

ALTERNATİF SOĞUTUCU AKIŞKAN KULLANAN PAKET SOĞUTMA SİSTEMLERİ İÇİN BORU ÇAPLARININ BELİRLENMESİ

Hüseyin BULGURCU
Kadir İSA

ÖZET

Bilindiği gibi ülkemizde soğutma sistem tasarımı ile ilgili literatürde boru hesaplama tabloları R-12, R-22 ve R-502 gibi eski nesil soğutucu akışkanları kapsamaktadır. Halbuki bu soğutucu akışkanlar (R-22 hariç) terk edilmiş durumdadır ve yerlerine R-134a, R-404A, R-407C, R-507A, R-410A R-417A ve R-422D, R-744 gibi alternatif akışkanlar kullanılmaktadır. Soğutucu akışkanlar için boru çapları belirlenirken soğutma kapasitesi ve müsaade edilen eşdeğer sıcaklık düşmesi gibi parametreler dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada kapasiteye bağlı bazı alternatif soğutucu akışkanlar için boru çapı seçim tabloları oluşturulmuştur. Bu amaçla bu alanda mevcut güncel literatür taranmış, Solkane ve CoolPack gibi yazılımlardan faydalanılmıştır. Tek kademeli standart buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma çevriminde 6 K aşırı soğutma, 8 K kızgınlık; emme, basma ve sıvı hatlarında 0,1 bar, basınç kaybı kabulü yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alternatif soğutucu akışkanlar, boru çapı seçimi, boru hesapları

ABSTRACT

As it is well known, calculation sheets for dimensioning of refrigeration piping cover older refrigerants such as R-12, R-22 and R-502. However, these refrigerants (except for R-22) has been abandoned and replaced with R-134a, R-404A, R-407C, R-507A, R-410A R-417A and R-422D, R-744 as alternative refrigerants. When determining pipe diameter, such parameters as cooling capacity and allowable equivalent temperature drop should be taken into account. In this study, pipe diameter selection tables were constructed based on capacity of some alternative refrigerants. For this purpose, the existing literature in this area was examined and made use of softwares as CoolPack and Solkane. 6 K subcooling, 8 K superheat and pressure drop of 0.1 bar in suction, discharge and liquid lines for single-stage vapor compression mechanical refrigeration cycle were accepted .

Key Words: Alternative refrigerants, selection of pipe diameter, piping calculation.

1. GİRİŞ

Genel olarak soğutma sistemlerinde kullanılan boru malzemeleri sistemin boyutuna, uygulama alanına, kullanılan soğutucu akışkana, malzemenin fiyat ve iş gücüne bağlıdır. Soğutma sistemlerinde genelde kullanılan boru malzemesi, siyah demir, dövme çelik, bakır ve pirinçtir. Yukarıdaki malzemelerin hepsi normal soğutucu akışkan için kullanılabilir. Bakır ve pirinç istisnai durum göstererek soğutucu akışkan olarak amonyağın kullanıldığı sistemlerde kullanılmaz. Çünkü nem olması durumunda amonyak demir içermeyen metallerle reaksiyona girer.

Bakır, siyah çelik ve dövme demirle kıyaslandığında ağırlık hafif, aşınmaya karşı daha fazla direnç ve kolaylıkla şekil alabilme gibi özelliklerde üstünlük sağlar.

Amonyak hariç bütün soğutucu akışkanlarda 100 mm ye kadar olan dış çaplarda malzeme olarak bakır yada çelik kullanılır. Dış çap 100 mm den büyük olduğunda çelik kullanılmalıdır. Fakat genellikle pratikte boru dış çapı 50 mm yi aştığında çelik kullanılır. Dövme demir boruları siyah çelikten pahalı olmalarına rağmen aşınmaya karşı gösterdikleri direncin büyüklüğünden dolayı bazen siyah çeliğin yerine kullanılır.

Bakır borular sert yada yumuşak tavllanmış olarak mevcuttur. Sert çekilmiş bakır borular düz olarak 6 m uzunluğundadır. Buna karşılık yumuşak tavllanmış bakır borular, genellikle 7,5 m ve 15 m uzunluğunda paketlenmiş serpantin şeklindedir. Sadece K ve L tipleri soğutucu akışkan hatları için uygundur.

Yumuşak tavllanmış bakır borular 20 mm iç çapa kadar soğutucu akışkan hatlarında, eğilme ve bükülme gerektiğinde, havşa bağlantılarında ve soğutucu akışkan tiplerinin başka bir borunun içinden geçtiği durumlarda kullanılabilir. 20 mm den büyük çaplarda ve 20 mm altındaki çaplarda sertlik istendiğinde sert tavllanmış bakır borular kullanılabilir [1].

2. GENEL TASARIM ŞARTLARI

İyi tasarlanmış bir borulama sisteminin sonuçları; ilk yatırım maliyeti, basınç kayıpları ve sistem emniyeti arasında bir denge sağlanmasıdır. İlk yatırım maliyeti boru çaplarına ve boru tesisat projesini etkiler. Borulardaki basınç kayıplarının, sistem performansını ve kapasitesini olumsuz etkilemesinden kaçınmak için, en düşük düzeyde tutulması gerekir. Boru tesisatı sonradan bağlanan tüm sistemlerde kompresör yağı soğutma sistemine geçer ve sonra geri döner. Tam ve kısmi yük durumlarında yağın kompresöre dönebilmesi için boru hatlarında minimum hızın sağlanması gerekir. Bu şartların asgari olarak sağlanması için:

- Yatay emme ve basma hatlarında akış hızı 2,5 m/s'den düşük olmamalı
- Dikey emme ve basma hattı yükseltilerinde 5 m/s'den düşük olmamalı
- Sıvı hattındaki solenoid valflerin açılıp kapanmasında sıvı vuruntusundan korunmak için sıvı hatlarında hızın 1,5 m/s'yi aşmaması gerekir [2].

Sert çekilmiş bakır borular halokarbon soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. İklimlendirme ve soğutma (İKS) uygulamaları için K ve L tipleri uygundur. M tipi pek kullanılmaz çünkü boru cidar kalınlığı çok fazladır. Bakır boruların anma ölçüleri dış çapa göre verilir. Tipik ölçüleri 5/8", 7/8", 1-1/8" gibidir (Tablo 1).

İKS uygulamalarında kullanılacak bakır boruların nemi alınır, içlerine azot doldurulur ve giriş-çıkışları üretici firma tarafından tapa ile kapatılır (Şekil 1).



Şekil 1. İKS Alanında Kullanılan Bakır Borular

Sert çekilmiş bakır borularda bağlantıları yapmak için dirsek ve Te gibi bağlantı elemanları kullanılır. Tüm bağlantılar iyi yetişmiş bir teknisyen tarafından oksii-asetilen üfleci ile sert lehim yapılmalıdır. Bu

işlem yapılırken iç kısımlarda kurum (bakır oksit) oluşmaması için bakır boru içine bir ucu atmosfere açık şekilde hafif basınçlandırılmış azot verilmelidir. Daha önce bahsedildiği gibi soğutma hatları ilk yatırım maliyeti ve basınç kayıpları arasındaki dengeye göre seçilirken bu durumda yağlı kompresöre taşıyabilecek minimum akış hızlarını da sağlamalıdır. Basınç kayıpları hesaplanırken tüm bağlantı elemanlarının kayıpları eşdeğer düz boru uzunluğuna (metre) dönüştürülür. Daha sonra kPa veya bar değerine dönüştürülür.

Basınç Kaybı ve Sıcaklık Değişimi

Soğutucu akışkan boru içinden geçerken basınç düşmesine maruz kalır ve soğutucu akışkan doyma sıcaklığı değişir. Doyma sıcaklığı ve basıncındaki bu düşme kompresör performansını olumsuz etkiler. Uygun soğutma sistemi tasarımı ile bu düşme her hat için 1.1°C'den daha az olacak şekilde düzenlenir. Böylelikle bu sıcaklık farkına karşılık gelen kPa cinsinden basınç farkına uygun soğutma aksesuarları seçilir.

Örnek olarak 88 kW soğutma yapan bir yoğunlaşma ünitesi 7.2°C doymuş emme hattı sıcaklığındadır. 1.1°C'lik hat kaybı olduğunu kabul edersek evaporatör 7.2°C doyma sıcaklığında 88 kW soğutma yapacak şekilde boyutlandırılacaktır. Tablo–2 yaygın olarak kullanılan çeşitli soğutucu akışkanlar için basınç düşmesine karşılık basınç ve sıcaklık değişimleri karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir. Örnek olarak R–22 için 1.1°C'lik sıcaklık farkında 20.7 kPa basınç kaybı oluşmaktadır. Aynı şekilde R–410A'da 20.7 kPa'lık basınç kaybında 0.7°C'lik sıcaklık farkı oluşmaktadır.

Tablo 1. Bakır Boru Ölçüleri [3]

Nominal çap	Tip	Et kalınlığı (mm)	Çap		Dış yüzey alanı		Kesit alanı		Ağırlık (kg/m)	ASTM BS88'e göre 120 C'de çalışma bas.	
			Dış çap D _i (mm)	İç çap d (mm)	Dış yüzey (m ² /m)	İç yüzey (m ² /m)	Dış çap (mm ²)	İç çap (mm ²)		Yumuşak çekme (MPa)	Sert çekme (MPa)
12	K	1.24	12.70	10.21	0.040	0.0320	45	82	0.400	6.164	11.556
	L	0.89	12.70	10.92	0.040	0.0344	33	94	0.295	4.399	8.253
15	K	1.24	15.88	13.39	0.050	0.0421	57	141	0.512	4.930	9.246
	L	1.02	15.88	13.84	0.050	0.0436	48	151	0.424	4.027	7.543
18	K	1.24	19.05	16.56	0.060	0.0521	70	215	0.622	4.109	7.702
	L	1.07	19.05	16.92	0.060	0.0530	60	225	0.539	3.523	6.605
22	K	1.65	22.23	18.92	0.070	0.0594	106	281	0.954	4.668	8.757
	L	1.14	22.23	19.94	0.070	0.0628	75	312	0.677	3.234	6.061
28	K	1.65	28.58	25.27	0.090	0.0792	139	502	1.249	3.634	6.812
	L	1.27	28.58	26.04	0.090	0.0817	109	532	0.973	2.792	5.240
35	K	1.65	34.93	31.62	0.110	0.0994	173	785	1.543	2.972	5.571
	L	1.40	34.93	32.13	0.110	0.1009	147	811	1.316	2.517	4.716
42	K	1.83	41.28	37.62	0.130	0.1183	226	1111	2.025	2.786	5.226
	L	1.52	41.28	38.23	0.130	0.1201	190	1148	1.701	2.324	4.351
54	K	2.11	53.98	49.76	0.170	0.1564	343	1945	3.070	2.455	4.606
	L	1.78	53.98	50.42	0.170	0.1585	292	1997	2.606	2.069	3.951
67	K	2.41	66.68	61.85	0.209	0.1942	487	3004	4.35	2.275	4.268
	L	2.03	66.68	62.61	0.209	0.1966	413	3079	3.69	1.917	3.592
79	K	2.77	79.38	73.84	0.249	0.2320	666	4282	5.96	2.193	4.109
	L	2.29	79.38	74.80	0.249	0.2350	554	4395	4.95	1.813	3.392
92	K	3.05	92.08	85.98	0.289	0.2701	852	5806	7.62	2.082	3.903
	L	2.54	92.08	87.00	0.289	0.2733	714	5944	6.39	1.738	3.254
105	K	3.40	104.78	97.97	0.329	0.3078	1084	7538	9.69	2.041	3.827
	L	2.79	107.78	99.19	0.329	0.3115	895	7727	8.00	1.675	3.144
130	K	4.06	130.18	122.05	0.409	0.3834	1610	11699	14.39	1.965	3.682
	L	3.18	130.18	123.83	0.409	0.3889	1266	12042	11.32	1.531	2.875
156	K	4.88	155.58	145.82	0.489	0.4581	2309	16701	20.64	1.972	3.696
	L	3.56	155.58	148.46	0.489	0.4663	1698	17311	15.18	1.434	2.696
206	K	6.88	206.38	192.61	0.648	0.6050	4314	29137	38.56	2.096	3.930
	L	5.08	206.38	196.22	0.648	0.6163	3212	30238	28.71	1.544	2.903

