

ARVIND SURANGE



SOĞUK DEPOLAMANIN TEMELLERİ

ÇEVİRENLER

PROF. DR. AYHAN ONAT

DOÇ. DR. DENİZ YILMAZ

DR. KADİR İSA

İSİB
TURKISH
HVAC-R



SOĞUK DEPOLAMANIN TEMELLERİ

Arvind Surange

Çevirenler

Prof. Dr. Ayhan ONAT

Doç. Dr. Deniz YILMAZ

Dr. Kadir İSA

Bu kitapçık Arvind Surange tarafından hazırlanmış ve altı bölümden oluşan "Ders Notları" halinde Air Conditioning and Refrigeration Journal'de yayınlanmıştır. Air Conditioning and Refrigeration Journal (İklimlendirme ve Soğutma Dergisi) ISHRAE (Hindistan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği) tarafından yayınlanmaktadır. ISHRAE Mumbai Chapter, 214 Turf Estate, Shakti Mills Lane, Off Dr. E. Moses Road, Mahalaxmi, Mumbai 400 011 India. Tel: 022-2493 2611 • Telefax: 022-2493 3701 • E-posta: ishrae_m@vsnl.net • www.ishrae.in

Yazar Hakkında

Arvind Surange, yüksek lisansını Roorkee Üniversitesi'nde tamamlamıştır. 51 yılı aşkın süredir HVAC&R alanında çalışmaktadır. Almanya ve Danimarka'da uzmanlık eğitimi almıştır. 43 yıldır proses havası şartlandırma, soğuk depolama ve dondurma tesisleri konusunda uzman olarak çalışmaktadır. ASHRAE üyesi, ISHRAE'nin eski başkanı ve ISHRAE Pune Şubesi onursal başkanıdır. İletişim için: acr.consultants@gmail.com

ISHRAE Hakkında

Hindistan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (ISHRAE), 1981 yılında bir grup seçkin HVAC&R uzmanı tarafından Yeni Delhi'de kurulmuştur. Bugün ISHRAE'nin bünyesinde, 10.000'den fazla HVAC & R uzmanı, 3000 öğrenci ve Hindistan'ın dört bir yanında 40 şube ve altı şubeler vardır. ISHRAE'nin temel amacı, Isıtma, Havalandırma, İklimlendirme, Soğutma Mühendisliği ve diğer ilgili Bina Hizmetleri bilim ve uzmanlıklarının geliştirilmesidir. ISHRAE bu hedeflerini gerçekleştirmek için geniş bir yelpazede faaliyet göstermektedir. ISHRAE en son teknolojiler, sistemler ve hizmetler konusunda ülke genelinde ulusal ve uluslararası katılımlı konferanslar, seminerler, atölye çalışmaları ve katalog sunumları düzenlemektedir. ISHRAE İklimlendirme, Soğutma, Havalandırma ve Bina Hizmetleri Endüstrisi konusunda Güney Asya'nın en büyük Uluslararası Fuarı olan ACREX'in organizatörüdür. Her yıl düzenlenen ACREX, son teknolojilerin ve yeniliklerin tanıtıldığı, ürün ve hizmetlerin müşterileri ile buluştuğu bir ana platform olarak kabul edilmektedir. ISHRAE yayınları, üyelerine gelişmelerden haberdar olmaları, yeni teknikleri öğrenmeleri, eski tasarımları iyileştirme ve binalarımızda iç mekân hava kalitesini artırma amacıyla yeni cihazların kullanımını benimsemeleri konusunda yardım etmeyi amaçlamaktadır. ISHRAE standartları, rehber kitaplar, temel kitapçıklar, HVAC, Soğutma ve Havalandırma El Kitapları ve ISHRAE Dergisi bu tarz girişimlerden bazılarıdır. ISHRAE, ürün veya teknikler/teknolojiler alanında yapılan spesifik araştırmaları teşvik eder. Derneğin eğitim kolu olan ISHRAE Mükemmellik Enstitüsü (IIE), örgün ve uzaktan eğitim programları aracılığıyla ülkedeki HVAC&R endüstrisinde insan kaynaklarını geliştirmeye çalışmaktadır. ISHRAE öğrenci toplulukları, 150'den fazla mühendislik okulunda, HVAC&R endüstrisindeki kariyer fırsatlarını seminerler, testler, fabrika ve saha ziyaretleri aracılığıyla öğrenciler arasında tanıtmaktadır. ISHRAE'nin K-12 girişimi, çizim yarışmaları, afişler, testler ve ağaç dikme etkinlikleri yoluyla hedef kitlesi olan okul öğrencilerine yönelik enerji tasarrufu ve çevre konularında farkındalık yaratma faaliyetleri yürütmektedir. ISHRAE ayrıca, ülkedeki Yeşil ve Sıfır Enerji binalarının tanıtımı ve geliştirilmesi için ulusal ve uluslararası diğer kuruluşlar ve devlet kurumları ile yakın iş birliği içinde çalışmaktadır. ISHRAE kısa süre önce, bina endüstrisindeki tüm paydaşların kendi rollerini yerine getirebilmelerini ve son kullanıcıların gereksinimlerini ve beklentilerini karşılayan sistemler sunabilmelerini sağlamak için Ürün Teslimatına Entegre Yaklaşım (IAPD) adı verilen bir program başlatmıştır. ISHRAE, gelecek için güvenli bir çevre oluşturma kararlılığındadır.

