiştir.

TABLO 1: Basınç kayıplarının soğutma kapasitesine etkisi

BASINÇ KAYIPLARI	SOĞUTMA KAPASİTESİ
Emişte 0 °C	% 100
Emişte 1 °C	% 95.7
Basmada 1 °C	% 98.4
Emişte 2 °C	% 92.2
Basmada 2 °C	% 96.8

Tablodaki değerler +4.4 °C buharlaşma sıcaklığına göre dir.

1 °C'ye karşılık gelen basınç kaybı için emiş ve basma hatlarında soğutma kapasitesindeki toplam azalma aşağıdaki oranda olmaktadır.

$$(95.7 * 98.4) = 94.17 \%$$

Sıvı hattındaki basınç kayıpları ne soğutma kapasitesinde bir azalma, nede tesisin çektiği elektrik gücünde bir artış doğurur. Bununla birlikte böyle kayıplar akışkanın ani buharlaşma (gaz flashing) riskini önlemeyi minimum seviyede tutmalıdır. Sıvı hattındaki basınç kayıpları, boru cidarında

akışkanın sürtünmesi ile ısının üretilmesi ve/veya basınç kayıpları sonucu basıncın düşmesi sonucu akışkanın ani buharlaşmasını meydana getirir.

Termostatik valf kontrolü ile evaporatörde soğutucu akışının düzensiz olmasının önüne geçilerek sıvı hattında akışkanın buharlaşması önlenmeli veya minimum seviyede tutulmalıdır. Sıvı hattındaki basınç kayıpları genellikle (0.5 - 1 °C) arasında olmaktadır. Bununla birlikte bu değer, sıvı akışkanın aşırı soğutulduğu (yüksek aşırı soğutma değerine sahip olduğu) durumlarda daha yüksek olarak gerçekleşebilir. (6-8 °C)

2. SOĞUTMA HATLARININ ÖLÇÜLENDİRİLMESİ

ASHRAE standartlarından alınmış olan TABLO 2, R-22 kullanılan soğutma devrelerinin ölçülendirilmesinde basit ve yeterince kesin bilgileri ile yararlı olarak uygulanabilir. TABLO 2 yoğuşma ve emiş gazı sıcaklıklarındaki soğutma kapasitelerine göre emiş, basma ve sıvı hatlarının basınç kayıpları ve çaplarının mühendislik seçimine olanak verir.

TABLO 2 : R-22 gazı için sıvı, emiş ve basma hatları için seçim tablosu, (Soğutma kapasitesi) KW

Bakır boru dış çapı OD mm	Emiş hattı $\Delta T=0,04$ k/m			Basma hattı $\Delta T=0,02$ k/m $\Delta P=0,479$ kPa/m		Sıvı hattı	
	Buharlaşma sıcaklığı			Buharlaşma basıncı (°C)		hız=0,5m/s	$\Delta T=0,02$ (k/m) $\Delta P=0,479$ (kPa/m)
	-20 °C	-5 °C	+5 °C				
	Eşdeğer basınç kaybı (kPa/m)						
	0,378	0,572	0,731	-20	+5		
10	-	-	-	-	-	4,14	4,37
12	0,75	1,28	1,76	2,44	2,60	7,08	11,24
14	1,2	2,06	2,83	3,91	4,16	10,02	18,10
16	1,78	3,05	4,19	5,71	6,15	13,46	26,80
18	2,49	4,26	5,85	8,06	8,59	17,41	37,49
22	4,39	7,51	10,31	14,15	15,07	26,66	66,10
28	8,71	14,83	20,34	27,89	29,70	44,57	131,0
35	15,99	27,22	37,31	51,05	54,37	70,52	240,7
42	26,56	45,17	61,84	84,52	90,00	103,4	399,3
54	52,81	89,69	122,7	167,2	178,1	174,1	794,2
63	81,38	138,02	188,9	257,1	273,8	240,4	1223,9

Tablo 2'de verilmiş olan değerler 40°C yoğuşma sıcaklığına göre dir. Farklı sıcaklıklar için aşağıda verilen düzeltme faktörleri kullanılmalıdır.

Yoğuşma sıcaklığı °C	20	30	40	50
Emiş hattı	1,18	1,10	1,00	0,91
Basma hattı	0,80	0,88	1,00	1,11

TABLO 2 de emiş, sıvı ve basma hatları için belirli basınç kayıplarına göre değerler verilmiştir. Bu dikkate alınan basınç kayıpları eşdeğeri sıcaklık farkı değerleri; (her bir ünite uzunluğu için)

Sıvı hattı $\Delta t = 0.02$ k/m
Emiş hattı $\Delta t = 0.04$ k/m
Basma hattı $\Delta t = 0.02$ k/m

Sıvı hattı için 0.5 m/sn hıza göre değerler verilmiş bir kolon bulunmaktadır. Bu kolondaki değerler su soğutmalı kondenseri üniteler için kullanılacaktır.

Bu değerler verilirken kondenser ünitesinde sıvı tankının (receiver) bulunduğu dikkate alınmıştır. Sıvı tankının bulunması, evaporatörden kondensere sıvının tümünün kesintisiz dönmesinin garantisidir.

Bu durumda, örneğin su soğutmalı tip bir kondenser ünitesinde klima santrali ile sağlanan oda sıcaklığı akışkanın yoğuşma sıcaklığından daha yüksek gerçekleşebilir.

TABLO 2 deki basınç değerlerinden daha farklı değerler sözkonusu ise aşağıdaki formülden faydalanılarak soğutma kapasitesinde düzeltme yapılabilir.

$$\text{Soğutma Kapasitesi (KW)} = \text{Kapasite (tablo)} * \frac{L_e(\text{tab})}{L_e(\text{eff})} * \left(\frac{T(\text{ist})}{T(\text{tablo})} \right)^{0.55}$$

Kapasite (tablo) = TABLO 2'den alınan soğutma kapasitesi (KW)

L_e (tablo) = TABLO 2'den alınan eşdeğer boy (1 m)

L_e (eff) = eşdeğer efektif boy (m)

T (ist) = istenen basınç kaybı (°C)

T (tab) = Tablo 2'den alınan basınç kaybı (°C)

TABLO 2' de verilen soğutma kapasiteleri 40 °C yoğuşma sıcaklığına göre verilmiştir. Farklı yoğuşma sıcaklıkları için soğutma kapasitesi TABLO 2' nin altında verilmiş olan düzeltme katsayıları ile çarpılmalıdır.

Basınç kayıplarının hesaplanması ve soğutma hatlarında çapların tespiti için izlenecek yol aşağıdaki gibi özetlenebilir.

a) Soğutma hatlarının uzunluğunu boru çalışma uzunluğu için % 50 arttırarak eşdeğer test uzunluğunu hesaplayabiliriz.

b) Bu uzunluğu kullanarak ve tesisin soğutma kapasitesine, emiş ve yoğuşma sıcaklıklarına bağlı olarak TABLO 2' den test çapını hesaplayabiliriz.

c) Eşdeğer efektif uzunluğa deneme çapı baz alınarak karar verilebilir. Eşdeğer efektif uzunluk basınç kayıplarının hesaplanmasında kullanılabilir. Soğutma devresindeki akışkanın geçişine direnç yaratan her bir element (dirsek, vana, vs) için gerçek hat ile aynı basınç kaybını yaratacak eşdeğer boru boyları için TABLO 3-4-5' i kullanabiliriz.