Tablo 2. Basınç Kayıplarının Sıcaklık Karşılıkları

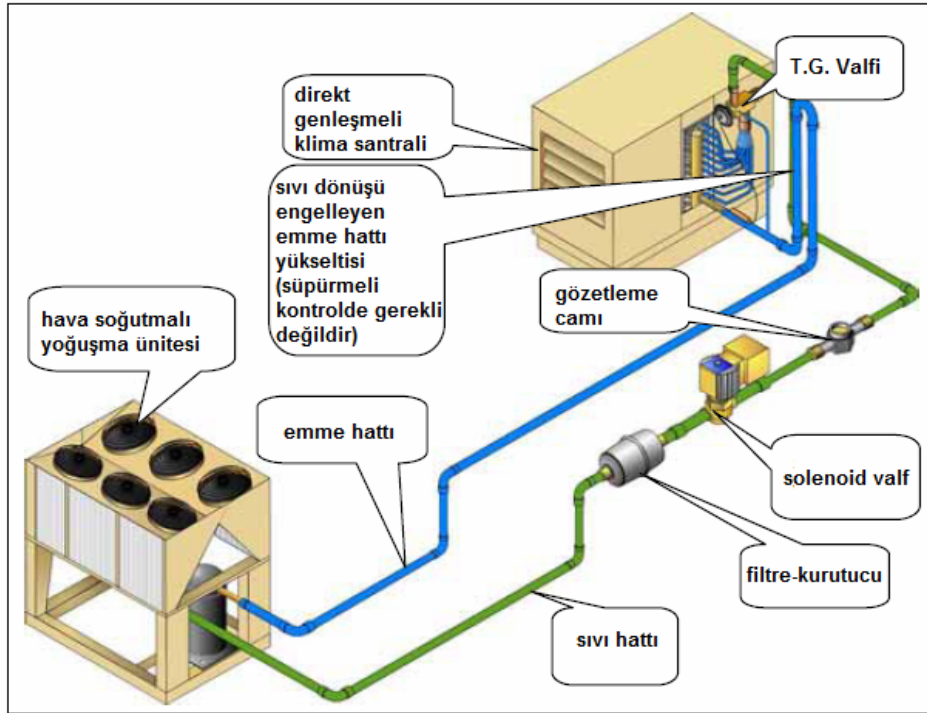
Soğutucu akışkan	Emme hattı basınç kaybı		Basma hattı basınç kaybı		Sıvı hattı basınç kaybı	
	[°C]	[kPa]	[°C]	[kPa]	[°C]	[kPa]
R-22	1,1°C	20,1	0,56	21	0,56	21
R-407C	1,1°C	20,1	0,56	22,8	0,56	24,1
R-410A	1,1°C	31,0	0,56	32,8	0,56	32,8
R-134a	1,1°C	13,3	0,56	15,2	0,56	15,2

2.1. Sıvı Hatları

Sıvı hatları kondenser ile evaporatörü bağlar ve soğutucu akışkanı TGV'ye taşır. Soğutucu akışkan sıvı hattında kaynamaya başlıyorsa basınç kaybı çok yüksek veya yükseklik farkı çok fazladır. Sıvı hattındaki basınç kaybından dolayı oluşan kaynamayı önlemenin tek yolu soğutucu akışkanı aşırı soğutmaktır.

Gerçek hat boyutu 1.1°C ila 1.7°C'den daha fazla basınç kaybı oluşturmamalıdır. Gerçek basınç kaybı (kPa) soğutucu akışkana bağlıdır.

Sıvı hatlarının aşırı büyük seçilmesi önerilmez çünkü sistemdeki soğutucu akışkan şarj miktarını artırır. Bu durum yağ şarj miktarını da etkiler.


Şekil 2. Direkt Genleşmeli Klima Santrali ve Yoğunlaşma Ünitesi

Şekil 2 kondenseri evaporatörün altında göstermektedir. Sıvı soğutucu akışkan kondenserden evaporatöre doğru çıkarıldığı için soğutucu akışkan basıncı düşecektir. Farklı soğutucu akışkanlar yüksekliğe bağlı olarak farklı basınç değişimlerine sahiptir. Tablo 3'de farklı soğutucu akışkanlara ait değerler verilmiştir. Sıvı hattındaki toplam basınç kayıpları sürtünme kayıpları ile yükseltideki sıvı soğutucu akışkan ağırlığının toplamıdır.

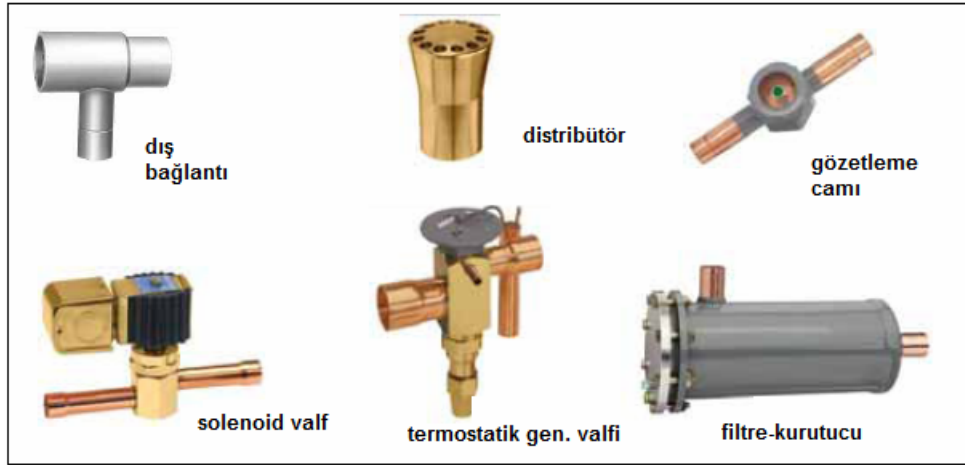
Tablo 3. Sıvı Hattındaki Yükseltelerde Soğutucu Akışkan Basınç Kayıpları

Soğutucu Akışkan	Yükseltideki Basınç Düşümü [kPa/m]
R-22	11.31
R-407C	10.63
R-410A	9.73
R-134a	11.31

Bu durumda genişleme valfinde yalnızca aşırı soğutulmuş bir soğutucu akışkan kabarcıklaşmaktan korunur. Şayet kondenser evaporatörden yukarı seviyeye yerleştirilmiş olsaydı ağırlıktan dolayı oluşan ilave basınç aşırı soğutma olmaksızın sıvı hattında kabarcıklaşmayı önleyecekti.

Genleşme valfindeki aşırı soğutma valfin doğru çalışması için çok önemlidir. Üretici firma talimatnameleri takip edilmelidir. Şayet bu mümkün değilse TGV girişinde 2.2 ila 3.3°C aşırı soğutma uygun olmaktadır.

Sıvı hatlarında çeşitli soğutma elemanları ve aksesuarları yerleştirilmektedir (Şekil 3). İzolasyon valfleri ve servis çıkışları gereklidir. Genellikle soğutucu akışkanı kondenser ve sıvı hattında toplamak için sıvı hattında izolasyon valflerinin bulunması istenmektedir.

**Şekil 3.** Soğutucu Akışkan Aksesuarları

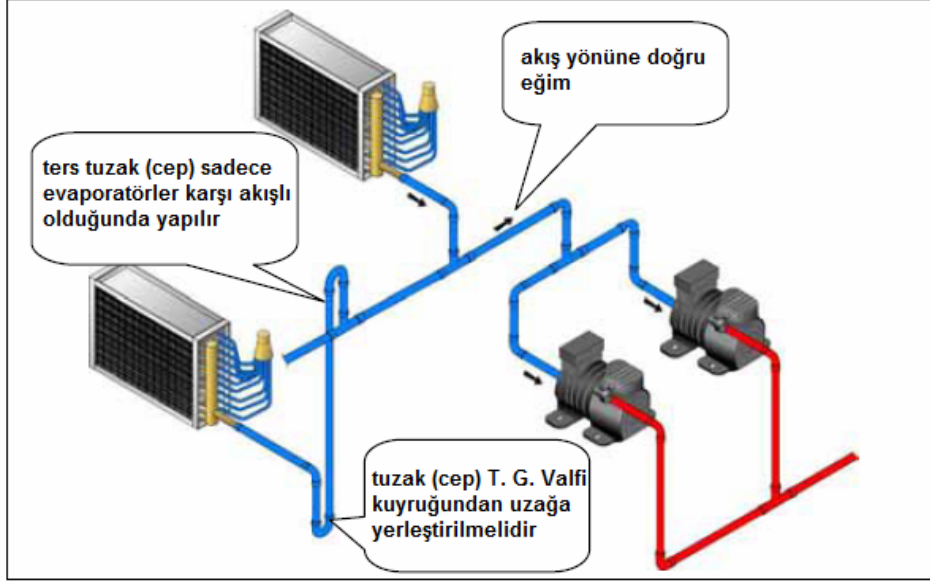
2.2 Emme Hatları

Emme hatları soğutucu akışkan buharını evaporatörden kompresör girişine taşır. Emme hattının normalden küçük seçilmesi kompresör kapasitesini düşürerek evaporatörde istenen sıcaklığın sağlandığı düşük basıncın yetersiz olmasına neden olur. Tersine boru çaplarının büyük seçilmesi ilk yatırım maliyetini artırır ve düşük akış hızı yağın kompresöre yeterli olarak geri dönmesini engeller. Bu durum özellikle emme hattı yükseltilerinin kullanıldığı durumlarda önemlidir.

Emme hatları en fazla 1.1°C ila 1.7°C arasında basınç kaybı olacak şekilde seçilmelidir. Gerçek basınç kaybı kPa olarak soğutucu akışkana bağlıdır.

Çalışırken emme hattı kızgın soğutucu akışkan ve yağ ile doludur. Yağ borunun alt kısmında, soğutucu akışkan buharı üst taraftan hareket eder. Sistem durduğunda soğutucu buharı çevre sıcaklığına bağlı olarak yoğunlaşabilir. Bu durum sistem tekrar çalıştığında kompresöre sıvı sürüklenmesine neden olur.