Sorumluluk Reddi

Bu el kitabında yer alan bilgiler, ISHRAE tarafından, güvenilir olduğuna inanılan kaynaklardan alınmıştır. ISHRAE'nin özenle derlediği bu bilgiler, kendi araştırmalarının ürünü değildir. ISHRAE burada tarif edilen herhangi bir ürün, hizmet, süreç, prosedür, tasarım veya benzerini araştırmakla ilgili herhangi bir sorumluluğu kabul etmez. Bu yayında herhangi bir teknik verinin veya editoryal materyalin yer alması, herhangi bir ürün, hizmet, süreç, prosedür, tasarım veya benzerinin ISHRAE tarafından onay, garanti veya teminat altına alındığı anlamına gelmez. Bu çalışma, bilgi sunma amacı ile yayımlanmakta olup, mühendislik ya da diğer profesyonel hizmetler sınıfında değerlendirilemez. Bu tür hizmetlerin gerekmesi halinde, konuyla ilgili bir profesyonelin yardımına başvurulmalıdır. ISHRAE bu yayındaki bilgilerin hatasız olduğunu garanti etmez. Bu yayındaki herhangi bir bilginin kullanım riski tamamen kullanıcıya/uygulayıcıya aittir.

ÇEVİRENLERİN ÖNSÖZÜ

Gıda güvenliği, ilaç muhafazası, lojistik, tarım ve sanayi gibi birçok sektörde kritik bir rol oynayan soğuk depolama, modern yaşamın sürdürülebilirliği açısından büyük bir öneme sahiptir. Bozulabilir ürünlerin tazeliğini ve besin değerini korumaktan, küresel tedarik zincirinin sağlıklı işlemesine kadar geniş bir etki alanına sahip olan bu sistemler, günümüz ekonomisinin temel taşlarından biridir.

Özellikle gıda israfının önlenmesi, halk sağlığının korunması ve kaynakların verimli kullanılması açısından soğuk depolama teknolojileri önemli bir gerekliliktir. Uygun olmayan sıcaklıkta saklanan ürünler hızla bozulabilir, bu da hem ekonomik kayıplara hem de ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Soğuk zincirin bozulması, gıda ve ilaç sektörlerinde ciddi sonuçlar doğurabileceğinden, sıcaklık kontrol sistemlerinin doğru uygulanması önem arz etmektedir.

Bu kitap, soğuk depolamanın temel prensiplerini açıklayarak hem teorik bilgiyi hem de pratik uygulamaları özet bir şekilde ele almayı amaçlamaktadır. Soğutma sistemlerinden yalıtım tekniklerine, enerji verimliliğinden sürdürülebilirlik stratejilerine kadar geniş bir yelpazede bilgiler sunulmuştur. Alanında uzman kişiler tarafından hazırlanan bu eser, sektörde çalışan profesyoneller, işletmeciler, mühendisler ve bu alana ilgi duyan herkes için kaynak olacaktır.

Gelecekte daha verimli ve çevre dostu soğuk depolama sistemleri geliştirmek ve sektörün bilgi birikimine katkı sağlamak dileğiyle...

Saygılarımızla,

Prof. Dr. Ayhan Onat

Marmara Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

Doç. Dr. Deniz Yılmaz

İstanbul Arel Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

Dr. Kadir İsa

İSİB Teknik Danışmanı

İSİB HAKKINDA

İklimlendirme Sanayi İhracatçıları Birliği (İSİB) Türkiye’de iklimlendirme sektöründe faaliyet gösteren tek ve koordinatör ihracatçı birliğidir. Faaliyetlerine 2012 yılında başlayan İSİB, Türkiye’nin iklimlendirme sektöründe faaliyet gösteren tüm ihracatçı firmaları tek bir çatı altında toplamak ve sektör ihracatının potansiyelini artırmak amacıyla çalışmalarını sürdürmektedir.

İSİB, ihracat potansiyeli görülen pazarlarda gerçekleştirilen fuarlara yönelik milli katılım organizasyonları düzenlemek, yurt dışında düzenlenen sektörel fuarlara katılım sağlamak, sektörel ticaret ve alım heyetleri düzenlemek, iklimlendirme sektörüne yönelik tasarım yarışması düzenlemek, firmalarımızın dış pazarlara yönelik ihtiyaç duydukları konularda eğitimler vermek, sektörel ülke raporları hazırlamak, sektörel sorunların çözümüne yönelik çalıştay ve üye buluşma toplantıları düzenlemek gibi görevlerinin yanında, dünya pazarlarında Türk ihraç ürünlerinin tanınırlığını arttıracak kişi ya da organizasyonların çalışmalarına da destek olmaktadır.

İklimlendirme Sanayi İhracatçıları Birliği, yukarıdaki faaliyetlere ek olarak, Türkiye’nin iklimlendirme sektörünün yurt dışında tanıtımına yönelik olarak gözlem ve araştırma yapma, broşür, katalog ve dergi hazırlama, yurt dışında sektörel medya organlarında, fuarlarla eşzamanlı olarak fuar alanlarında ve şehir merkezlerinde reklam verme, sektörel faaliyetlere sponsor olma gibi pek çok görev ifa etmektedir.