TABLO 3 Muhtelif boru aksamaları için eşdeğer boru boyları

Boru çapı OD mm	Standart 90 dirsek	Geniş radyuslu 90 dirsek	90 dirsek m/f	45° dirsek	45° dirsek m/f	180° dirsek	Yön değiştirici fittings	Direk akış		
								redüksiyon yok	redüksiyon 1/4	redüksiyon 1/2
10	0,38	0,26	0,66	0,20	0,30	0,67	0,77	0,26	0,33	0,38
12	0,40	0,30	0,70	0,20	0,30	0,70	0,80	0,30	0,40	0,40
14	0,46	0,29	0,73	0,22	0,36	0,73	0,87	0,29	0,39	0,46
16	0,48	0,30	0,76	0,24	0,40	0,76	0,91	0,30	0,43	0,48
18	0,50	0,30	0,80	0,20	0,40	0,80	0,90	0,30	0,40	0,50
22	0,60	0,40	1,00	0,30	0,50	1,00	1,2	0,40	0,60	0,60
28	0,8	0,50	1,2	0,40	0,60	1,2	1,05	0,50	0,70	0,80
35	1,0	0,70	1,7	0,50	0,90	1,7	2,1	0,70	0,90	1,0
42	1,2	0,80	1,9	0,60	1,0	1,9	2,4	0,80	1,1	1,2
54	1,5	1,0	2,5	0,80	1,4	2,5	3,0	1,0	1,4	1,5
63	1,7	1,2	2,9	0,97	1,6	2,9	3,5	1,2	1,7	1,8

TABLO 4 : Muhtelif boru aksamaları için eşdeğer boru boyları

Boru çapı OD mm	Ani genişleme d/D			Ani daralma d/D			Ani Kesme		Boru muhafaza	
	1/4	1/2	3/4	1/4	1/2	3/4	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
10	0,36	0,20	0,07	0,18	0,12	0,07	0,41	0,21	0,40	0,28
12	0,40	0,20	0,04	0,20	0,20	0,10	0,50	0,20	0,50	0,30
14	0,48	0,28	0,10	0,24	0,18	0,10	0,50	0,27	0,50	0,40
16	0,54	0,33	0,12	0,27	0,21	0,12	0,54	0,30	0,54	0,46
18	0,64	0,36	0,13	0,30	0,30	0,13	0,68	0,34	0,68	0,53
22	0,80	0,50	0,20	0,40	0,30	0,20	0,90	0,40	0,90	0,70
28	0,10	0,60	0,20	0,50	0,40	0,20	1,1	0,50	1,1	0,82
35	1,4	0,90	0,30	0,70	0,50	0,30	1,6	0,80	1,6	1,3
42	1,8	1,1	0,40	0,90	0,70	0,40	2,0	1,0	2,0	1,5
54	2,4	1,5	0,50	1,2	0,90	0,50	2,7	1,3	2,7	2,1
63	3,0	1,9	0,61	1,5	1,2	0,61	3,6	1,7	3,6	2,6

TABLO 5 Servis vanaları için eşdeğer boru boyları

Boru çapı OD mm	Tapa valf (2)	Kosva vana		90°	Sürgülü vana	Çek valf (3)	
		60°	45°				
10	4,8	2,2	1,6	1,6	0,16	1,3	1,3
12	5,1	2,4	1,8	1,8	0,18	1,5	1,5
14	5,3	2,5	2,0	2,0	0,20	1,7	1,7
16	5,4	2,7	2,1	2,1	0,21	1,8	1,8
18	5,8	2,9	2,3	2,3	0,23	2,0	2,0
22	6,3	3,3	2,7	2,7	0,27	2,4	2,4
28	8,7	4,6	3,6	3,6	0,30	3,6	3,6
35	11,4	6,1	4,6	4,6	0,46	4,2	4,2
42	12,6	7,3	5,4	5,4	0,54	4,8	4,8
54	16,5	9,1	7,3	7,3	0,70	6,1	6,1
63	20,7	10,7	8,7	8,7	0,85	7,6	7,6

Eşdeğer boru boyları ve boru düz kısımlarının efektif boylarının toplamı gerçek hatta meydana gelen basınç kayıpları ile aynı basınç kayıplarını meydana getiren düz borunun uzunluğunu verir.

$$d) \quad \Delta T_c = \Delta T(tab) * \frac{L_e(eff)}{L_e(tab)} * \left(\frac{Q(eff)}{Q(tab)} \right)^{1,8}$$

Burada:

- T_c = hesaplanan basınç kaybı eşdeğeri sıcaklık farkı (°C)
 $T(tab)$ = TABLO 2'den alınan basınç kaybı (°C)
 $L_e(eff)$ = efektif eşdeğer uzunluk (m)
 $Q(tab)$ = TABLO 2'nin gösterdiği soğutma kapasitesi (kW)
 $Q(eff)$ = tesisin efektif soğutma kapasitesi (kW)

Sonuç olarak yukarıdaki formülü kullanarak hattaki basınç kayıplarını hesaplamak ve seçilmiş olan boru çapının uygun olup olmadığının kararını vermek mümkündür.

ASHRAE standartlarına göre sıvı hattı için kabul edilebilir maksimum basınç kayıpları aşağıda verilmiştir.

Sıvı hattı < 0,5 - 1 K

Aşağıda sırası ile emiş, basma ve sıvı hatlarının ölçülendirilmesi ayrı ayrı ele alınmış ve önemli noktalara dikkat çekilmiştir.

2.1. Emiş Hattı

Emiş hattının ölçülendirilmesi sıvı ve basma hattından daha fazla kritiktir. Emiş hattı aşağıdaki hususlar dikkate alınarak ölçülendirilmelidir.

- a) Düzenli rejimdeki çalışma sırasında uygun, kabul edilebilir bir basınç kaybı sağlanmalıdır.
b) Minimum basınç şartlarında bile kompresöre evaporatörden yağın dönüşü sağlanmalıdır.

Pistonlu kompresörlerde basınçlı sıvı akışkan ile yağın karışma eğilimi göstermesi ve mekanik hareket sırasında basma valfinden hatta küçük miktarlarda yağın sızması kaçınılmazdır.

Gaz tarafından taşınan ve sıvı akışkanın içine yayılan yağ, kondensere ve sıvı hattından geçerek evaporatöre ulaşır. Evaporatör içinde soğutucu akışkanın sıvı halden gaz hale geçişi nedeni ile yağ tamamıyla ayrılır. Bu durumda yağ, gazın çekme etkisi veya ağırlığının etkisi ile veya her ikisinin birden etkisi ile sürüklenerek kompresöre dönebilir.

Boruların düşeyde yükselen kısımları içinde yağın gaz tarafından çekilmesinin sağlanması pratikte kullanışlı bir metoddur.

Bu metod, kompresörün çalışma limitleri içinde veya kompresör kapasitesinin düzenlenmesi sırasında gaz akışının azalması nedeniyle meydana gelen soğutma kapasitesinde azalma olduğu zaman, gazın minimum hızları için geçerli olmaktadır.