Yağ dönüşünü sağlamak için soğutucu akışkan hatları akış yönüne doğru (10 mm/m) eğim verilmelidir. Evaporatör bağlantılarına ayrı bir özen gösterilmelidir. Özellikle bekleme anında evaporatörde büyük miktarda yoğunlaşmış soğutucu akışkan bulunabilir. Kompresöre sıvı sürüklenmesini en aza indirmek için evaporatör emme hattından yağ cepleriyle izole edilmelidir.



Şekil 4. Uzak Mesafedeki Evaporatörler İçin Borulama Detayı

2.3 Basma Hatları

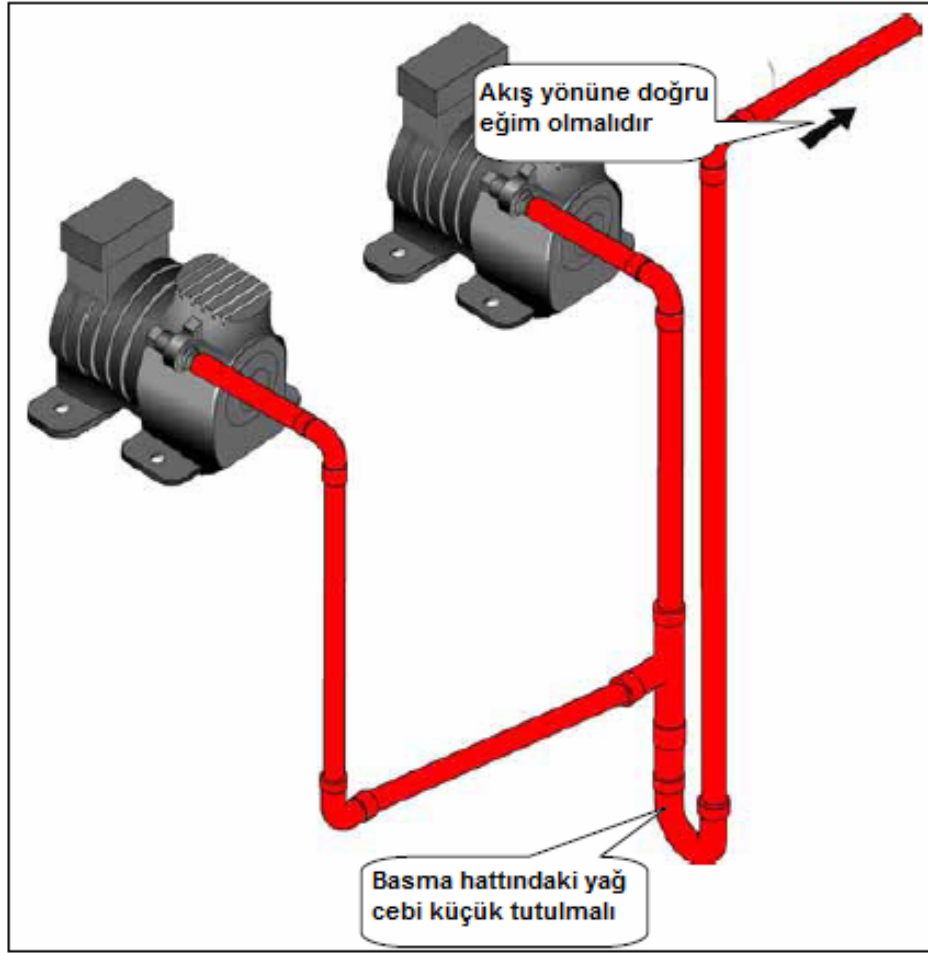
Basma gaz hatları (sıklıkla sıcak gaz hattı olarak anılır) kompresörde basılan soğutucu akışkanı kondenser girişine taşır. Düşük çaplı basma hatları kompresör basma kapasitesini azaltır ve onun işini artırır. Basma boru hattının gereğinden büyük seçilmesi ilk yatırım maliyetini artırır, yağın kompresör kafasına geri dönmesine neden olur.

Basma boru hatları en fazla 1.1°C ila 1.7°C arasında basınç kaybı olacak şekilde seçilmelidir. Gerçek basınç kaybı kPa olarak soğutucu akışkana bağlıdır.

2.3.1 Basma Hattı Borulama Detayları

Basma hatları hem soğutucu akışkan buharını hem de yağı taşır. Bekleme (durma) konumunda soğutucu akışkan yoğunlaşacağından boru hattı kompresöre sıvı dönmeyecek şekilde tasarlanması gerekir. Yükseltelerin alt kısmına yerleştirilen yağ tuzakları sayesinde bekleme anında yağın kompresöre geri gelemeyip burada toplanması sağlanır. Uygun boyutlandırılmış yükseltelerde ara yağ cepleri gereksizdir ve basınç kayıplarını artırır. Basma hatları kondensere doğru 10.4 mm/m eğimde yapılmalıdır (Şekil 5).

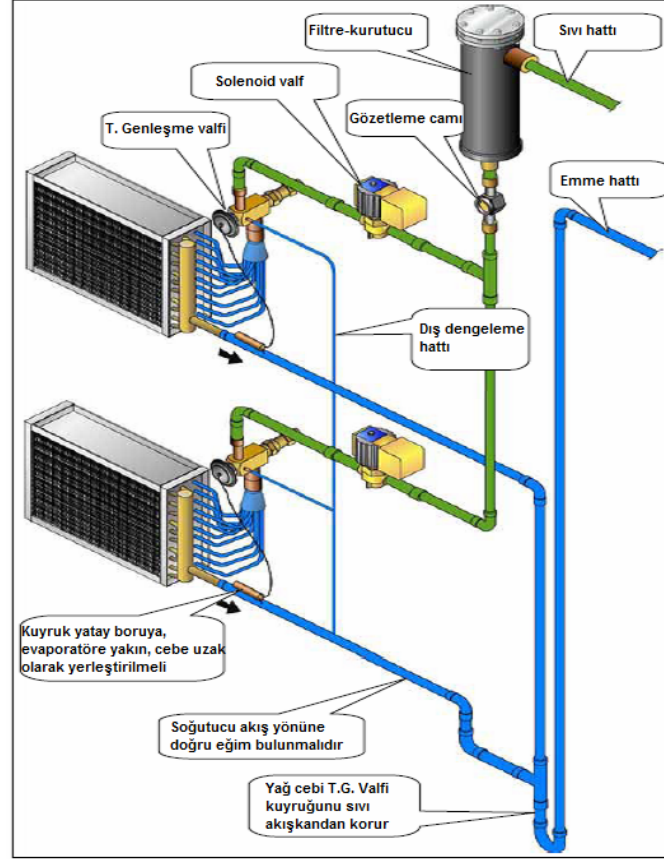
Herhangi bir durumda kondenser kompresörden yükseğe yerleştirilirse kondenser girişine çek valf konularak durma anında kompresöre sıvı dönmesi engellenmiş olur. Bazı durumlarda basma hattına yerleştirilen susturucunun yağın kompresöre dönüşünü engellemesi için yatay ve akış yönüne doğru eğimli olarak kompresöre yakın yerleştirilmesi gerekir.



Şekil 5. Basma Hattı Borulama Detayları

2.3.1.1. Çoklu Evaporatör Bağlantıları

Birçok iklimlendirme uygulamalarında bir soğutma devresine tek bir evaporatör bağlanırken çoklu evaporatörlerde bağlanabilmektedir. Şekil 6 tek bir yoğunlaşma ünitesine iki adet doğrudan genişmeli (DX) evaporatör bağlantısını göstermektedir. Her evaporatör kendi solenoid ve termostatik genişleme valfine sahiptir. Her dağıtıcı için ayrı bir termostatik valf bulunmalıdır. Bireysel solenoid valfler her bir evaporatörün bağımsız çalışmasına (kapasite kontrolü) olanak verir. Tek bir solenoid valfle her iki evaporatör de birlikte bağlanabilir. Bu durumda her iki evaporatör de aynı anda çalışacaktır.



Şekil 6. Bir Soğutma Sisteminde Çoklu Evaporatör Uygulaması

3. SOĞUTUCU AKIŞKAN HATLARININ BOYUTLANDIRILMASI

3.1 Soğutucu akışkan kapasite tabloları

Yaygın olarak kullanılan soğutucu akışkanların boru boyutları Ek 1'den Ek 5'e kadar verilmiştir. Bu tablolarda emme, basma ve sıvı hatları verilmiştir. Emme ve basma hatları için veriler 0.28, 0.56 ve 1.7°C doymuş emme hattı sıcaklık değişimine (basınç kaybına) göre verilmiştir. Sıvı hatları ise 0.56°C doyma sıcaklık değişimi için verilmiştir.

Tablo verileri 40°C yoğunlaşma sıcaklıklarına göre verilmiş olup (su soğutmalı gruplara uygun olarak) diğer hava soğutmalı kondenserler (50° ve 55°C için) için düzeltme katsayıları verilmiştir. Tablolar aynı zamanda 30.5 m eşdeğer uzunluğa göre verilmiş olup gerçek basınç kaybı ile nasıl hesap yapılacağı dipnotlarda açıklanmıştır.

3.2 Soğutma Hatları İçin Eşdeğer Boru Boyları

Soğutma hatlarında her bir bağlantı elemanı için ayrı ayrı hesaplama yapmak bazen işleri zorlaştırır. Bu durumda her bir bağlantı elemanının eşdeğer düz boru boyu olarak hesaba katılması daha pratiklik kazandırır. Tablo 4 ve Tablo 5'de eşdeğer boru boylarının hesaplanması için gerekli bilgi verilmiştir. Gerçek boru boyu hesaplandıktan sonra her bir bağlantı elemanının eşdeğer uzunluğu toplam değere eklenir. Örnek olarak 7/8" bakır dirseğin eşdeğer boru boyu 0.43 m'dir.

3.3 Alternatif Soğutucu Akışkanlar İçin Kapasiteye Bağlı Boru Çaplarının Belirlenmesi

Özellikle Türkçe soğutma tasarım kitaplarında halâ R-12, R-22 ve R-502 gibi soğutucu akışkanlara ait boru çapı seçim tabloları bulunmaktadır. Güncel yabancı literatür taranacak olursa şu an alternatif olarak sunulan R-404A, R-410A ve R-407C gibi bazı soğutucu akışkanlara ait boru seçim tablolarının bulunduğu görülecektir. Ancak R-417A, R-422D, R-507A ve R-744 (CO₂) gibi bazı alternatif soğutucu akışkanların tabloları henüz literatüre girmemiştir.

Bu çalışmada kapasiteye bağlı bazı alternatif soğutucu akışkanlar için boru çapı seçim tabloları oluşturulmuştur. Bu amaçla bu alanda mevcut güncel literatür taranmış, Solkane ve CoolPack gibi yazılımlardan faydalanılmıştır. Yoğunlaşma sıcaklığı 45 °C kabul edilmiş, buharlaşma sıcaklığı olarak -20°C, -10°C, 0°C ve +5°C sıcaklıkları için boru çapları hesabı yapılmıştır. Tek kademeli standart soğutma çevriminde 6 K aşırı soğutma, 8 K kızgınlık; emme, basma ve sıvı hatlarında 0,1 bar (10 kPa) basınç kaybı kabulü yapılmıştır. Daha farklı yoğunlaşma sıcaklıkları için çarpım değerleri verilmiştir.