Soğuk Depolamanın Temelleri

Bölüm 1

Soğuk Depolamaya Giriş

Gıdaların uygun depolama şartlarında muhafaza edilmesi, meyve, sebze, süt ürünleri, deniz ürünleri, et ve tavuk ürünleri gibi bozulmaya müsait çeşitli gıdaların üretildiği ülkelerde büyük önem taşır. Gıda ürünlerini saklama yöntemleri arasında, soğutma işlemi başta gelir. Gıdaların soğuk depolama şartları, üründen ürüne değişiklik gösterse de meyveler, sebzeler ve bunların diğer türevleri için bazı ortak özelliklerden söz edilebilir. Özellikle meyve ve sebzelerde işleme ve depolamada karşılaşılan sorunlar şunlardır:

1. Kuruma ya da nem/su kaybı,
2. Fiziksel dokuda/yapıda bozulma,
3. Ürün içindeki bazı maddelerin okside olması, yağların ve esterlerin hidrolize olması ve gıda proteinlerinde bozulmalar gibi kimyasal değişiklikler,
4. Ürünlerde meydana gelen solunum kaynaklı değişimler (Bu değişiklikler enzimatik reaksiyonlarla birlikte gerçekleşir),
5. Ürünün içinde ya da üstünde bakteri, mantar ve küf oluşumu. Oda sıcaklığında bu oluşum çok hızlı gerçekleşir. Sıcaklık düştükçe yavaşlar ve -10 ila -12°C arasında durma noktasına gelir.

Soğuk depolar kullanım alanlarına göre şöyle sınıflandırılır:

1. Taze ürünler için uzun süreli soğuk depolar,
2. Donmuş ürünler için uzun süreli soğuk depolar,
3. Taze ya da donmuş ürünler için kısa süreli ya da perakende satış depoları (Ticari tip soğutucular),
4. Taze ürünler için, oksijen ve karbondioksit düzeylerinin kontrol altında tutulduğu atmosfer kontrollü (Controlled Atmosphere-CA) soğuk depolar.

Muhafaza Sıcaklığına göre soğuk depolar aşağıdaki şekilde sınıflandırılır:

1. Orta sıcaklık değerindeki (Medium Temperature, MT) soğuk depolar: Genellikle ürünleri 0°C ila 8°C arasında saklamak için kullanılır. Bu ürünler arasında çeşitli taze gıdalar ve sebzeler, kuru gıdalar, baharatlar, bakliyat, süt ürünleri vb. sayılabilir. Soğuk depolar patates, biber, elma gibi tek çeşit ürünü depolamak için tasarlanabileceği gibi, birden fazla ürün çeşidini depolamak için çok amaçlı olarak da tasarlanabilir. Birden fazla ürünün depolandığı yerlerde her bir ürün grubu için odalar, farklı sıcaklıklarda ve bazen de farklı bağıl nem oranlarında sabit olacak şekilde tasarlanmalıdır.

Yiğme ürün depolarında büyük ebatlarda odalar bulunurken, çok amaçlı depolarda müşterilerin gereksinimlerine göre daha küçük ebatlarda ve çok sayıda oda bulunur. Orta sıcaklık değerindeki soğuk depolar, genellikle küçük kapasitelerde tek katlı, büyük kapasitelerde ise çok katlı yapılar olarak inşa edilir.

2. Donmuş gıda depoları: İşlendikten sonra uzun süre saklanması gereken ürünler için tasarlanır. Bezelye, mısır, bamya, karışık sebze, mango püresi ve domates püresi vb. ürünlerin depolanması/muhafaza edilmesi için kullanılır. Bunların dışında dondurma, tereyağı, et ve balık ürünleri de bu şekilde uzun süre muhafaza edilir. Donmuş gıda depoları, birçok gıda için -18 ile -22 °C arası sıcaklıklara göre tasarlanır. Dondurma gibi ürünlerde ise

-25 ile -30 °C sıcaklık aralıkları depolama için uygundur. Donmuş gıda depoları genelde gıda işleme tesisinin önemli bir bölümüdür. Ancak gıda dondurma tesislerinde daha önce dondurulmuş gıdaların saklanması için, çok amaçlı soğuk depoların içinde ya da bağımsız üniteler olarak da kurulabilir. Yaygın olarak depolanan bazı ürün çeşitleri için sıcaklık, bağıl nem vb. gibi depolama değerleri Tablo 1.1'de verilmiştir. Bunların dışındaki ürünler hakkında gerekli bilgiler, ASHRAE Refrigeration Handbook'ta bulunabilir.

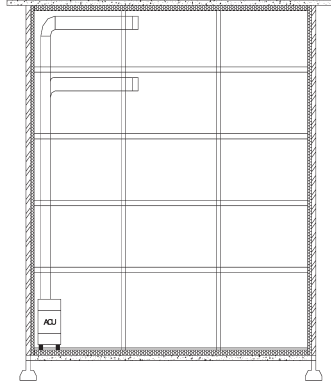
Tablo 1.1. Bazı meyve ve sebzeler için soğuk depolama değerleri (Çoğu ürün için bağıl nem %85 ila %95 aralığındadır).

Ürün	Depolama Sıcaklığı (°C)	Ürün Ömrü (Hafta)
Patates	2-4	32- 36
Karnabahar	0-1,5	8-10
Lahana	0-1,5	10- 12
Domates	7	4- 5
Zencefil	2-4	14
Limon	8	6
Portakal	7-8	8
Tatlı Limon (Mosambi)	6-8	8
Elma	0-15	16- 20
Yumurta	1-5	20- 24
Mango	8-10	4- 6
Dondurulmuş gıdalar	-18-(-20)	24 ya da daha fazla

Eski Tip Soğuk Depolar

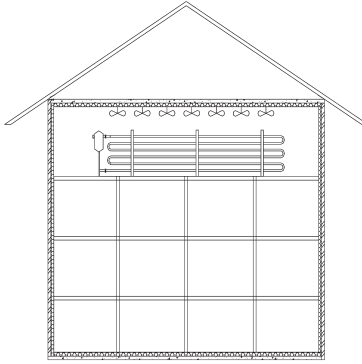
Soğuk depoların eski tasarımları, tuğla duvarlar, kafes kirişli ya da sıkıştırılmış beton çatılar ile geleneksel bir yapıda inşa edilmiştir. Betonarme veya çelik yapılar ile zeminde tahta takozlar kullanılmıştır.