Gelişmiş kapasite kontrollü ve çok devreli sistemlerde, kısmi basınçlarda çalışma olduğunda sesinin nominal kapasitesinde azalmalar olacağına dikkat edilmelidir. Bu şartlarda gazın saatlik akış oranı azalmakta ve bunun sonucu olarak gaz hızı düşmektedir. Soğutma devresi dizaynında dikkat edilmesi gerekli olan en önemli noktalardan biri sistemin minimum soğutma kapasitesinde çalışması durumunda bile kompresöre yağ dönüşünün sağlanmasıdır.

Basma hattında (düşey kısımlarında) yağın taşınmasına uygun boru çapları için ASHRAE'nin önerdiği minimum değerler vardır. Bu kısımlar tesisin minimum soğutma kapasitesine uygun olarak ölçülendirilmelidir.

TABLO 6, çeşitli boru çaplarının müsaade ettiği minimum soğutma kapasitelerini göstermektedir.

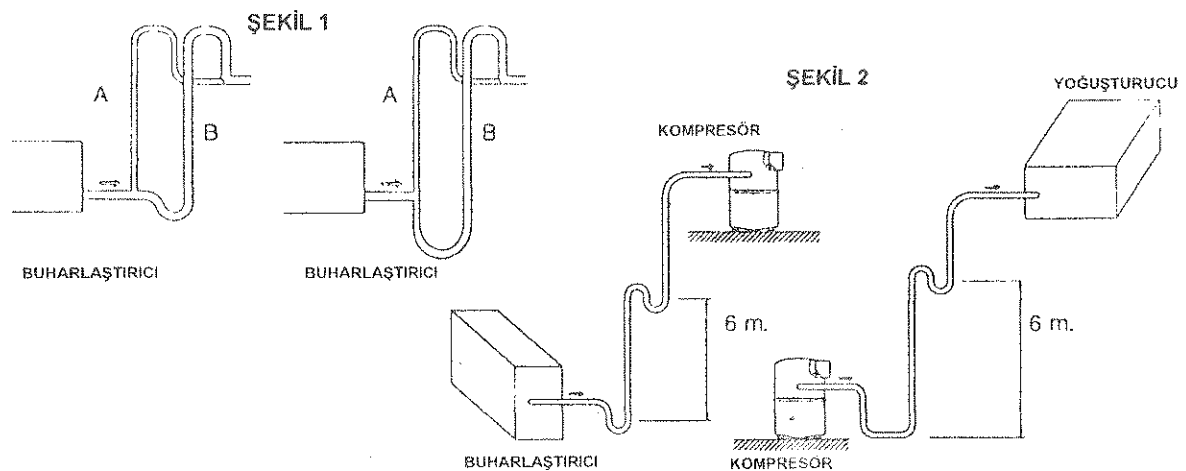
TABLO 6 : R-22 gazı için dikey emiş hatlarında yağın taşınmasını sağlayacak minimum soğutma kapasiteleri (KW)

Doymuş buhar sıcaklığı (°C)	Gaz Emiş Sıcaklığı (°C)	Bakır boru									
		Bakır boru dış çapı OD (mm)									
		12	14	16	18	22	28	35	42	54	63
-20	-15	0,287	0,447	0,646	0,885	1,508	2,867	5,087	8,213	15,748	23,703
	-5	0,273	0,425	0,614	0,841	1,433	2,724	4,834	7,804	14,963	22,522
	5	0,264	0,411	0,595	0,815	1,388	2,638	4,680	7,555	14,487	21,805
-5	0	0,389	0,605	0,874	1,198	2,041	3,879	6,883	11,112	21,306	32,070
	10	0,369	0,574	0,829	1,136	1,935	3,678	6,526	10,535	20,200	30,405
	20	0,354	0,559	0,797	1,092	1,861	3,537	6,275	10,131	19,425	28,238
5	10	0,470	0,731	1,057	1,449	2,468	4,692	8,325	13,441	25,771	38,791
	20	0,440	0,684	0,990	1,356	2,311	4,393	7,749	12,582	24,126	36,314
	30	0,422	0,666	0,949	1,301	2,217	4,213	7,476	12,069	23,141	34,831

NOT: TABLO 6' da verilmiş olan soğutma kapasiteleri 40 °C yoğuşma sıcaklıklarına göre dir. Sıvı hattı için daha farklı söz konusu soğutma kapasitesi değerleri aşağıdaki faktörler kullanılarak düzeltilmelidir.

Sıvı sıcaklığı (°C)		
30	40	50
1,08	0,91	0,82

Tesis tam yükte çalıştığı zaman emiş hattının düşey kısımlarının doğru ölçülendirilmesi, düşük basınç seviyelerinde yağın dönüşünde problemler çıkarabilir. Bu durum basınç kayıplarını yüksek olması sonucu gaz debisinin ve hızının yüksek olması nedeniyle meydana gelmektedir. Bu durumun önlenmesi için düşey hatlarda ŞEKİL 1' de gösterildiği gibi "ÇİFT YÜKSELME" uygulanabilir.



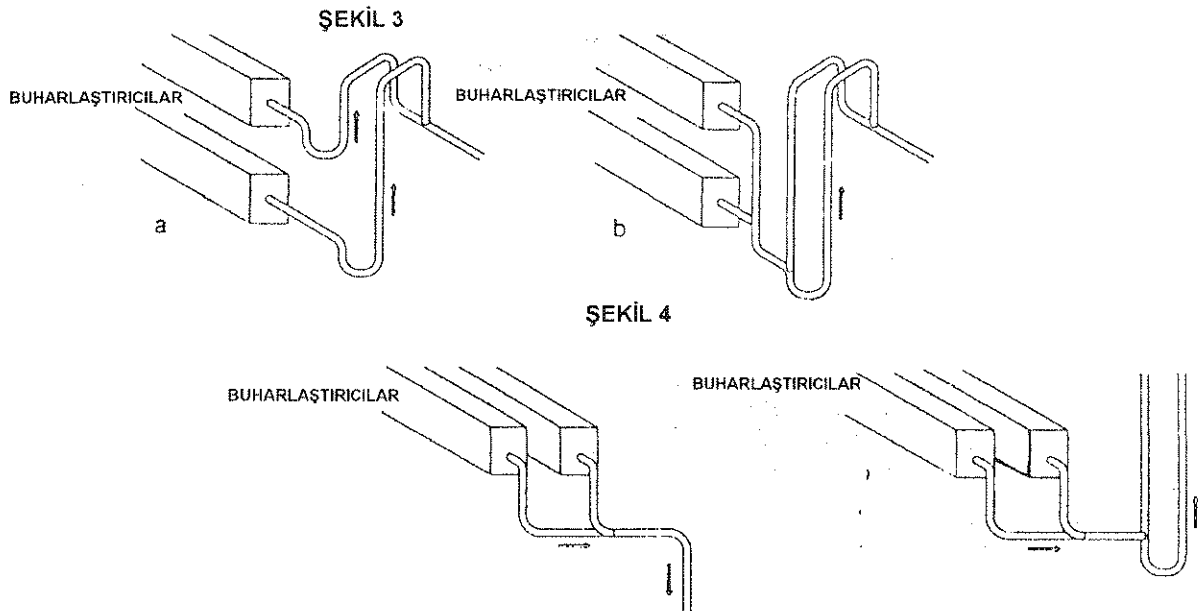
ÇİFT YÜKSELME' de çalışma prensibi şöyledir.