Tablo 4. Bağlantı Elemanları İçin Eşdeğer Boru Boyları (metre) [7]

Nominal çap	Düz dirsekler						Düz T bağlantılar			
	90° Std	90° Uzun radyüs	90° köşeli	45° Std	45° köşeli	180° Std	Te kol akışı	Düz hat akışı		
								Çap düşümü yok	%25 düşük çap	%50 düşük çap
12	0.4	0.3	0.7	0.2	0.3	0.7	0.8	0.3	0.4	0.4
15	0.5	0.3	0.8	0.2	0.4	0.8	0.9	0.3	0.4	0.5
22	0.6	0.4	1.0	0.3	0.5	1.0	1.2	0.4	0.6	0.6
28	0.8	0.5	1.2	0.4	0.6	1.2	1.5	0.5	0.7	0.8
35	1.0	0.7	1.7	0.5	0.9	1.7	2.1	0.7	0.9	1.0
42	1.2	0.8	1.9	0.6	1.0	1.9	2.4	0.8	1.1	1.2
54	1.5	1.0	2.5	0.8	1.4	2.5	3.0	1.0	1.4	1.5
67	1.8	1.2	3.0	1.0	1.6	3.0	3.7	1.2	1.7	1.8
79	2.3	1.5	3.7	1.2	2.0	3.7	4.6	1.5	2.1	2.3
90	2.7	1.8	4.6	1.4	2.2	4.6	5.5	1.8	2.4	2.7
105	3.0	2.0	5.2	1.6	2.6	5.2	6.4	2.0	2.7	3.0
130	4.0	2.5	6.4	2.0	3.4	6.4	7.6	2.5	3.7	4.0
156	4.9	3.0	7.6	2.4	4.0	7.6	9	3.0	4.3	4.9
206	6.1	4.0	-	3.0	-	10	12	4.0	5.5	6.1
257	7.6	4.9	-	4.0	-	13	15	4.9	7.0	7.6
300	9.1	5.8	-	4.9	-	15	18	5.8	7.9	9.1

Tablo 5. Valfler ve Boru Aksesuarları İçin Eşdeğer Boru Boyları (metre) [7]

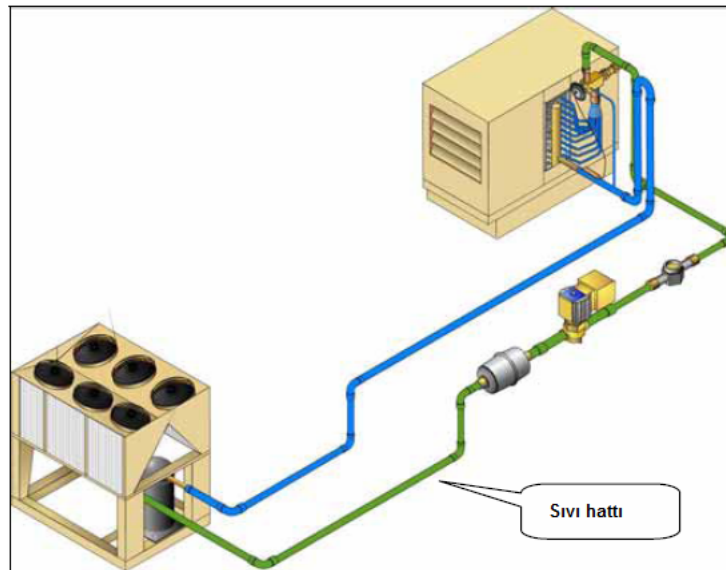
Nominal çap	Küresel ve solenoid valf	60° Y valf	45° Y valf	eğik valf	kapama valfi	çek valf	gözet. camı	filtre-kurutucu	emme filtresi
12	5.2	2.4	1.8	1.8	0.2	1.5			
15	5.5	2.7	2.1	2.1	0.2	1.8			
22	6.7	3.4	2.1	2.1	0.3	2.2			
28	8.8	4.6	3.7	3.7	0.3	3.0			
35	12	6.1	4.6	4.6	0.5	4.3			
42	13	7.3	5.5	5.5	0.5	4.9			
54	17	9.1	7.3	7.3	0.73	6.1			
67	21	11	8.8	8.8	0.9	7.6			
79	26	13	11	11	1.0	9.1			
90	30	15	13	13	1.2	10			
105	37	18	14	14	1.4	12			
130	43	22	18	18	1.8	15			
156	52	27	21	21	2.1	18			
206	62	35	26	26	2.7	24			
257	85	44	32	32	3.7	30			
300	98	50	40	40	4.0	37			

3.3 Sıvı Hattı Boru Çaplarının Hesaplanması

Verilenler:

- Soğutucu akışkan tipi: R-410A
- Boru malzemesi: Bakır boru (L tipi)
- Evaporatör buharlaşma sıcaklığı: 4.4 °C
- Kondenser yoğunlaşma sıcaklığı: 48.9 °C
- Soğutma kapasitesi: 211 kW
- Evaporatör kondenserden 6.1 m yüksektedir.

1. Adım: Eşdeğer Boru Boyunun Hesaplanması:



Şekil 7. Boru Çapı Hesaplanacak Direkt Genleşmeli Klima Santrali ve Dış Ünitesi

Sıvı hattı aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır:

- Bakır boru boyu: 6.7 m
- 7 adet uzun radyüslü dirsek
- 1 adet filtre-kurutucu
- 1 adet gözetleme camı
- 1 adet solenoid valf

Bu bağlantı elemanları (aksesuar) için Tablo 4 ve Tablo 5 yardımıyla eşdeğer boru boyları bulunur:

ELEMAN	ADEDİ	BOYU	TOPLAM
Uzun radyüslü dirsek	7	0.7 m	4.90 m
Filtre-kurutucu	1	10.70 m	10.70 m
Gözetleme camı	1	0.76 m	0.76 m
Solenoid valf	1	11.58 m	11.58 m
Düz boru	1	6.7 m	6.70 m
TOPLAM			34.64 m

2. Adım: Boru Çapının Hesaplanması:

211 kW soğutma kapasitesi ve R-410A sıvı hattı için Tablo 7 incelendiğinde 299.6 kW soğutma kapasitesine uygun 35 mm boru çapı seçilir. Tablo şartlarının tasarım şartlarından farklı olduğuna dikkat edin.

3. Adım: Gerçek Sıcaklık Farkının Hesaplanması:

Gerçek sıcaklık farkı Tablo 7'nin altındaki notlar bölümünün 4. maddesinde şu formülle verilmiştir:

$$\Delta t_{gerçek} = Tablo \Delta t \left(\frac{Gerçek L_e}{Tablo L_e} \times \frac{Gerçek kapasite}{Tablo kapasitesi} \right)^{1.8}$$

$$\Delta t_{gerçek} = 2 \left(\frac{34.64}{30.48} \times \frac{211}{299.6} \right)^{1.8} = 1.34^{\circ}C$$

4. Adım: Gerçek Boru Basınç Kaybının Bulunması:

Tablo 8'e göre 100 feet (30.48 m) standart eşdeğer boy için 1179 Pa/m basınç kaybı mevcuttur. Gerçek eşdeğer boru boyu için:

$$\Delta P_{gerçek} = \Delta P_{tablo} \left(\frac{\Delta T_{gerçek}}{\Delta T_{tablo}} \right) = 1179 \left(\frac{1.34}{2} \right) = 790 Pa / m$$

5. Adım: Toplam Basınç Kaybının Hesaplanması:

Toplam basınç kaybını hesaplamak için Tablo 3'ten R-410A için yükseltelerde 9.73 kPa/m değeri alınır. Mevcut yükseklik farkının 6.1 m olduğu bilindiğine göre:

$$\Delta P_{yükselti} = Yükselti boyu \left(\frac{\Delta P_{soğutma akışık}}{m} \right) = 6.1 \left(\frac{9.73}{m} \right) = 59.35 kPa$$

Toplam Basınç Kaybı= Gerçek basınç kaybı + Yükselti basınç kaybı

Toplam Basınç Kaybı= 0.79 +59.35 =60.14 kPa

6. Adım: Termostatik Genleşme Valfi Girişinde Doyma Basıncının Belirlenmesi:

R-410A için yoğunlaşma sıcaklığındaki doyma basıncı; $t_d=48.9^{\circ}\text{C}$ için $P_y=29.86$ bar bulunur.

Doyma Basıncı(TGV girişinde) =Kondenser doyma basıncı – toplam basınç düşümü

Doyma Basıncı(TGV girişinde)= 29860 kPa – 60.14 =29799.86 kPa bulunur.

7. Adım: Termostatik Genleşme Valfi Girişinde Doyma Sıcaklığının Bulunması:

Valf girişindeki basınç 29.799 bar için $t_d=48.8^{\circ}\text{C}$ bulunur.

8. Adım: Termostatik Genleşme Valfi Girişi İçin Aşırı Soğutmanın Bulunması:

Aşırı soğutma=Geçek doyma sıcaklığı – valf girişindeki doyma sıcaklığı

Aşırı soğutma= $48.9^{\circ}\text{C} - 48.8^{\circ}\text{C} = 0.1^{\circ}\text{C}$

9. Adım: Uygun çalışma için gerekli aşırı soğutmanın bulunması:

0.1°C aşırı soğutma miktarı sıvı hattı için yetersizdir. Her an termostatik valf girişinde kabarcıklanma başlayıp valfin çalışmasını olumsuz etkileyebilir. Bundan dolayı ilave aşırı soğutma yapmak 2.2°C ilave aşırı soğutma yapmak gerekir.

Gerekli aşırı soğutma = Termostatik valf girişindeki aşırı soğutma +Minimum sistem sıcaklığı

Gerekli aşırı soğutma = $0.1+2.2 = 2.3^{\circ}\text{C}$ bulunur.