Isı yalıtımı bazen mantarla ve hatta bazen kavuz (çeltik kabuğu) ile yapılmıştır. 1960'tan sonra geliştirilmiş polistiren veya cam elyafı gibi daha iyi yalıtım malzemeleri kullanılmıştır. Daha sonra yalıtım malzemesi olarak bunların yerini poliüretan köpükler almıştır. Başlangıçta çoğunlukla amonyaklı soğutma sistemleri kullanılmaktaydı, ancak daha sonraki yıllarda küçük ve orta kapasiteli soğutma sistemleri için soğutucu akışkan olarak CFC ve HFC kullanılmıştır. Amonyaklı sistemler genellikle düşük devirli kompresörler atmosferik tip kondenserlerden ve hava dağıtımı için zemine monte edilmiş kanallı hava soğutma ünitelerinden (evaporatör ünitesi) oluşuyordu. Şekil 1.1'de zemine monteli evaporatör ünitesi ile tipik bir soğutma odası görülmektedir.



Şekil 1.1: Takviyeli çimentolu beton (RCC) çatı ve kanallı zemine monteli evaporatör ünitesi ile tipik bir soğuk hava deposu.

Bazı bölgelerde çok katlı soğuk depolarında, soğuk hava deposunun en üst katında çıplak borulu evaporatörler bulunmaktaydı ve hava sirkülasyonu için normal tavan fanları kullanılmıştır (Şekil 1.2). Çıplak borulu serpantin tasarımında önemli bir hacim kaybı, düşük bağıl nem, düşük ürün soğutma hızı ve odada homojen olmayan sıcaklıklar başlıca problemlerdi. Şekil 1.2'de, Çıplak borulu tavana asılı serpantin üniteli tipik bir soğuk oda uygulaması görülmektedir.



Şekil 1.2: Çıplak borulu (Bunker) tavana asılı serpantin üniteli tipik bir soğuk oda uygulaması.

Soğuk Depolamanın Temelleri

Bölüm 2

Soğuk Hava Depo Türleri

Soğuk hava depoları, büyüklüklerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

Küçük ölçekli/kapasiteli soğuk hava depoları

Farklı sıcaklık aralıklarında çalıştırılabilen, girilebilir (walk-in) tip soğuk hava depolarıdır. Genellikle otellerde, süper marketlerde, gıda satan alışveriş merkezlerinde vb. ürünlerin depolanması için kullanılır ve vitrinli gıda satış yerleri gibi tüketiciye en yakın noktalardır.

Orta ölçekli/kapasiteli soğuk hava depoları

Orta kapasiteli soğuk hava depoları, bir veya iki bölmelidir. Çiftliklerde (yani üretim alanlarında), satış yerlerinde (yani tüketim alanlarında), işleme/ön soğutma tesislerinde, havaalanlarında vb. alanlarda kullanılırlar. Taze gıdaların yanı sıra dondurulmuş gıdalar için de kullanılabilirler.

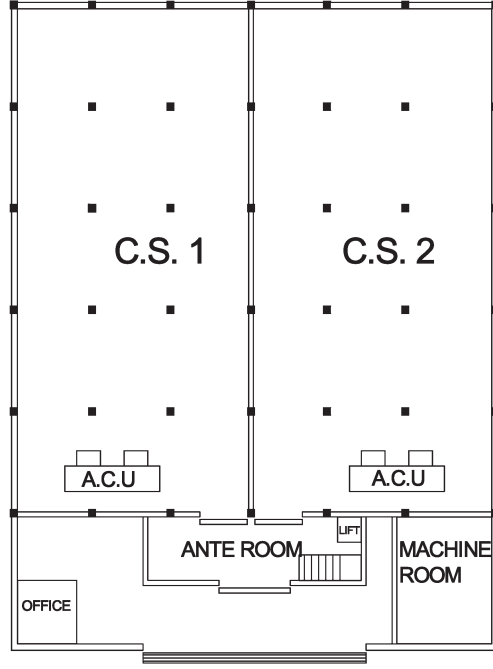
Büyük ölçekli/kapasiteli soğuk hava depoları

Bunlar, yığma veya çok amaçlı tiplerdir. Yığma depolar, genellikle üretim alanlarında ve ayrıca satış yerlerinin yakınlarında bulunur ve büyük odalardan oluşurlar. Çok amaçlı depolar, çoğunlukla tüketim merkezlerinin yakınlarında bulunur.