- 1- Hatlardan biri (A) minimum soğutma kapasinde yağın dönüşüne müsaade edecek şekilde ölçülendirilmektedir.
- 2- Diğer hat (B) iki hattın toplamı olarak (A+B) maksimum soğutma kapasitesi şartlarında (yukarıda belirtilen basınç kayıplarında) normal prosedürdeki tek bir hattan daha büyük ölçülendirilmektedir.
- 3- Her iki düşey boru arasında bir yağ toplama kapağı mevcut olup, minimum basınçta çalışma halinde buradaki dolu olan yağ (B) hattına girebilecektir. Bu yağ kapanının kapasitesi yağın fazla miktarlarını içinde tutmayacak minimal ölçülerde olmalıdır.

Burada dikkat edilmesi gereken husus bu yöntemin çok kompresörlü, orta ve yüksek basınçta çalışacak kondenser grupları için gerekli olduğudur. Genellikle kapasite azalmasının minimum % 50 ye varabildiği tek kompresörlü sistemlerde bu yöntemi kullanmaya ihtiyaç yoktur.

Basma hattının yatay kısımları, düşük gaz hızlarına bağlı olarak yağın taşınmasına müsaade edecektir. Kompresöre doğru hattın eğimli yapılması (yaklaşık % 0.5 eğimli) ağırlığın etkisi ile kompresöre yağın taşınmasını sağlayacak en iyi yöntemdir.

Soğutma devresinde paralel bağlantılı iki evaporatör var ise çalışmayan boş evaporatöre yağın dolması önlenmelidir. ŞEKİL 3a ve ŞEKİL 3b farklı seviyelerdeki iki evaporatör ile daha yüksekteki kompresör arasındaki emiş hattı bağlantısı için iki yöntemi göstermektedir. 3a durumunda her iki evaporatörden birer yağ kapanı ile yukarı doğru yükselen iki emiş hattı genel hattın üzerine yukarıdan bağlanmaktadır. Bu yağ dönüşünü önler. 3b durumunda, her iki evaporatörün çıkışının düşük seviyede olandan daha aşağı olması yağ toplanmasını önlemektedir. ŞEKİL 4 aynı seviyedeki iki evaporatör ile sırasıyla daha düşük ve daha yüksek seviyelere monte edilmiş kompresör arasındaki bağlantı şekillerini göstermektedir. Her bir evaporatör çıkışının kompresörden önce genel emiş hattına bağlanmadan alçalması yağın toplanmasını önleme yoludur.



TABLO 7 : R-22 gazı için dikey basma hatlarında yağın taşınmasını sağlayacak minimum soğutma kapasiteleri (KW)

Doymuş basma sıcaklığı	Gazın basma sıcaklığı	Bakır boru									
		Bakır boru dış çapı OD (mm)									
		12	14	16	18	22	28	35	42	54	63
30	70	0,596	0,927	1,340	1,836	3,127	5,945	10,547	17,028	32,649	49,143
	80	0,579	0,901	1,303	1,785	3,040	5,779	10,254	16,554	31,740	47,775
	90	0,565	0,878	1,270	1,740	2,964	5,635	9,998	16,140	30,948	46,582
40	80	0,618	0,960	1,389	1,903	3,242	6,163	10,934	17,653	33,847	50,946
	90	0,601	0,935	1,353	1,853	3,157	6,001	10,647	17,189	32,959	49,609
	100	0,584	0,908	1,314	1,800	3,067	5,830	10,343	16,690	32,018	48,193
50	90	0,630	0,981	1,418	1,943	3,310	6,291	11,162	18,020	34,552	52,000
	100	0,611	0,951	1,375	1,884	3,209	6,100	10,823	17,473	33,503	50,428
	110	0,595	0,926	1,339	1,834	3,125	5,941	10,540	17,016	32,627	49,109

NOT: Tablo 7'de verilmiş olan soğutma kapasiteleri -5 °C doymuş buhar sıcaklığına göre dir. Daha farklı sıcaklıklar için soğutma kapasitesi değerleri aşağıdaki faktörler kullanılarak düzeltilmelidir.

Doymuş emme sıcaklığı (°C)	
-20	+5
0,96	1,02

2.2. Basma Hattı

Basma hattının dizaynında, basınç kayıplarını azaltmak için yukarıda belirtilen ana hatlara ilaveten aşağıdaki şartların da yerine getirilmesi gerekmektedir.

- 1- Kısmi basınç şartlarında yağın toplanmasının önlenmesi.
 - 2- Kabul edilebilir uzunluktaki dışarıya montajlı hatlarda, kompresörün durması ve alçak basınçta çalışması durumunda sıvı akışkanın ve yağın kompresöre gitmesinin önlenmesi.
 - 3- Yüksek ses seviyesi ve titreşime meydan verilmemesi.
- Yağın taşınmasındaki problemler emiş hattı için bahsedilenler ile aynıdır. TABLO 8, emiş hattı için yukarıda verilmiş olan aynı yöntem ile minimum soğutma kapasitelerinde yağın taşınmasına uygun boru çaplarının tespit edilmesinde kullanılabilir.

TABLO 8 : Bakır boru özellikleri

OD (boru dış çapı) mm	Et kalınlığı mm	ID (boru iç çapı) mm	Boru dış yüzey alanı $m^2 \cdot 10^{-3}$ m	Boru iç yüzey alanı $m^2 \cdot 10^{-3}$ m	Boru kesit alanı mm^2	Ağırlığı kg/m
10	1	8	31,40	25,12	50,24	0,253
12	1	10	37,68	31,40	78,50	0,369
14	1	12	43,96	37,68	113,04	0,366
16	1	14	50,24	43,96	153,86	0,422
18	1	16	56,52	50,24	200,96	0,478
22	1	20	69,08	62,80	314,00	0,591
28	1	26	87,92	81,64	530,86	0,759
35	1	33	109,90	103,62	854,86	0,956
42	1,5	39	131,88	122,46	1193,9	1,705
54	1,5	51	169,56	160,14	2041,8	2,215
63	1,5	60	197,62	188,40	2826,0	2,585

2.3. Sıvı Hattı

Daha önce sıvı hattı üzerindeki basınç kayıplarının tesisin performansına etkisi olmadığını belirtmiştik. Bununla birlikte bu hat üzerindeki basınç kayıpları termostatik valfin fonksiyonlarının bozulmasına sebep olabilir.

Bunun önlenmesi için valfe yalnızca sıvı gelmesi sağlanmalıdır. Bu kondenserde bir aşırı soğutma ihtiyacını doğurabilir.