Tablo 6. R-134a İçin Boru Hattı Kapasiteleri (kW) [8]

doyma bas	Emme Hattı									Basma hattı			Sıvı hattı	
	0°C			5°C			10°C			-10°C	0°C	10°C	hız = 0.5 m/s	0.02
ΔT (K/m)	0.04	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02		
Δp (Pa/m)	425	212	106	487	243	121	555	278	136	538	538	538		538
Dış çap (mm)														
12	0.92	0.63	0.43	1.11	0.76	0.51	1.33	0.91	0.62	1.69	1.77	1.84	6.51	8.50
15	1.76	1.20	0.82	2.12	1.45	0.99	2.54	1.74	1.19	3.23	3.37	3.51	10.6	16.30
18	3.60	2.09	1.43	3.69	2.53	1.72	4.42	3.03	2.07	5.61	5.85	6.09	16.0	28.40
22	5.40	3.69	2.52	6.50	4.46	3.04	7.77	5.34	3.66	9.87	10.3	10.7	24.5	50.1
28	10.7	7.31	5.01	12.8	8.81	6.02	15.3	10.6	7.24	19.5	20.3	21.1	41.0	99.5
35	19.5	13.4	9.21	23.5	16.2	11.1	28.1	19.4	13.3	35.6	37.2	38.7	64.9	183.0
42	32.4	22.3	15.3	39.0	26.9	18.4	46.5	32.1	22.1	59.0	61.6	64.1	95.2	304.0
54	64.4	44.4	30.5	77.3	53.4	36.7	92.2	63.8	44.0	117.0	122.0	127.0	160.0	605.0
67	115.0	79.0	54.4	138.0	95.0	65.4	164.0	113.0	78.3	208.0	217.0	226.0	248.0	1080.0
79	177.0	122.0	84.3	213.0	147.0	101.0	253.0	176.0	122.0	321.0	335.0	349.0	346.0	1670.0
105	379.0	262.0	181.0	454.0	315.0	217.0	541.0	375.0	260.0	686.0	715.0	744.0	618.0	3580.0

NOT: Tablo 6 $+40^{\circ}\text{C}$ yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Farklı yoğunlaşma sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki düzeltme faktörleri ile çarpılmalıdır:

Yoğunlaşma sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Emme hattı	Basma hattı
20	1.239	0.682
30	1.120	0.856
50	0.888	1.110

NOTLAR:

1. Δp = basınç düşümü [Pa/m]
2. Δt = doyma sıcaklığına karşılık sıcaklık düşmesi [K/m]
3. Farklı doyma sıcaklık farkları ve eşdeğer boru boyları için hat kapasitesi şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Hat kapasitesi} = \text{Tablo kapasitesi} \left(\frac{\text{Tablo } L_e}{\text{Gerçek } L_e} \times \frac{\text{Gerçek kapasite}}{\text{Tablo kapasitesi}} \right)^{0.55}$$

4. Farklı kapasiteler ve eşdeğer boru boyları için gerçek sıcaklık farkı şu şekilde hesaplanır:

$$\Delta t = \text{Tablo } \Delta t \left(\frac{\text{Gerçek } L_e}{\text{Tablo } L_e} \times \frac{\text{Gerçek kapasite}}{\text{Tablo kapasitesi}} \right)^{1.8}$$

Tablo 7. R-410A için Boru Hattı Kapasiteleri (kW) [8]

doyma sı.	Emme hattı									Basma hattı			Sıvı hattı	
	-20°C			-5°C			5°C			-20°C	-5°C	5°C	Hız= 0.5 m/s	2
ΔT (K/m)	0.04	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02		
Δp (Pa/m)	599.1	299.6	149.8	894.2	447.1	223.6	1137.6	568.8	284.4	1172.1	1172.1	1172.1		
Dış çap (mm)														
12	1.20	0.82	0.56	2.05	1.40	0.96	2.83	1.94	1.32	3.84	4.00	4.07	6.2	14.3
15	2.29	1.57	1.07	3.90	2.68	1.83	5.37	3.69	2.53	7.31	7.60	7.75	10.1	27.2
18	3.98	2.73	1.86	6.76	4.65	3.19	9.30	6.41	4.39	12.67	13.16	13.42	15.4	47.3
22	7.00	4.81	3.28	11.89	8.19	5.61	16.32	11.26	7.74	22.20	23.08	23.53	23.5	83.0
28	13.82	9.51	6.51	23.43	16.15	11.09	32.11	22.19	15.28	43.70	45.42	46.31	39.3	163.7
35	25.33	17.44	11.95	42.82	29.56	20.38	58.75	40.66	27.99	79.84	82.98	84.62	62.2	299.6
42	42.00	28.92	19.88	70.89	49.03	33.75	97.02	67.28	46.41	131.87	137.06	139.76	91.3	495.7
54	83.26	57.48	39.55	140.29	97.22	67.10	191.84	133.10	92.11	260.80	271.06	276.39	153.7	982.0
67	147.94	102.34	70.53	249.16	172.78	119.50	340.33	236.73	163.91	462.73	480.93	490.40	238.2	1746.4
79	229.02	158.27	109.33	384.65	267.04	184.82	525.59	365.38	253.23	713.37	741.44	756.03	332.2	2695.2
105	488.64	338.41	234.20	820.20	569.83	395.31	1119.32	778.82	541.15	1519.45	1579.22	1610.30	592.9	5744.4

Not: Tablo 7 +40°C yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Farklı yoğunlaşma sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki düzeltme faktörleri ile çarpılmalıdır:

Yoğunlaşma sıcaklığı (°C)	Emme hattı	Basma hattı
20	1.238	0.657
30	1.122	0.866
50	0.867	1.117

NOTLAR:

1. Δp = basınç düşümü [Pa/m]
2. Δt = doyma sıcaklığına karşılık sıcaklık düşmesi [K/m]
3. Farklı doyma sıcaklık farkları ve eşdeğer boru boyları için hat kapasitesi şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Hat kapasitesi} = \text{Tablo kapasitesi} \left(\frac{\text{Tablo } L_e}{\text{Gerçek } L_e} \times \frac{\text{Gerçek kapasite}}{\text{Tablo kapasitesi}} \right)^{0.55}$$

4. Farklı kapasiteler ve eşdeğer boru boyları için gerçek sıcaklık farkı şu şekilde hesaplanır:

$$\Delta t = Tablo \Delta t \left(\frac{Gerçek L_e}{Tablo L_e} \times \frac{Gerçek kapasite}{Tablo kapasitesi} \right)^{1.8}$$

Tablo 8. R-407C İçin Boru Hattı Kapasiteleri (kW) [8]

doyma sı.	Emme hattı									Basma hattı			Sıvı hattı	
	-20°C			-5°C			5°C			-20°C	-5°C	5°C	hız= 0.5 m/s	2
ΔT (K/m)	0.04	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02		
Δp (Pa/m)	358.5	179.3	89.6	561.9	281	140.5	734.3	367.1	183.6	799.8	799.8	799.8		854.9
Dış çap (mm)														
12	0.65	0.44	0.30	1.19	0.81	0.55	1.72	1.17	0.80	2.47	2.61	2.70	6.5	11.7
15	1.24	0.85	0.58	2.28	1.56	1.06	3.27	2.24	1.53	4.71	4.98	5.15	10.5	22.3
18	2.17	1.48	1.00	3.96	2.71	1.85	5.67	3.89	2.66	8.16	8.63	8.91	16.0	38.8
22	3.82	2.61	1.78	6.97	4.78	3.26	9.98	6.86	4.70	14.34	15.16	15.67	24.5	68.2
28	7.56	5.17	3.53	13.76	9.45	6.47	19.66	13.54	9.29	28.24	29.85	30.84	40.9	134.8
35	13.90	9.52	6.51	25.18	17.36	11.9	35.97	24.8	17.06	51.69	54.65	56.47	64.7	247.2
42	23.04	15.82	10.84	41.76	28.75	19.76	59.52	41.12	28.32	85.46	90.34	93.35	94.9	409.8
54	45.84	31.50	21.63	82.78	57.14	39.32	117.94	81.62	56.27	169.13	178.79	184.76	159.7	813.2
67	81.59	56.25	38.59	147.33	101.74	70.12	209.38	145.23	100.33	300.43	317.59	328.18	247.6	1446.8
79	126.37	87.17	59.91	227.71	157.62	108.68	323.76	224.39	155.40	463.81	490.30	506.66	345.2	2239.0
105	270.09	186.59	128.63	485.80	337.06	232.78	690.10	479.50	332.20	987.20	1043.58	1078.40	616.2	4783.9

Not: Tablo 8 +40°C yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Farklı yoğunlaşma sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki düzeltme faktörleri ile çarpılmalıdır:

Yoğunlaşma sıcaklığı (°C)	Emme hattı	Basma hattı
20	1.202	0.605
30	1.103	0.845
50	0.891	1.133

NOTLAR:

1. Δp = basınç düşümü [Pa/m]
2. Δt = doyma sıcaklığına karşılık sıcaklık düşmesi [K/m]
3. Farklı doyma sıcaklık farkları ve eşdeğer boru boyları için hat kapasitesi şu şekilde hesaplanır:

$$Hat\ kapasitesi = Tablo\ kapasitesi \left(\frac{Tablo\ L_e}{Gerçek\ L_e} \times \frac{Gerçek\ kapasite}{Tablo\ kapasitesi} \right)^{0.55}$$

4. Farklı kapasiteler ve eşdeğer boru boyları için gerçek sıcaklık farkı şu şekilde hesaplanır:

$$\Delta t = Tablo \Delta t \left(\frac{Gerçek L_e}{Tablo L_e} \times \frac{Gerçek kapasite}{Tablo kapasitesi} \right)^{1.8}$$

Tablo 9. R-134a Emme Hattı Yükselteleri İçin Minimum Kapasite (kW) [8]

Doymuş emme hattı sıcaklığı (°C)	Emme hattı gaz sıcak. (°C)	Boru dış çapı (mm)											
		12	15	18	22	28	35	42	54	67	79	105	130
-10	-35	0.274	0.502	0.844	1.437	2.732	4.848	7.826	15.006	25.957	39.340	81.164	140.509
	-25	0.245	0.450	0.756	1.287	2.447	4.342	7.010	13.440	23.248	35.235	72.695	125.847
	-15	0.238	0.436	0.732	1.247	2.370	4.206	6.790	13.019	22.519	31.129	70.414	121.898
-5	-15	0.296	0.543	0.913	1.555	2.956	5.244	8.467	16.234	28.081	42.559	87.806	152.006
	-5	0.273	0.500	0.840	1.431	2.720	4.827	7.792	14.941	25.843	39.168	80.809	139.894
	5	0.264	0.484	0.813	1.386	2.634	4.674	7.546	14.468	25.026	37.929	78.254	135.471
5	0	0.357	0.655	1.100	1.874	3.562	6.321	10.204	19.565	33.843	51.292	105.823	183.197
	10	0.335	0.615	1.033	1.761	3.347	5.938	9.856	18.380	31.792	48.184	99.412	172.098
	20	0.317	0.582	0.978	1.667	3.168	5.621	9.075	17.401	30.099	45.617	94.115	162.929
10	10	0.393	0.721	1.211	2.063	3.921	6.957	11.232	21.535	37.250	56.456	116.479	201.643
	20	0.370	0.679	1.141	1.944	3.695	6.555	10.583	20.291	35.098	53.195	109.749	189.993
	30	0.358	0.657	1.104	1.881	3.576	6.345	10.243	19.640	33.971	51.486	106.224	183.891

Not: Tablo değerleri +40°C yoğunlaşma sıcaklığı için verilmiştir. Farklı sıvı hattı sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki düzeltme değerleri ile çarpılmalıdır:

Sıvı hattı sıcaklığı (°C)		
20	30	50
1.2	1.10	0.89

Tablo 10. R-134a Basma Hattı Yükselteleri İçin Minimum Kapasite (kW) [8]