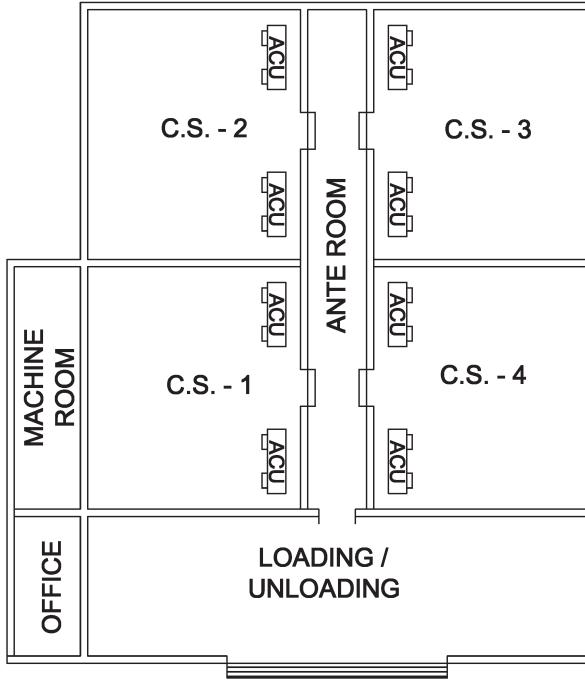
Yığma şeklindeki soğuk hava depoları, çeşidi az, miktarı fazla ürünleri depolarken, çok amaçlı soğuk hava depoları, farklı saklama koşulları gerektiren çok çeşitli ürünleri depolamak için kullanılır. Yığma ve çok amaçlı ünitelerin genel kullanımına ilişkin bilgiler Tablo 2.1'de görülmektedir. Bunların dışında tıbbi ürünler, kimyasal maddeler, filmler vb. ürünler de soğuk depolarda saklanmaktadır. Şekil 2.3'te yığma tip bir soğuk hava deposunun, Şekil 2.4'te de çok amaçlı bir soğuk hava deposunun tipik yerleşimi görülmektedir.

Tablo 2.1: Yığma ürün ve çok amaçlı depolarda saklanan tipik ürünler.

Üretim ve Tüketim Merkezlerindeki Yığma Soğuk Hava Depoları	Tüketim Merkezlerindeki Çok Amaçlı Soğuk Hava Depoları
Patates	Meyve ve Sebzeler
Elma	Kuru Meyveler
Portakal	Baharatlar
Demirhindi	Bakliyat
Kuru üzüm vb.	Palm özütü, Süt Ürünleri vb.



Şekil 2.1: Tipik bir yığma soğuk hava deposunun planı.



Şekil 2.2: Tipik çok katlı, çok amaçlı soğuk hava deposunun planı.

Yapı Uygulamaları

Yapı uygulamaları, ünitelerin büyüklüğüne, yerine ve kullanım şekline bağlı olarak değişir. Küçük ölçekli soğuk hava depoları genellikle fabrikasyon sandviç panelli yapıya sahiptir. Orta ve büyük ölçekli soğuk hava depolarında ise tesisler: yükleme/boşaltma alanları, giriş bölümleri, soğuk odalar, merdivenler ve asansörler, makine odası, ofisler gibi bölümlerden oluşur. Geleneksel yapılarda yükleme ve boşaltmanın manuel olarak yapıldığı çok katlı bölmeler bulunur. Kat yüksekliği 2 ila 2,5 m arasında ve kat sayısı 3 ila 6 arasında değişir.

Duvarlar genellikle *takviyeli çimentolu beton* (RCC) ve tuğladandır. Çatılar çoğunlukla çimento veya metal saç kaplamalı kafes tipindedir. Bazı durumlarda, çatılar RCC plakalarından yapılır. İç yapılar, çoğunlukla çelik veya RCC'dir. Zeminde ise havanın hareketini ve depolamayı kolaylaştıracak şekilde tahta döşeme ya da çelik bölümler bulunur. Son zamanlarda, mekanize yükleme / boşaltma tesisleri olan ve yükseklikleri 5 ila 12 m veya daha yüksek olan tek katlı soğuk depolar inşa edilmeye başlanmıştır. Bazı ünitelerde ürünlerin istiflenmesi için raflar bulunur. Bu birimler genellikle ön soğutma tesisleri ve dondurulmuş gıda depoları için inşa edilmektedir. Bu odaların içinde kolon ve kiriş yoktur ve genellikle fabrikasyon sandviç panelli bir konstrüksiyona sahiptir.

Yapı uygulamaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

• Küçük Ölçekli Soğuk Depolar

Genellikle yalıtımlı panel konstrüksiyonuna sahiptir.

• Orta/Büyük Ölçekli Soğuk Depolar

Genel olarak:

Duvarlar: Tuğla / beton bloklar

Çatılar: Kafes kirişler üzerinde RCC

İç Yapısı: Çelik yapı/RCC kolon ve kirişler

İç Zemin:

- Akasya, Maun gibi orman ağaçlarından tahta döşemeler.
- Kare profil / yassı profil gibi yapısal çelik elemanlar
- Kalıpta dökülmüş ızgara RCC beton.

Duvarlar ve tavan: Yalıtımlı panel yapı

Çatı: Kafes kirişler üzerine metal çatı kaplama

İç yapılar:

- Standart yükleme için çelik ızgara döşemeli çelik yapı
- Mekanize yükleme için raflar

Isı yalıtımı

Isı yalıtımı, soğuk depo sistemlerinde çok önemli bir bileşendir. İki önemli işlevi vardır:

1. Çevreden iç mekâna ısı girişini en aza indirmek,
2. Çevre bölgelerden soğuk odalara su buharı girişini en aza indirmek ve panel veya duvar yüzeylerinde terlemeyi önlemek.

Isı yalıtımının bu temel amaçlarının en iyi şekilde gerçekleşmesini sağlamak için uygun malzeme, kalınlık, buhar bariyeri, kaplama ve doğru uygulama yönteminin seçilmesi önemlidir. Soğutma sistemi, ihtiyaca bağlı olarak belirli saatlerde çalışabilirken, yalıtım tüm depo ömrü boyunca sürekli olarak işlevini yerine getirmektedir.