Klima sistemlerinde hava soğutmalı kondensig - unit kullanılması ile sıvı akışkanın sıcaklığını birkaç derece (4-6 °C) düşürerek aşırı soğutma yapmak mümkün olmaktadır ve her durumda sıvı sıcaklığı dış hava sıcaklığından daha yüksektir. Bu durumda aşırı soğutma kaybının riski yoktur. Su soğutmalı kondenserli sistemlerde ise sıvı sıcaklığı dış hava sıcaklığından daha düşük olabileceğinden aşırı soğutma kaybının risk yaratacağı bir gerçektir. Bu durumda sıvı hattı ve üzerindeki ekipmanlar ve uygun bir şekilde izole edilmelidir.

3. TERS ÇEVİRİMLİ SPLIT SİSTEM SOĞUTMA DEVRELERİNİN ÖLÇÜLENDİRİLMESİ

Akışkanın hızı, basınç kayıpları ve boru maliyetinin analiz edilmesi neticesinde emiş ve basma hatlarında genellikle farklı çaplar tespit edilmektedir.

Soğutma çevriminin ters dönmesi ile emiş ve basma fonksiyonları yer değiştireceğinden ısı pompası sistemlerin ölçülendirilmesi daha itinalı çalışmayı gerektirmektedir.

Soğutmada emiş hattı olarak çalışmakta olan hat ısıtmada basma hattı olarak çalışacaktır. Bu hat normal olarak büyük çaplı olacağından akışkan hızında azalma olur, ve bu basınç kayıpları için avantaj sağlar.

Eğer kompresör önündeki hatta bir iniş kısmı var ise yağın taşınması sağlanmalıdır. Isıtma çalışmasında emiş hattının küçük çaplı olması nedeniyle akışkan hızında ve basınç kayıplarında bir artış olacağından bu durum dikkatli değerlendirilmelidir.

4. SOĞUTMA DEVRELERİNİN DİZAYNINDA GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULACAK İLAVE NOKTALAR

Soğutma devresinde çapların ve eşdeğer boru boylarının belirlenmesi sonrası temel devre şeması çizilmeli ve tesisat uygulama detayları için kapsamlı bir çalışma yapılmalıdır. Bu kademede aşağıda verilen ilave bilgiler önemli olacaktır.

4.1. Bakır Boru Özellikleri:

Soğutma devrelerinde kullanılmakta olan bakır boru karakteristik özellikleri TABLO 8'de verilmiştir. TABLO 9'da ise TABLO 8'de verilen özelliklerdeki borular için ihtiva edecekleri gaz ve sıvı haldeki akışkan ağırlıkları verilmiştir.

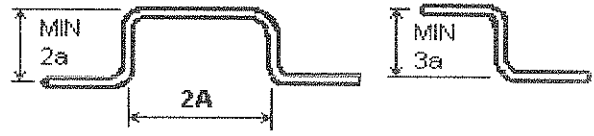
TABLO 9 : R-22 gazlı soğutma hattı ağırlığı (kg/10 m)

	10	12	14	16	18	22	28	35	42	54	63
37,8 °C'de sıvı	0,60	1,06	1,41	1,74	2,36	3,62	6,16	9,47	13,80	24,20	33,87
49 °C'de ısınmış gaz	0,030	0,058	0,074	0,090	0,126	0,200	0,320	0,520	0,73	1,26	1,88
Aşırı kızdırılmış emiş gazı 18 °C (+4,4 °C)	0,010	0,019	0,025	0,030	0,043	0,070	0,120	0,195	0,290	0,480	0,700

TABLO 10 : Bakır borunun genişmesi (mm/m)

SICAKLIK °C	-20	0	25	50	75	100	125
GENLEŞME mm/m	0	0,4	0,7	1,1	1,5	1,9	2,3

TABLO 11 : Bakır boru bağlantı elemanları arası maksimum uzunluklar

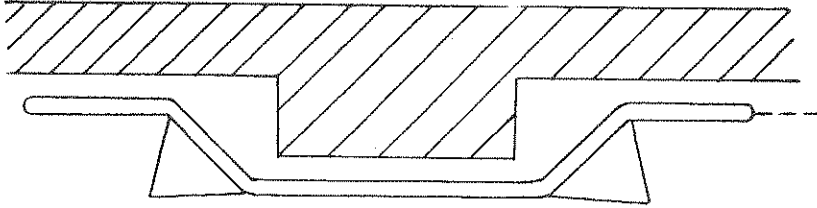


TABLO 12 : Genleşme kompensasyon elemanı ölçüleri (mm)

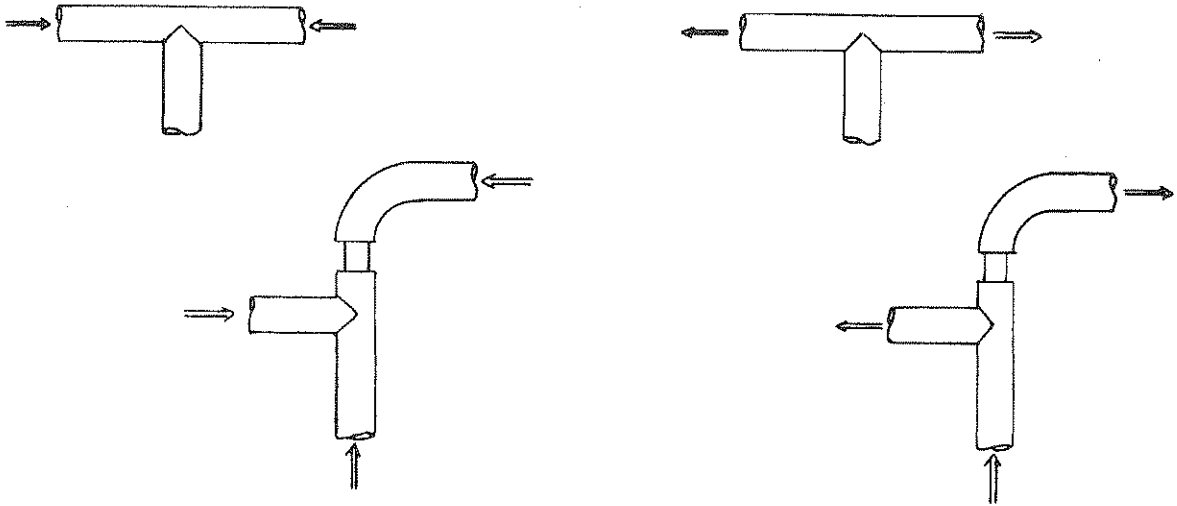
Boru dış çapı OD mm	Bağlantı noktaları arası mesafe m
14 + 18	2,0
22 + 28	2,5
35 + 54	3,0
63	3,5

Bakır boru dış çapı	A kısmının uzunluğu lineer genişlemeye göre (mm)							
	10	20	30	40	50	60	80	100
16	25	29	36	45	50	58	66	74
18	25	30	38	46	52	60	68	75
22	26	32	41	48	56	62	71	79
28	28	37	45	52	61	65	76	86
35	30	40	48	56	65	70	85	95
42	32	42	51	60	69	77	91	103
54	36	45	57	66	77	87	101	114
63	39	49	59	69	79	89	107	121

ŞEKİL 5



ŞEKİL 6



4.2. Soğutucu Akışkan Borularının İzolasyonu

Emiş Hattı:

Yoğunlaşmanın olmaması için emiş hattının mutlaka izole edilmesi gereklidir.