Basma hattı doyma sıcak. (°C)	Basma hattı gaz sıcaklığı (°C)	Boru dış çapı (mm)											
		12	15	18	22	28	35	42	54	67	79	105	130
20	60	0.469	0.860	1.445	2.462	4.681	8.305	13.408	25.709	44.469	67.396	139.050	240.718
	70	0.441	0.808	1.358	2.314	4.399	7.805	12.600	24.159	41.788	63.334	130.668	226.207
	80	0.431	0.790	1.327	2.261	4.298	7.626	12.311	23.605	40.830	61.881	127.671	221.020
30	70	0.493	0.904	1.519	2.587	4.918	8.726	14.087	27.011	46.722	70.812	145.096	252.916
	80	0.463	0.849	1.426	2.430	4.260	8.196	13.232	25.371	43.885	66.512	137.225	237.560
	90	0.452	0.829	1.393	2.374	4.513	8.007	13.232	24.785	42.870	64.974	134.052	232.066
40	80	0.507	0.930	1.563	2.662	5.061	8.979	14.496	27.794	48.075	72.863	150.328	260.242
	90	0.477	0.874	1.469	2.502	4.756	8.439	13.624	26.122	45.184	68.480	141.285	244.588
	100	0.465	0.852	1.432	2.439	4.637	8.227	13.281	25.466	44.048	66.759	137.735	238.443
50	90	0.510	0.936	1.573	2.679	5.093	9.037	14.589	27.973	48.385	73.332	151.296	261.918
	100	0.479	0.878	1.476	2.514	4.779	8.480	13.690	26.248	45.402	68.811	141.696	248.577
	110	0.467	0.857	1.441	2.454	4.665	8.278	13.364	25.624	44.322	67.173	138.590	239.921

Not: Tablodaki soğutma kapasiteleri -5°C buharlaşma sıcaklığına göre temellenmiştir. Farklı buharlaşma sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki değerleri ile çarpılmalıdır:

Sıvı hattı sıcaklığı (°C)		
0	5	10
1.02	1.04	1.06

Tablo 11. R-410A Emme Hattı Yükselteleri İçin Minimum Kapasite (kW) [8]

Emme hattı doyma sic. (°C)	Emme hattı gaz sic. (°C)	Boru dış çapı (mm)											
		12	15	18	22	28	35	42	54	67	79	92	105
-17	-12	0.586	1.113	1.905	2.93	5.86	10.26	16.1	33.70	60.36	93.8	140.6	196.3
-7	-12	0.674	1.275	2.344	3.37	6.89	12.0	18.8	38.97	68.86	108.4	161.2	225.6
5	-12	0.747	1.406	2.403	3.75	7.62	13.19	21.1	43.66	76.18	123.1	181.7	252.0

Tablodaki soğutma kapasiteleri 32°C sıvı hattı sıcaklığına göre temellenmiştir. Farklı sıvı hattı sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki değerleri ile çarpılmalıdır:

Sıvı hattı sıcaklığı (C)						
27	32	38	43	49	54	60
1.05	1.00	0.94	0.90	0.83	0.77	0.72

Tablo 12. R-410A Basma Hattı Yükselteleri İçin Minimum Kapasite (kW) [8]

Emme hattı doyma sic. (°C)	Emme hattı gaz sic. (°C)	Boru dış çapı (mm)											
		12	15	18	22	28	35	42	54	67	79	92	105
27	60	1.160	2.15	3.727	5.590	11.2	19.5	30.8	48.5	85.79	136.8	203.2	287.3
38	71	1.195	2.21	3.839	5.758	11.6	20.1	31.7	49.9	88.36	140.9	209.3	295.9
49	82	1.231	2.28	3.954	5.931	11.9	20.7	32.6	51.4	91.02	145.1	215.6	304.8

Not: Tablodaki soğutma kapasiteleri 4°C emme hattı sıcaklığına ve 10°C kızgınlık değerine göre temellenmiştir. Farklı emme hattı sıcaklıkları ve kızgınlık değerleri için kapasite değerleri aşağıdaki değerleri ile çarpılmalıdır:

Emme hattı doyma sıcaklığı (°C)			
-18	-7	4	16
0.90	0.94	1.00	1.06

Tablo 13. R-407C Emme Hattı Yükseltileri İçin Minimum Kapasite (kW) [8]

Emme hattı doyma sic. (°C)	Emme hattı gaz sic. (°C)	Boru dış çapı (mm)											
		12	15	18	22	28	35	42	54	67	79	92	105
-17	-12	0.447	0.850	1.450	2.26	4.60	8.06	12.6	26.07	46.00	73.25	108.4	152.4
-7	-12	0.527	0.996	1.699	2.67	5.42	9.38	14.94	30.77	54.21	86.44	128.9	178.7
5	-12	0.601	1.143	1.934	3.05	6.15	10.8	16.99	35.16	61.53	97.86	146.5	205.1

Not: Tablodaki soğutma kapasiteleri 32°C sıvı hattı sıcaklığına göre temellenmiştir. Farklı sıvı hattı sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki değerleri ile çarpılmalıdır:

Sıvı hattı sıcaklığı (°C)						
27	32	38	43	49	54	60
1.05	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.74

Tablo 14. R-407C Basma Hattı Yükseltileri İçin Minimum Kapasite (kW) [8]

Emme hattı doyma sic. (°C)	Emme hattı gaz sic. (°C)	Boru dış çapı (mm)											
		12	15	18	22	28	35	42	54	67	79	92	105
27	60	1.020	1.87	3.210	4.887	9.81	17.1	26.9	42.54	74.89	119.6	178.3	251.0
38	71	1.050	1.92	3.306	5.034	10.1	17.6	27.8	43.82	77.14	123.1	183.7	258.6
49	82	1.082	1.98	3.406	5.185	10.4	18.1	28.6	45.14	79.45	126.8	189.1	266.3

Not: Tablodaki soğutma kapasiteleri 4°C emme hattı sıcaklığına ve 10 C kızgınlık değerine göre temellenmiştir. Farklı emme hattı sıcaklıkları ve kızgınlık değerleri için kapasite değerleri aşağıdaki değerleri ile çarpılmalıdır:

Emme hattı doyma sıcaklığı (°C)			
-18	-7	4	16
0.96	0.98	1.00	1.02

Tablo 14. R-134a için Boru İç Çapları ($T_c=45^\circ\text{C}$)

Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T_e [$^\circ\text{C}$]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]	Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T_e [$^\circ\text{C}$]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]
0.5	5	7,51	4,98	3,35	30	5	35,00	23,34	15,29
	0	8,05	5,03	3,38		0	37,53	23,56	15,40
	-10	9,35	5,14	3,43		-10	43,53	24,05	15,65
	-20	11,01	5,25	3,49		-20	51,19	24,59	15,91
1	5	9,72	6,46	4,32	40	5	39,04	26,04	17,03
	0	10,43	6,52	4,36		0	41,85	26,29	17,16
	-10	12,11	6,66	4,42		-10	48,54	26,83	17,43
	-20	14,25	6,81	4,50		-20	57,08	27,43	17,73
2	5	12,60	8,38	5,58	50	5	42,49	28,34	18,52
	0	13,52	8,46	5,62		0	45,55	28,62	18,61
	-10	15,69	8,64	5,71		-10	52,82	29,21	18,95
	-20	18,47	8,83	5,81		-20	62,11	29,86	19,28
4	5	16,35	10,88	7,21	60	5	45,54	30,38	19,83
	0	17,54	10,99	7,27		0	48,81	30,67	19,98
	-10	20,35	11,21	7,38		-10	56,61	31,30	20,30
	-20	23,95	11,46	7,51		-20	66,56	32,01	20,64
6	5	19,05	12,68	8,39	70	5	48,28	32,22	21,01
	0	20,43	12,80	8,45		0	51,76	32,53	21,17
	-10	23,71	13,07	8,58		-10	60,02	33,20	21,51
	-20	27,89	13,36	8,73		-20	70,56	33,94	21,87
8	5	21,23	14,14	9,33	80	5	50,80	33,90	22,09
	0	22,77	14,28	9,40		0	54,45	34,23	22,26
	-10	26,42	14,57	9,55		-10	63,14	34,93	22,61
	-20	31,08	14,90	9,71		-20	74,23	35,72	23,00
10	5	23,10	15,39	10,14	90	5	53,13	35,46	23,09
	0	24,77	15,53	10,22		0	56,94	35,80	23,27
	-10	28,74	15,85	10,38		-10	66,03	36,54	23,64
	-20	33,81	16,21	10,55		-20	77,63	37,36	24,04
15	5	26,92	17,94	11,80	100	5	55,30	36,91	24,03
	0	28,87	18,11	11,89		0	59,27	37,27	24,21
	-10	33,49	18,49	12,07		-10	68,73	38,03	24,60
	-20	39,39	18,90	12,28		-20	80,79	38,89	25,02
20	5	30,02	20,01	13,14	120	5	59,27	39,57	25,73
	0	32,18	20,20	13,23		0	63,53	39,95	25,93
	-10	37,33	20,62	13,44		-10	73,66	40,77	26,34
	-20	43,91	21,08	13,67		-20	86,59	41,69	26,80
25	5	32,67	21,78	14,28	150	5	64,53	43,09	27,99
	0	35,02	21,99	14,39		0	69,17	43,50	28,20
	-10	40,62	22,44	14,62		-10	80,19	44,40	28,66
	-20	47,78	22,94	14,86		-20	94,26	45,40	29,15

Not: Tablo 14 $+45^\circ\text{C}$ yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Farklı yoğunlaşma sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki düzeltme faktörleri ile çarpılmalıdır:

Yoğunlaşma sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)	Emme hattı	Basma hattı
30	1.180	0.762
50	0.944	1.055

Tablo 15. R-404A İçin Boru İç Çapları ($T_c=45^\circ\text{C}$)

Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T_e [$^\circ\text{C}$]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]	Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T_e [$^\circ\text{C}$]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]
0.5	5	6,35	4,39	3,38	30	5	29,76	20,66	15,58
	0	6,76	4,44	3,41		0	31,70	20,88	15,72
	-10	7,74	4,54	3,47		-10	36,25	21,36	16,01
	-20	8,97	4,66	3,54		-20	41,95	21,90	16,34
1	5	8,23	5,70	4,37	40	5	33,20	23,05	17,37
	0	8,77	5,76	4,41		0	35,37	23,09	17,52
	-10	10,04	5,89	4,49		-10	40,44	23,83	17,84
	-20	11,62	6,04	4,48		-20	46,79	24,44	18,21
2	5	10,68	7,40	5,65	50	5	36,15	25,10	18,90
	0	11,38	7,48	5,70		0	38,50	25,36	19,06
	-10	13,02	7,65	5,81		-10	44,02	25,95	19,41
	-20	15,08	7,84	5,92		-20	50,93	26,61	19,81
4	5	13,87	9,61	7,32	60	5	38,75	26,91	20,24
	0	14,78	9,71	7,38		0	41,27	27,19	20,41
	-10	16,90	9,94	7,52		-10	47,19	27,82	20,80
	-20	19,57	10,19	7,67		-20	54,59	28,53	21,22
6	5	16,16	11,21	8,52	70	5	41,09	28,54	21,46
	0	17,22	11,33	8,59		0	43,77	28,84	21,64
	-10	19,70	11,59	8,75		-10	50,04	29,50	22,04
	-20	22,81	11,88	8,93		-20	57,89	30,26	22,50
8	5	18,02	12,50	9,49	80	5	43,24	30,03	22,57
	0	19,20	12,53	9,57		0	46,05	30,35	22,76
	-10	21,96	12,92	9,74		-10	52,65	31,05	23,18
	-20	25,42	13,25	9,94		-20	60,91	31,84	23,66
10	5	19,61	13,60	10,31	90	5	45,23	31,41	23,59
	0	20,89	13,75	10,40		0	48,17	31,75	23,80
	-10	23,90	14,06	10,59		-10	55,07	32,48	24,24
	-20	27,66	14,42	10,81		-20	63,70	33,31	24,74
15	5	22,87	15,87	12,01	100	5	47,07	32,71	24,55
	0	24,36	16,04	12,11		0	50,15	33,05	24,76
	-10	27,87	16,40	12,33		-10	57,33	33,81	25,23
	-20	32,25	16,82	12,59		-20	66,31	34,68	25,75
20	5	25,51	17,70	13,38	120	5	50,48	35,07	26,31
	0	27,18	17,89	13,49		0	53,76	35,44	26,53
	-10	31,08	18,30	13,74		-10	61,45	36,25	27,03
	-20	35,97	18,77	14,03		-20	71,09	37,18	25,59
25	5	27,77	19,27	14,55	150	5	54,97	38,19	28,63
	0	29,58	19,47	14,67		0	58,54	38,60	28,87
	-10	33,82	19,92	14,95		-10	66,92	39,49	29,41
	-20	39,14	20,43	15,25		-20	77,40	40,50	30,02