Yalıtım Malzemeleri

Bazı eski ünitelerde, ısı yalıtımı olarak kavuz (çeltik kabuğu) gibi ucuz ve doğal malzemeler kullanılmıştır. Bu yalıtım malzemelerinin maliyetleri bir avantaj gibi görülse de daha kalın yalıtım malzemesine ihtiyaç duyulması bir dezavantaj oluşturmuştur. Ayrıca bu yalıtım malzemeleri bakım ve hijyen sorunlarına neden olmuştur. Bu yöntem şimdi neredeyse hiç kullanılmamaktadır. 1970'lerden sonra yaygın olarak kurulan soğuk hava depolarında, Genleştirilmiş Polistiren (EPS), Fiberglas, Mineral Yün, Poliüretan (PUF) vb. gibi yalıtım malzemeleri kullanılmıştır.

Yardımcı Yalıtım Malzemeleri

Her durumda nemin soğuk hava deposuna geçişini engellemek için bir buhar bariyeri gereklidir. Bariyer malzemesi (çelik, alüminyum, bitüm, güçlendirilmiş plastik levhalar, metal folyolar, mastik tip sıcak ya da soğuk uygulama boyaları) yalıtımın dış yüzeyine uygulanır. Tablo 2.2'de bazı yalıtım malzemeleri ve özellikleri listelenmiştir.

Tablo 2.2: Isı yalıtım malzemelerinin özellikleri.

No	Özellik	Sert Poliüretan Köpük (PUF)	Genleşmiş Polistiren (EPS)	Reçine bağlı cam yünü	Reçine bağlı mineral yün	Fenolik köpük
1.	Fiziksel form	Kapalı gözenekli sert plastik köpük	Hava dolgululu kapalı gözenekli sert termoplastik köpük	Açık gözenekli esnek reçine bağlı cam yünü	Kaya veya cüruftan çekilmiş açık gözenekli esnek reçine bağlı elyaf	Açık gözenekli sert fenolik köpük
2.	m ² başına ağırlık (kg/m ²)	32- 40	13- 25	12- 48	40- 144	24- 32
3.	Isıl iletkenlik(kcal/mh°C)	0,019	18 kg /m ² için 0,028	32 kg/m ² için 0,032	48 kg/m ² için 0,035	0,0266
4.	%10 deformasyonda basınç dayanımı (kg/m ²)	1,72	0,7- 1,0	Önemsiz	Önemsiz	0,75- 1,16
5.	Yangın performansı	Ortalama yanma değerine sahiptir, kendi kendine söner. Aleve maruz kalan kısım kömürleşerek, alevin yayılmasını önler	Normal çeşitleri kendiliğinden sönmeyiz. Ateş yüzeye yayılır.	Yangın sırasında, cam lifi erir ve iç tabakaları aleve maruz bırakır.	Mineral lifleri yanmaz. Fakat reçine alev alır.	Kendi kendine söner ve alev almaz.
6.	Su Buharı (cm başına)	1	0,95	Çok yüksek	Çok yüksek	4
7.	Su emilimi	Önemsiz	Önemsiz	Çok yüksek	Çok yüksek	Çok yüksek
8.	Çalışma Sıcaklık aralığı (°C)	-200 ila +130°C	-200 ila +80°C	0 ila +232°C	0 ila +232°C	-196 ila +130°C
9.	Kimyasalların, alkalilerin, solvent bazlı yapıştırıcıların, yağlayıcıların etkisi	Seyreltik asitler ve alkaliler, solvent bazlı yapıştırıcılar, yağlayıcılar, bitüm vb. etkilenmez.	Seyreltik asit ve alkalilerden etkilenmez.	Cam elyafları seyreltik asitlerden etkilenmez, reçine bunlardan etkilenir.	Mineral lifler seyreltik asitlerden, reçine alkalilerden etkilenir. Klorür ve kükürt bulunması diğer malzemelerde korozyona neden olur.	Seyreltik asitlerden etkilenmez.
10.	Mikrop, haşarat, küf, böcekler, kuşlar vb. etkileri	Haşarelerden, kuşlardan vb. etkilenmez.	Sıçanlar, karıncalar ve zararlı böcekler tarafından yenir. Ayrıca küf oluşumuna neden olur.	Mikroplardan etkilenmez.	Mikrop ve zararlı böceklerden etkilenmez.	Mikrop ve zararlı böceklerden etkilenmez.

Uygulama Yöntemleri

Soğuk hava depolarında farklı yalıtım uygulama yöntemleri vardır. Eski uygulamalarda, yalıtım malzemelerini duvar ve tavanlara tutturmak için pul rondela, ahşap mandallar ve çitalar kullanılmıştır. Son işlem için de çimentolu sıva tercih edilmiştir. Daha sonra yüzeyler olası hasarlara ve mantar oluşumuna karşı boyanmıştır. Son trend, çimentolu sıva yerine metal sac kaplama kullanmaktır. Kaplama malzemeleri genellikle alüminyum levhalar veya önceden kaplanmış profilli galvanizli çelik levhalardır.

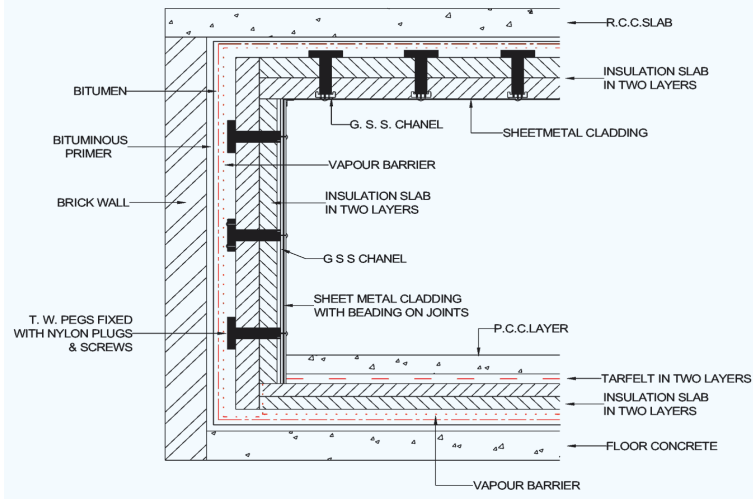
Duvarlarda, tavanlarda ve zeminlerde modern yalıtım uygulamaları aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