Sıvı Hattı:

Sıvı hattı dış hava sıcaklığının sıvı sıcaklığından daha yüksek olduğu durumlarda izole edilmelidir.

Basma Hattı:

İç kısımlarda yüksek sıcaklık, (kompresör basma sıcaklığı yaklaşık olarak 70-100°C arasındadır) istenmeyen bir yanma, kontak gibi kazaları önlemek için izolasyon yapılmalıdır.

Küçük kapasiteli sistemlerde emiş ve sıvı boruları aynı kılıf içinde izole edilmiş olarak birlikte yol izleyebilirler. (Heat pump çalışan sistemler için tavsiye edilmez.) Bu durumda kompresöre sıvı dönüşü (sıvı hattının ısınması sonucu olabilecek damlacıklar buharlaşacaktır.) Mümkün olmayacağından ve sıvıda aşırı soğutma oluşacağından sistem için önemli avantajlar sağlanır.

4.3. Borulardaki Genleşme:

TABLO 10'da basınç sıcaklık değişimlerine bağlı olarak bakır borulardaki genleşme miktarı verilmiştir. Bu termal uzama ve kısalmalar imalatçı firmanın ilgili talimatlarına da bağlı kalarak bazı özel rakorlar, U ve L parçaları kullanılarak kompanse edilebilir.

TABLO 11 genleşme ile meydana gelecek uzamayı kompanse edecek bir parçanın ölçülendirilmesini göstermektedir. Devrede kullanılacak bu parçaların her birinin basınç kayıplarına sebep olacağı gözardı edilmemelidir.

4.4. Bağlantı Elemanları:

Soğutma devresi üzerindeki bağlantı elemanları aynı hizada olmalı ve hattın ağırlığını taşıyabilmelidir. Borulardaki genleşmeye bağlantı elemanları engel olmamalıdır. Yatay kısımlar için bağlantı noktaları (askı destek noktaları) arasındaki maksimum uzaklık boru hattının ağırlığından dolayı meydana gelecek deformasyonları temel almalıdır. TABLO 12 çaplara göre bağlantı noktaları arasındaki maksimum uzaklığı göstermektedir.

4.5. Dirsek ve fittingsler:

Dirsek ve fittingsler önemli basınç kayıplarına sebep olurlar. Dirseklerin eğimini mümkün olduğu kadar geniş açılı yapmak faydalıdır. Eğer hatta önemli bir sebep yok ise ŞEKİL 5'te de görüleceği gibi 90 yerine 45 yapmak gerekir. Özel dikkat gerektiren Tee dirsekler için ŞEKİL 6'da bir takım öneriler sunulmuştur.

4.6. Ses ve Titreşim Kontrolü:

Kompleks bir durum olan ses ve titreşimin kontrolü soğutma devresi dizaynında dikkate alınmalıdır. Kompresörün basma kısmındaki vuruntuların sonucu oluşan titreşim, soğutucu akışkan ile soğutma devresine taşınmaktadır. Titreşimin kontrolü için:

- Boru hattının yorulması ve zayıflaması önlenmelidir.
- Soğutma devresinden binaya titreşimin geçmesi önlenmelidir.
- Sistemin ses seviyesi kabul edilebilir sınırlar dahilinde olmalıdır.

Soğutucu akışkan hızının minimum seviyelerde tutulması uygulanan temel yöntemdir. Sıvı hızı 0.5-1.2 m/sn arasında, ve gaz hızı ise 5-14 m/sn arasında tutulmalıdır. Bu şekilde basınç kayıplarının da belli limitler kalması sağlanır. Duvarlara soğutma devresinden titreşimin geçmesini önlemek için özellikle 50 mm ve daha yukarı çaplı hatlarda esnek bağlantı parçaları kullanılmalıdır. Kompresörün bağlantı elemanlarında meydana gelen statik hareket 15 m uzunluk için cihazdan itibaren ilk üç bağlantı elemanı ile aynı seviyededir. Boruların duvardan geçmesi gerektiğinde deliğin büyüklüğüne göre duvar ile arası izole edilmelidir. Bir odadan diğerine sesin geçip geçmesinde duvar yüzey kaplamalarının rolü büyüktür. Askıların amacı temel olarak boruların hareketine izin vermek ve duvar ile hattın rijitliğini sağlamaktır.

4.7. Titreşim Alıcı Fittingsler:

Borulardaki genleşme ve titreşimin kontrolünde esnek parçaların önemi büyüktür. Soğutma devresinin meydana getireceği stresten kompresörü korur.

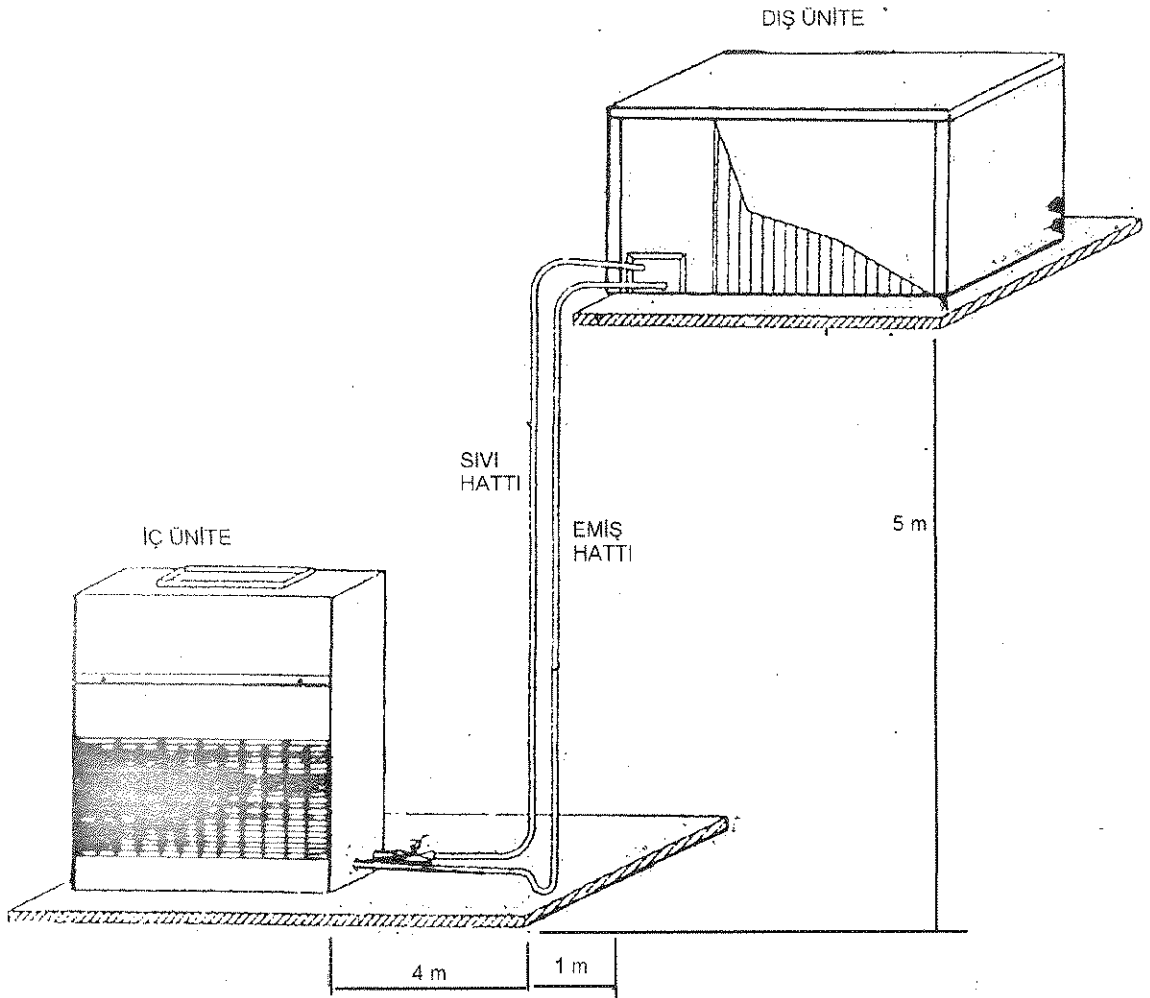
Genellikle borunun eksenine dikey hareketleri absorbe etmede esnek titreşim alıcı fittingsler kullanılır. Esnek fittingsler boru hattı çapına uygun olarak seçilirler. Sonuç olarak 90 açı ile çekilmiş tesisatta iki adet esnek fittings kullanılması faydalıdır.