Not: Tablo 15 $+45^\circ\text{C}$ yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Farklı yoğunlaşma sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki düzeltme faktörleri ile çarpılmalıdır:

Yoğunlaşma sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)	Emme hattı	Basma hattı
30	1.165	0.82
50	0.955	1.055

Tablo 16. R-407C İçin Boru İç Çapları ($T_c=45^\circ\text{C}$)

Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T_e [$^\circ\text{C}$]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]	Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T_e [$^\circ\text{C}$]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]
0.5	5	6,26	4,24	2,96	30	5	29,23	19,88	13,52
	0	6,69	4,28	2,97		0	31,22	20,06	13,60
	-10	7,70	4,37	3,01		-10	35,91	20,45	13,77
	-20	8,99	4,46	3,05		-20	41,84	20,88	13,95
1	5	8,11	5,50	3,81	40	5	32,61	22,18	15,07
	0	8,67	5,55	3,84		0	34,82	22,38	15,15
	-10	9,98	5,66	3,88		-10	40,05	22,81	15,34
	-20	11,64	5,78	3,93		-20	46,66	23,29	15,55
2	5	10,52	7,14	4,93	50	5	35,67	24,14	16,38
	0	11,24	7,20	4,95		0	37,90	24,36	16,48
	-10	12,93	7,34	5,02		-10	43,59	24,83	16,68
	-20	15,08	7,50	5,08		-20	50,78	25,36	16,91
4	5	13,65	9,27	6,37	60	5	38,04	25,88	17,55
	0	14,58	9,35	6,41		0	40,62	26,11	17,65
	-10	16,78	9,53	6,49		-10	46,71	26,62	17,87
	-20	19,57	9,73	6,57		-20	54,42	27,18	18,11
6	5	15,90	10,80	7,41	70	5	40,34	27,44	18,60
	0	16,99	10,90	7,45		0	43,07	27,69	18,70
	-10	19,55	11,11	7,54		-10	49,53	28,23	18,94
	-20	22,79	11,35	7,64		-20	57,70	28,82	19,19
8	5	17,73	12,04	8,25	80	5	42,44	28,88	19,56
	0	18,93	12,15	8,29		0	45,32	29,14	19,67
	-10	21,79	12,39	8,40		-10	52,11	29,70	19,91
	-20	25,40	12,65	8,51		-20	60,70	30,33	20,18
10	5	19,28	13,10	8,96	90	5	44,49	30,20	20,44
	0	20,60	13,22	9,01		0	47,39	30,47	20,56
	-10	23,70	13,48	9,13		-10	54,49	31,07	20,82
	-20	27,63	13,76	9,25		-20	63,48	31,72	21,10
15	5	22,48	15,28	10,43	100	5	45,20	31,44	21,27
	0	24,01	15,42	10,49		0	49,33	31,72	21,40
	-10	27,62	15,72	10,62		-10	56,72	32,34	21,66
	-20	32,19	16,05	10,76		-20	66,07	33,02	21,96
20	5	25,07	17,04	11,62	120	5	49,53	33,71	22,79
	0	26,77	17,19	11,68		0	52,88	34,01	22,92
	-10	30,80	17,53	11,83		-10	60,80	34,67	23,20
	-20	35,89	17,90	11,99		-20	70,81	35,40	23,52
25	5	27,28	18,55	12,63	150	5	53,92	36,71	24,79
	0	29,13	18,71	12,70		0	57,57	37,04	24,93
	-10	33,51	19,08	12,86		-10	66,19	37,75	25,24
	-20	39,05	19,48	13,03		-20	77,09	38,55	25,59

Not: Tablo 16 $+45^\circ\text{C}$ yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Farklı yoğunlaşma sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki düzeltme faktörleri ile çarpılmalıdır:

Yoğunlaşma sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)	Emme hattı	Basma hattı
30	1.152	0.767
50	0.945	1.066

Tablo 17. R-410A İçin Boru İç Çapları ($T_c=45^\circ\text{C}$)

Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T_e [$^\circ\text{C}$]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]	Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T_e [$^\circ\text{C}$]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]
0.5	5	5,28	3,73	2,79	30	5	24,69	17,50	12,86
	0	5,60	3,76	2,80		0	26,18	17,65	12,91
	-10	6,35	3,83	2,83		-10	29,66	17,97	13,02
	-20	7,28	3,91	2,86		-20	33,98	18,32	13,15
1	5	6,84	4,84	3,61	40	5	27,54	19,52	14,33
	0	7,25	4,88	3,62		0	29,21	19,69	14,38
	-10	8,23	4,97	3,65		-10	33,08	20,04	14,51
	-20	9,43	5,07	3,69		-20	37,90	20,44	14,65
2	5	8,87	6,28	4,67	50	5	29,98	21,26	15,59
	0	9,41	6,33	4,69		0	31,79	21,43	15,64
	-10	10,67	6,45	4,73		-10	36,01	21,82	15,78
	-20	12,23	6,58	4,77		-20	41,25	22,26	15,94
4	5	11,52	8,15	6,04	60	5	32,14	22,78	16,70
	0	12,21	8,22	6,06		0	34,08	22,98	16,76
	-10	13,84	8,37	6,12		-10	38,60	23,39	16,91
	-20	15,87	8,54	6,18		-20	44,21	23,86	17,08
6	5	13,42	9,50	7,03	70	5	34,08	24,16	17,70
	0	14,23	9,58	7,06		0	36,14	24,37	17,76
	-10	16,13	9,76	7,13		-10	40,93	24,81	17,92
	-20	18,49	9,95	7,19		-20	46,87	25,30	18,10
8	5	14,96	10,60	7,83	80	5	35,86	25,43	18,61
	0	15,87	10,69	7,86		0	38,02	25,64	18,68
	-10	17,98	10,88	7,92		-10	43,06	26,10	18,85
	-20	20,61	11,10	8,00		-20	49,32	26,62	19,04
10	5	16,28	11,53	8,51	90	5	37,51	26,60	19,46
	0	17,26	11,63	8,54		0	39,77	26,82	19,53
	-10	19,56	11,84	8,62		-10	45,04	27,30	19,70
	-20	22,42	12,08	8,70		-20	51,58	27,84	19,90
15	5	18,98	13,45	9,91	100	5	39,04	27,69	20,25
	0	20,13	13,56	9,94		0	41,40	27,92	20,33
	-10	22,81	13,81	10,03		-10	46,38	28,42	20,51
	-20	26,13	14,08	10,13		-20	53,69	28,99	20,71
20	5	21,17	15,00	11,04	120	5	41,86	29,68	21,70
	0	22,45	15,13	11,08		0	44,38	29,93	21,78
	-10	25,43	15,40	11,18		-10	50,25	30,47	21,97
	-20	29,14	15,71	11,29		-20	57,55	31,08	22,19
25	5	23,04	16,33	12,00	150	5	45,58	32,33	23,61
	0	24,43	16,46	12,05		0	48,32	32,60	23,70
	-10	27,68	16,76	12,15		-10	54,72	33,18	23,91
	-20	31,71	17,10	12,28		-20	62,65	33,84	24,15

Not: Tablo 17 $+45^\circ\text{C}$ yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Farklı yoğunlaşma sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki düzeltme faktörleri ile çarpılmalıdır:

Yoğunlaşma sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)	Emme hattı	Basma hattı
30	1.174	0.81
50	0.933	1.059

Tablo 18. R-422D İçin Boru İç Çapları ($T_c=45^\circ\text{C}$)

Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T_e [$^\circ\text{C}$]	Emme hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]	Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T_e [$^\circ\text{C}$]	Emme hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]
0.5	5	4,23	2,86	2,00	30	5	33,53	22,80	15,51
	0	4,50	2,88	2,00		0	35,71	22,95	15,56
	-10	5,19	2,94	2,03		-10	41,20	23,46	15,80
	-20	6,07	3,01	2,06		-20	47,98	23,94	16,00
1	5	6,02	4,08	2,83	40	5	38,75	26,35	17,91
	0	6,41	4,10	2,84		0	41,30	26,54	17,97
	-10	7,40	4,20	2,88		-10	47,62	27,12	18,24
	-20	8,64	4,29	2,92		-20	55,42	27,66	18,47
2	5	8,53	5,79	4,00	50	5	43,61	29,52	20,03
	0	9,10	5,83	4,01		0	46,20	29,69	20,09
	-10	9,67	5,95	4,07		-10	53,28	30,35	20,39
	-20	12,25	6,09	4,13		-20	62,01	30,96	20,65
4	5	12,12	8,23	5,66	60	5	47,55	32,35	21,94
	0	12,91	8,28	5,68		0	50,65	32,55	22,01
	-10	14,89	8,45	5,76		-10	58,39	33,27	22,34
	-20	17,39	8,64	5,84		-20	68,00	33,96	22,63
6	5	14,89	10,11	6,94	70	5	51,40	34,96	23,70
	0	15,87	10,19	6,96		0	54,74	35,19	23,77
	-10	18,30	10,40	7,06		-10	63,10	35,96	24,13
	-20	21,32	10,62	7,15		-20	73,48	36,70	24,44
8	5	17,21	11,68	8,01	80	5	54,98	37,41	25,34
	0	18,33	11,76	8,03		0	58,56	37,65	25,42
	-10	21,14	12,02	8,15		-10	67,52	38,48	25,80
	-20	24,65	12,27	8,26		-20	78,59	39,27	26,13
10	5	19,25	13,08	8,95	90	5	58,48	39,70	26,87
	0	20,53	13,17	8,98		0	62,14	39,95	26,96
	-10	23,67	13,46	9,12		-10	71,60	40,82	27,36
	-20	27,57	13,73	9,23		-20	83,36	41,65	27,71
15	5	23,64	16,07	10,97	100	5	60,20	41,87	28,33
	0	25,17	16,16	11,00		0	65,51	42,12	28,42
	-10	29,05	16,53	11,17		-10	75,52	43,06	28,84
	-20	33,83	16,87	11,31		-20	87,88	43,92	29,21
20	5	27,33	18,57	12,67	120	5	67,43	45,89	31,03
	0	29,13	18,70	12,71		0	71,82	46,19	31,13
	-10	33,58	19,11	12,90		-10	82,81	47,22	31,60
	-20	39,09	19,49	13,06		-20	96,34	48,16	32,00
25	5	30,58	20,79	14,16	150	5	75,47	51,38	34,70
	0	32,59	20,93	14,21		0	80,36	51,70	34,80
	-10	37,57	21,39	14,42		-10	92,65	52,84	35,33
	-20	43,75	21,82	14,60		-20	107,78	53,90	35,78