Duvarlar ve Tavanlar

- Bir kat bitümlü astar, ardından da iki kat sıcak bitüm (endüstriyel sınıf) uygulanır.
- Polietilen tabaka veya alüminyum folyo ile buhar bariyeri oluşturulur.
- Naylon manşonlar ve ahşap vidalar kullanarak uygun büyüklükte tik ağacından mandallar yalıtım kalınlığına eşit olacak derinlikte sabitlenir. Mandalların aralıklarına kaplama tipine göre karar verilir.
- İlk yalıtım katmanı, bitüm kullanılarak buhar bariyerinin üzerine sabitlenir.
- İzolasyonu yerine sabitlemek için ahşap/plastik vidalar kullanılarak ikinci yalıtım katmanı kademeli bir şekilde ilk katın üzerine sabitlenir.
- Alüminyum sac veya profilli, önceden kaplanmış galvanize çelik saclar gibi bir sac metal kaplama, sac vidaları kullanılarak raylar üzerine sabitlenir.
- Birleşme yerleri uygun contalarla kapatılır.

Zemin

- Bir kat bitümlü astar, ardından da iki kat sıcak bitüm (endüstriyel sınıf) uygulanır.
- Polietilen tabaka yüzeye düzgün şekilde üst üste bindirilerek sabitlenir ve duvarlara doğru 200/225 mm uzatılır.
- İlk yalıtım katmanı sıcak bitüm kullanılarak sabitlenir.
- İkinci yalıtım katmanı birinci katın üzerine kademeli şekilde sabitlenir.
- Yalıtımın üstüne düzgün şekilde üst üste bindirerek katranlı muşamba ya da bitümlü su geçirmez membran serilir.
- Son olarak, izolasyon, uygun kalınlıkta düz çimento beton (*Plain Cement Concrete* -PCC) tabakası (veya gerekirse başka bir zemin kaplaması) ile kaplanır. Şekil 2.5'te, tipik bir duvar, tavan ve zemin yalıtımının ayrıntılı bir kesiti görülmektedir.



Şekil 2.3: Duvar, tavan ve zemin için yalıtım kesit detayları.

Prefabrik Yalıtımlı Panellerin Yapısı

Prefabrik yalıtımlı panellerin geliştirilmesi, dünya genelinde soğuk hava deposu yapımında bir devrim yaratmıştır. Bu paneller, gelişmiş ülkelerde uzun bir süredir soğuk hava depoları yapımında kullanılmaktadır. Sandviç panel olarak da bilinen bu malzemeler, çoğunlukla iki tipte bulunurlar:

1. Sac metal kaplamalara, özel bir yapıştırıcı kullanarak tutturulmuş, EPS paneller.
2. İki metal tabaka arasında köpük olarak sıkılmış yalıtım malzemesinden oluşan *poliüretan köpük (PUF)* paneller. Bu paneller yapısal olarak sağlamdır ve aynı kalınlık için EPS panellerine kıyasla daha iyi bir yalıtım değerine sahiptir.

Yalıtımlı paneller, küçük depolardan çok büyük soğuk hava depolarına kadar tüm depolarda kullanılmaktadır. Aslında panellerin kullanımı soğuk depo sektörünün yanında işleme tesislerinin, prefabrik evlerin, depoların, temiz odaların vb. yapımında kullanılır olmuştur. Bu paneller aynı zamanda soğuk hava depolarının kapı imalatında da kullanılmaktadır. Eski geleneksel yalıtımlı kapılara kıyasla daha hafif ve basittir.

Panelli yapıların önemli özellikleri Tablo 2.3'te gösterilmiş, ayrıca aşağıda da verilmiştir:

1. Daha fazla esneklik ve daha hızlı yapım olanağı sağlar.
2. Dış ve iç kısım arasında daha iyi bir yalıtım olması nedeniyle daha iyi ısı verim sağlar.
3. Paneller, duvar ve tavan işlevi de gördüklerinden, tuğla duvarlara gereksinim duyulmaz, bu da belirli bir zemin alanı için, kullanılabilir soğuk depolama hacmini artırır.
4. Modüler yapının maliyeti düşüktür. İhtiyaca göre ekleme/genişletme olanağı verir.
5. Yapıların hijyen kalitesini artırır.

Paneller, gereksinime göre metal kaplamalı olabilir, bu da temizlenmesi ve bakımını kolaylaştırır. Tablo 2.3'te sandviç panellerin tipik özellikleri bulunmaktadır.

Tablo 2.3: Sandviç panellerin tipik özellikleri.