5. BİR SİSTEM ÖLÇÜLENDİRME ÖRNEĞİ

Cihaz çalışma şartları:

Oda sıcaklığı	:27 °C - %50 RH
Dış hava sıcaklığı	:32 °C
Cihaz soğutma kapasitesi	:33 KW
Kompresör gücü	:9.4 KW

ŞEKİL 7' de cihaz yerleşimi ve soğutma devresi uzunlukları verilmiştir.



Emiş hattı:

TABLO 2' den 5 °C evaporasyon sıcaklığındaki (klima cihazları genellikle 1-8 °C evaporasyon sıcaklıkları arasında çalışırlar) ve cihaz soğutma kapasitesine en yakın değer olan 37.31 KW' a karşılık gelen çap 35mm olarak seçilir. Yoğuşma sıcaklığı dış hava sıcaklığının en az 15 °C üzerinde gerçekleşecektir. Yani yoğuşma sıcaklığı yaklaşık olarak 48-49 °C olacaktır. TABLO 2' nin altındaki yoğuşma düzeltme faktörü kullanılarak;

Soğutma kapasitesi (Tablo) = $(37.31 * 0.93) = 34.69$ KW elde edilir.

35 mm çapa uygun olarak ve TABLO 3 kullanılarak eşdeğer efektif boru boylarını hesaplayabiliriz. (TABLO 3' ten 35 mm çaplı bir dirseğin eşdeğer boru boyu 1m olarak görülmektedir.)

Emiş hattı toplam efektif uzunluğu:

Yatay kısımlar : (4+1) m
 Düşey kısımlar : 5 m
 4 adet dirsek : 1 m/ad.
 L_e (eff) : 4+1+5+4=14 m

$$T = 0.04 * 14 * \left(\frac{33}{34.69} \right)^{1.8} = 0.512 \text{ } ^\circ C$$

Bu kabul edilebilir limitler içinde bir basınç kaybıdır. Yağın kompresöre dönüşünün uygunluğu için TABLO 6'dan 35 mm çap için önerilen minimum soğutma kapasitesi 8.325 KW olarak görülür. Cihazın ekstremum şartlardaki minimum kapasitesi 24 KW olduğundan yağın kompresöre dönüşü rahatlıkla sağlanacaktır.

Sıvı hattı:

Yine TABLO 2' den $T=0.02$ k/m kolonundan boru çapı seçilir. $v=0.5$ m/sn hıza göre verilmiş olan kolon su soğutmalı kondenserli üniteler için kullanılmalıdır. Su soğutmalı kondenserli üniteler dehe büyük kapasiteli olup daha büyük çap gerektirirler. 37.49 KW soğutma kapasitesi için uygun olan çap 18 mm olarak görülmektedir. Bu çapa uygun olarak ve TABLO 3' ü kullanarak eşdeğer efektif boru boyunu hesaplayabiliriz.

Sıvı hattı toplam efektif uzunluğu:

Yatay kısımlar : (4+1) m
 Düşey kısımlar : 5 m
 2 adet dirsek : 0.54 m/ad.
 1 adet sol. valf : 10 m
 L_e (eff) : 4+1+5+1+10=21 m

$$T = 0.02 * 21 * \left(\frac{33}{37.49} \right)^{1.8} = 0.334 \text{ } ^\circ C$$

Bu değer kabul edilebilir limitler içinde bir basınç kaybı değeridir.

Toplam hattın soğutucu akışkan miktarının tespiti:

Emiş ve sıvı hatlarının uzunluğu (ŞEKİL 7' den) 10 m dir. TABLO 9' dan boru çaplarına göre akışkan miktarları:

Boru çapı	kg/10m
35 mm (emiş)	0.195
18 mm (emiş)	2.36

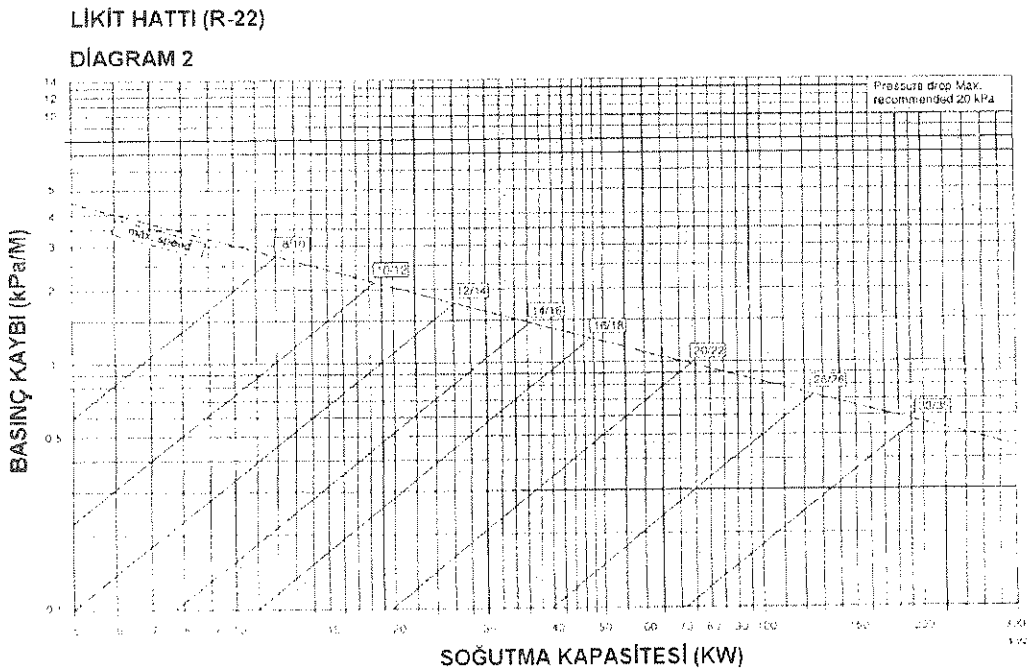
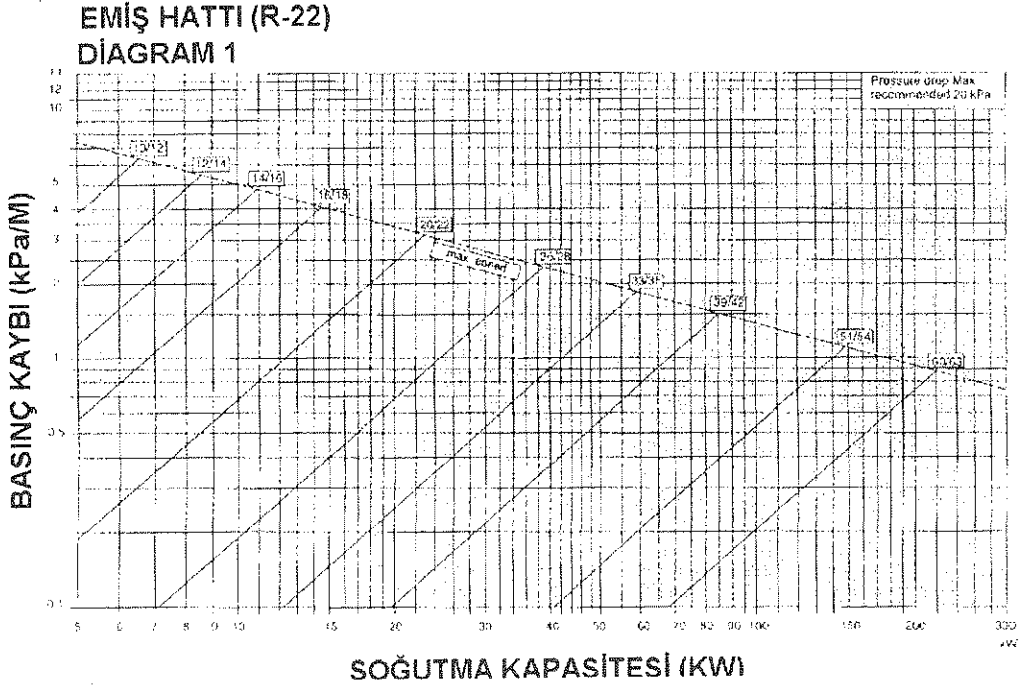
Toplam gaz miktarı : $(0.195 * 1) + (2.36 * 1) = 2.555$ kg

Cihaza ilave edilecek olan bu gaz miktarı ile birlikte yaklaşık olarak gaz miktarının %10' u (10 kg R-22 için 1kg) oranında yağ ilavesi de yapılmalıdır.

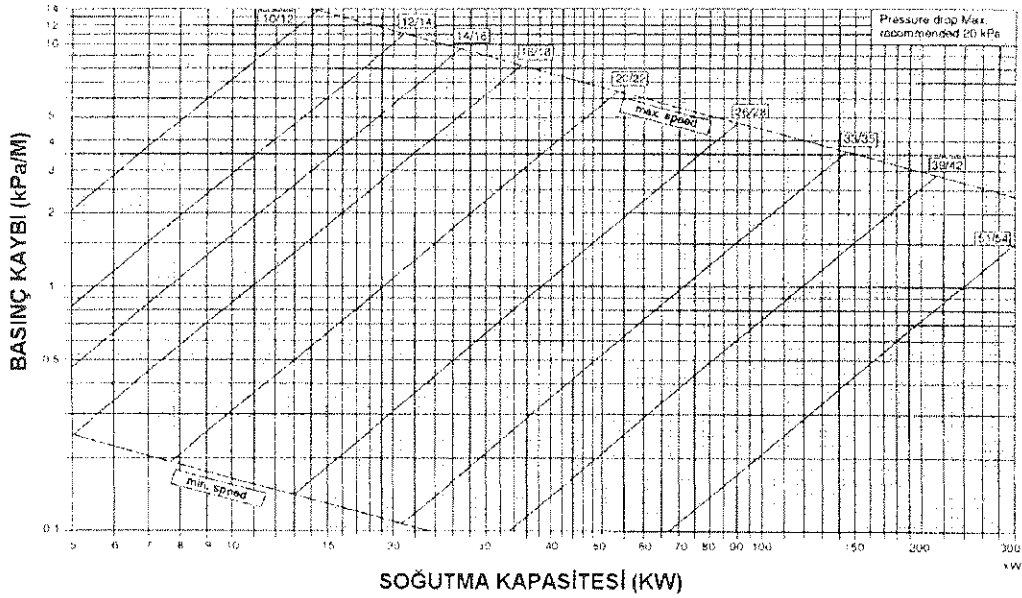
6. R-22 GAZLI SOĞUTMA DEVRELERİNİN ÖLÇÜLENDİRİLMESİNİN PRATİK METODU

Ön ölçülendirme yapılacağı veya yapılan bir ölçülendirmenin kontrol edileceği durumlarda Diyagram 1,2 ve 3' ten faydalanabiliriz. Diyagramlar her bir uzunluk için basınç katıyp değerlerini seçilmiş olan boru çapına ve soğutma kapasitesine göre vermektedir. Soğutma devreleri eşdeğer efektif boru boyları ile basınç kaybı değerinin çarpılması sonucu elde edilen toplam basınç kaybı diyagramların en üst noktalarının altında kalmalıdır.

Diyagramlardaki değerler 45 °C yoğuşma sıcaklığı ve 4 °C buharlaşma sıcaklığına göre dir.



BASMA HATTI (R-22)
DİAGRAM 3



Diagramları kullanarak ŞEKİL 8'de verilen örnek split sistem ölçülendirmesi emiş hattı için kontrol edilirse;

Diagram 1'de 33KW soğutma kapasitesi için 3 ayrı çap görülmektedir. ($\Phi 28$, $\Phi 35$, $\Phi 42$). Eğer en küçük çapı seçersek düşey kolonda basınç kaybını 1,7 kPa/m olarak görürüz. TABLO 3'ten $\Phi 28$ ' lik dirseklerin eşdeğer boru boyları 0.8 m olarak görülmektedir. Buna göre efektif boru boyu 13.2 m, toplam basınç kaybı ise 22.4 kPa' dır ve boru çapı 35 mm olarak seçilmelidir.

KAYNAKLAR

1. ASHRAE Handbook - Fundamentals (1993)
2. ASHRAE Handbook - Refrigeration Systems and Applications (1994)
3. Özkul N. (1988) - Uygulamalı Soğutma Tekniği
4. "CLIVET" ürün katalogları

ÖZGEÇMİŞ

1965 yılında Antalya' da doğmuştur. 1987 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi, Makina Mühendisliği, Termodinamik ve Enerji bölümünden mezun olmuştur. Aynı yıl klima ve soğutma konularında imalat, ithalat ve pazarlama yapmakta olan İMAS A.Ş.' inde Satış Mühendisi olarak çalışmaya başlamış, halen aynı kuruluşta Genel Müdür Yardımcısı olarak görevine devam etmektedir.