Not: Tablo 18 $+45^\circ\text{C}$ yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Farklı yoğunlaşma sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki düzeltme faktörleri ile çarpılmalıdır:

Yoğunlaşma sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)	Emme hattı	Basma hattı
30	1.172	0.810
50	0.963	1.065

Tablo 19. R-507A İçin Boru İç Çapları ($T_c=45^\circ\text{C}$)

Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T_e [$^\circ\text{C}$]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]	Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T_e [$^\circ\text{C}$]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]
0.5	5	6,33	4,39	3,41	30	5	29,70	20,65	15,73
	0	6,75	4,44	3,44		0	31,63	20,87	15,86
	-10	7,72	4,54	3,51		-10	36,14	21,36	16,17
	-20	8,93	4,66	3,58		-20	41,79	21,92	16,51
1	5	8,21	5,70	4,41	40	5	33,14	23,04	17,53
	0	8,75	5,76	4,45		0	35,29	23,29	17,68
	-10	10,00	5,82	4,53		-10	40,32	23,84	18,02
	-20	11,57	6,04	4,62		-20	46,61	24,46	18,40
2	5	10,65	7,40	5,70	50	5	36,08	25,09	19,07
	0	11,35	7,47	5,75		0	38,41	25,36	19,24
	-10	12,98	7,65	5,86		-10	43,89	25,96	19,61
	-20	15,02	7,85	5,98		-20	50,74	26,63	20,02
4	5	13,84	9,61	7,38	60	5	38,67	26,90	20,43
	0	14,74	9,71	7,45		0	41,18	27,19	20,61
	-10	16,85	9,94	7,59		-10	47,05	27,83	21,00
	-20	19,49	10,20	7,75		-20	54,39	28,55	21,45
6	5	16,13	11,20	8,59	70	5	41,01	28,53	21,65
	0	17,18	11,32	8,67		0	43,67	28,84	21,84
	-10	19,64	11,59	8,83		-10	49,89	29,51	22,26
	-20	22,72	11,89	9,02		-20	57,68	30,28	22,74
8	5	17,98	12,49	9,57	80	5	43,16	30,02	22,78
	0	19,15	12,63	9,65		0	45,95	30,35	22,98
	-10	21,90	12,92	9,84		-10	52,50	31,06	23,42
	-20	25,32	13,26	10,04		-20	60,68	31,87	23,92
10	5	19,57	13,60	10,41	90	5	45,14	31,41	23,81
	0	20,84	13,74	10,50		0	48,06	31,74	24,02
	-10	23,82	14,07	10,70		-10	54,91	32,49	24,48
	-20	27,55	14,43	10,92		-20	63,47	33,34	25,01
15	5	22,82	15,86	12,12	100	5	46,99	32,70	24,78
	0	24,31	16,03	12,22		0	50,04	33,05	25,00
	-10	27,78	16,41	12,46		-10	57,16	33,82	25,48
	-20	32,13	16,84	12,72		-20	66,07	34,71	26,02
20	5	25,46	17,70	13,50	120	5	50,38	35,06	26,55
	0	27,11	17,89	13,62		0	53,64	35,44	26,79
	-10	30,98	18,30	13,88		-10	61,28	36,27	27,30
	-20	35,83	18,78	14,17		-20	70,83	37,21	27,88
25	5	27,71	19,27	14,68	150	5	54,86	38,18	28,90
	0	29,51	19,47	14,81		0	58,41	38,59	29,15
	-10	33,72	19,93	15,09		-10	66,73	39,50	29,71
	-20	38,99	20,45	15,41		-20	77,12	40,53	30,35

Not: Tablo 19 $+45^\circ\text{C}$ yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Farklı yoğunlaşma sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki düzeltme faktörleri ile çarpılmalıdır:

Yoğunlaşma sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)	Emme hattı	Basma hattı
30	1.078	0.915
50	0.968	1.02

Tablo 20. R-744 (CO₂) Kritik Üstü Çevrim İçin Boru İç Çapları (T_c=45°C)

Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T _e [°C]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]	Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. T _e [°C]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]
0.5	5	2,0	1,3	1,0	30	5	15,2	9,8	7,6
	0	2,1	1,3	1,0		0	16,3	9,9	7,6
	-10	2,4	1,3	1,0		-10	18,7	10,2	7,6
	-20	2,8	1,4	1,0		-20	21,7	10,6	7,5
1	5	2,8	1,8	1,4	40	5	17,6	11,3	8,8
	0	3,0	1,8	1,4		0	18,8	11,5	8,8
	-10	3,4	1,9	1,4		-10	21,6	11,8	8,7
	-20	4,0	1,9	1,4		-20	25,1	12,2	8,7
2	5	3,9	2,5	2,0	50	5	19,6	12,6	9,9
	0	4,2	2,6	2,0		0	21,0	12,8	9,8
	-10	4,8	2,6	2,0		-10	24,1	13,2	9,8
	-20	5,6	2,7	1,9		-20	28,1	13,7	9,7
4	5	5,6	3,6	2,8	60	5	21,5	13,8	10,8
	0	5,9	3,6	2,8		0	23,0	14,0	10,8
	-10	6,8	3,7	2,8		-10	26,4	14,5	10,7
	-20	7,9	3,9	2,8		-20	30,7	15,0	10,7
6	5	6,8	4,4	3,4	70	5	23,2	14,9	11,7
	0	7,3	4,4	3,4		0	24,8	15,2	11,6
	-10	8,4	4,6	3,4		-10	28,5	15,6	11,5
	-20	9,7	4,7	3,4		-20	33,2	16,2	11,5
8	5	7,9	5,1	4,0	80	5	24,9	16,0	12,5
	0	8,4	5,1	3,9		0	26,5	16,2	12,4
	-10	9,6	5,3	3,9		-10	30,5	16,7	12,3
	-20	11,2	5,5	3,9		-20	35,5	17,3	12,3
10	5	8,8	5,7	4,4	90	5	26,4	17,0	13,2
	0	9,4	5,7	4,4		0	28,1	17,2	13,2
	-10	10,8	5,9	4,4		-10	32,4	17,7	13,1
	-20	12,5	6,1	4,4		-20	37,6	18,4	13,1
15	5	10,8	6,9	5,4	100	5	27,8	17,9	14,0
	0	11,5	7,0	5,4		0	29,7	18,1	13,9
	-10	13,2	7,2	5,3		-10	34,1	18,7	13,8
	-20	15,4	7,5	5,3		-20	39,7	19,4	13,8
20	5	12,4	8,0	6,2	120	5	30,4	19,6	15,3
	0	13,3	8,1	6,2		0	32,5	19,9	15,2
	-10	15,3	8,4	6,2		-10	37,4	20,5	15,1
	-20	17,7	8,7	6,2		-20	43,5	21,2	15,1
25	5	13,9	8,9	7,0	150	5	34,0	21,9	17,1
	0	14,9	9,1	6,9		0	36,3	22,2	17,0
	-10	17,1	9,3	6,9		-10	41,8	22,9	16,9
	-20	19,8	9,7	6,9		-20	48,6	23,7	16,9

Not: Tablo 20 +45°C yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Farklı yoğunlaşma sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki düzeltme faktörleri ile çarpılmalıdır:

Yoğunlaşma sıcaklığı (°C)	Emme hattı	Basma hattı
30	1.08	0.918
50	0.97	1.03

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Mevcut soğutma sistemleri kitapları incelendiğinde hesaplamalarda kullanılan soğutucu akışkanların pek güncel olmadığı bu anlamda bu kitapların güncellenmesi gereklidir. Ayrıca bu kitaplardaki boru çapı seçimi ile ilgili örneklerin çok açık olmadığı, karışıklığa neden olduğu görülmüştür. Bundan dolayı daha güncel kaynaklara dayalı daha anlaşılabilir soğutma-iklimlendirme kitaplarına ihtiyaç vardır.

Bu çalışma ile sektörde ihtiyaç olan bazı yeni alternatif soğutucu akışkanlarla ilgili boru çapı seçim tablolarını oluşturmaya çalıştık. Ancak bu soğutucu akışkanların çok hızlı değişmesi nedeniyle bu tabloların her yıl güncellenmesi gerekir. Yine boru çapı seçimlerinde pratiklik sağlaması için bazı EXCEL yazılımları hazırlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] DOSSAT, R. Principles of Refrigeration, John Wiley, New York, 1981.
- [2] Refrigerant Piping Design Guide, Mc Quay Application Guide AG 31-011
- [3] ASHRAE Handbook HVAC Systems And Equipment, Chapter 41, 2004. © American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org.
- [4] http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/assets/downloads/k15291_ISCEON_MO59_thermo_prop_si.pdf (18.10.2010 tarihinde erişildi).
- [5] http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/assets/downloads/k15292_ISCEON_MO79_thermo_prop_si.pdf (18.10.2010 tarihinde erişildi).
- [6] http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/products/ISCEON/ISCEON_MO29.html (18.10.2010 tarihinde erişildi).
- [7] http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/assets/downloads/k15289_ISCEON_39TC_thermo_prop_si.pdf (18.10.2010 tarihinde erişildi).
- [8] ASHRAE Handbook Refrigeration, Chapter 2, 2006. © American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org.

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin BULGURCU

1962 yılında İzmir Kınık'ta doğdu. 1984 yılında Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makine Enerji dalından lisans, 1989 yılında M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünden Yüksek Lisans, 1994 yılında aynı Enstitüden Doktora dereceleri aldı. 1986–1989 yılları arasında Kartal Teknik Lisesinde, 1989–1995 yılları arasında Çankırı Meslek Yüksekokulunda öğretim elemanı olarak çalıştı. 1994 yılında İngiltere'de mesleki araştırmalarda bulundu. 1995 yılından bu yana Balıkesir Meslek Yüksekokulu İklimlendirme ve Soğutma Programında Yardımcı Doçent olarak çalışmalarına devam etmektedir. Evli ve iki çocukludur.

Kadir İSA

1962 yılında İstanbul'da doğmuştur. Haydarpaşa Teknik Lisesi Makina bölümünden mezun olduktan sonra, lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimlerini sırasıyla Gazi, İstanbul ve Sakarya Üniversitelerinin Makina bölümlerinde tamamlamıştır. Değişik üniversitelerin meslek yüksekokullarının iklimlendirme-soğutma programlarında öğretim görevlisi olarak çalışmıştır. Halen İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümü'nde Yardımcı Doçent olarak görev yapmaktadır. ASHRAE ve RSES üyesidir. Evli ve iki çocuk babasıdır.