Özellikler	EPS	PUF
Yalıtım malzemesi	Genleştirilmiş Polistiren	Poliüretan Köpük
kg/m ² , birim alan başına ağırlık	15-16	38-40
Sıcaklık Aralığı (°C)	-118 ila +82	- 80 ila +95
Kaplama malzemesi	Önceden kaplanmış, profilli galvaniz çelik levha / Paslanmaz çelik levha	
Bağlantı tipi	Dil ve oluklar	Oluklu kam kilidi
Çoğunlukla kullanılan panel kalınlıkları Uygulama sıcaklığı 2 ila 4°C -20 / -30°C	125/150 mm 200/250 mm	100 mm 150/175 mm

Isı Kazancı Hesabı

Isı kazancı hesaplaması genellikle 24 saatlik bir süre için yapılır ve aşağıdakileri içerir:

- İletim+taşıyım (transmisyon) ısı kazancı
- Hava değişimi (infiltrasyon) ısı kazancı
- Ürün kaynaklı ısı kazancı
- İnsan kaynaklı kazancı
- Aydınlatma ve motor kaynaklı ısı kazancı

Bu farklı yükleri hesaplamak için şu yöntem kullanılır:

İletimle ısı kazancı (Q_t)

Duvarlar, çatılar ve döşemelerden transmisyon ısı kazancı aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$Q_t \text{ (kW)} = \text{Alan (m}^2\text{)} \times \frac{U \text{ faktörü}}{1000} \text{ (W/m}^2 \text{ °C)} \times \text{Sıcaklık farkı (°C)}$$

Sıcaklık farkı, dış ve iç tasarım sıcaklığı arasındaki fark ile güneş ışınlama ısı kazancının duvarlar ve çatı üzerindeki etkisinin toplamı olacaktır. Güneş etkisi kaynaklı ek sıcaklık farkları aşağıdaki gibi alınabilir:

Duvarlar	Doğu	Güney	Batı	Çatı
Orta renk	3	2	3	8
Açık renk	2	1	2	5

Personelden kaynaklanan ısı kazancı (Q_w)

İnsan kaynaklı ısı kazancı (Q_w)

Soğuk hava tesislerinde çalışan insanlar, genellikle gün içinde belli bir süre faaliyet gösterirler. Personel kaynaklı ısı kazancı, oda sıcaklığına bağlı olarak aşağıdaki gibi alınabilir.

Sıcaklık (°C)	Isı kazancı (Watt / kişi)
5	240
0	270
-20	390

Böylece, insan kaynaklı ısı kazancı, Q_w (kW) = İnsan sayısı x Günlük çalışma saati x Kişi sayısı eşitliği ile hesaplanabilir.

Hava değişimiyle gelen ısı kazancı (Q_a)

Kapıların açılıp kapanması nedeniyle soğuk hava deposuna dış ortamdan görece sıcak ve nemli hava girer ve bu hav soğutma yükünü artırır. Kapıların sıkça açılıp-kapanmasını gerektiren yoğun kullanımda hava değişimi %100 artabilir. Soğuk oda kapılarında şerit perdeler olması halinde, hava değişimleri yaklaşık % 50 oranında azaltılabilir.

Oda hacmi (m ³)	Ortalama hava değişimi (24 saat 0°C'lik sıcaklıkta)	Ortalama hava değişimi (24 saat -20°C sıcaklıkta)
10	32	24
100	9	7
500	2,7	2,3
1000	2,5	2
2000	1,7	1,3

Hava değişiminden kaynaklanan ısı kazancı aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$Q_a \text{ (kW)} = \text{Hava kütlesi (kg)} \times (h_1 - h_2) / 3600$$

h_1 = Dış ortam havasının entalpisi, kJ/kg

h_2 = İç ortam havasının entalpisi, kJ/kg

Elektrik aydınlatma ve motor kaynaklı ısı kazancı ($Q_l + Q_m$)

Soğuk hava depolarında aydınlatma güç tüketimi 2,5 Watt/m² ile 10 Watt/m² arasında değişir. Fan motorları, güçlerine bağlı olarak ısı üretir. Buna göre soğutma yükü şu şekilde hesaplanabilir:

Aydınlatma ısı kazancı (Q_l):

$$Q_l \text{ (kW)} = \frac{\text{Toplam Watt}}{1000} \times \text{Çalışma süresi (saniye)}$$

Motor ısı yükü:

$$Q_m \text{ (kW)} = \text{toplam kW başına üretilen ısı miktarı} \times \text{Çalışma süresi (saniye)}$$

Aşağıdaki tablo, çeşitli motor büyüklüklerine göre üretilen ısı için kullanılabilir:

Motor (kW)	Üretilen ısı
0,25 ila 0,37 kW	1,43 kW/kW
15 kW'a kadar	1,14 kW/kW

Eğer soğuk hava deposu içinde forklift, kamyon vb. çalıştırılıyorsa, bu ek yükler de hesaba katılmalıdır.

Ürün kaynaklı ısı kazancı (Qp)

Normal bir soğuk hava deposunda ürün ısı kazancı şu şekilde hesaplanabilir:

$$Q_p \text{ (kW)} = \text{Ürün (kg/s)} \times \text{özellik ısı} \times (T_p - T_f)$$

T_p: ilk ürün sıcaklığı ve T_f: son ürün sıcaklığıdır.

Dondurulmuş gıda depolarında, ürün önceden dondurulmuşsa ancak gelen ürün sıcaklığı depolama sıcaklığından biraz yüksekse, ilave yük yukarıdaki formüle göre hesaplanabilir. Ancak, ürün dondurulmamışsa, dondurma ve ek soğutma için ilave yük de dikkate alınmalıdır.

Ürün soğutma/dondurma yükünün yanı sıra, solunum yoluyla üretilen ısı da göz önünde bulundurulması gerekir. Ancak bu değerler çok küçüktür ve pratik nedenlerle göz ardı edilebilir. Örneğin, tipik değerlerin bazıları aşağıda verilmiştir:

0°C'de saklanan elma için solunum ısısı yaklaşık 0,84 kJ / kg / 24 saat.

4°C'de saklanan patates için solunum ısısı yaklaşık 1,25 kJ / kg / 24 saat.

Not: Genel olarak, ürünün 24 saat içinde soğutulduğu varsayılmaktadır. Bununla birlikte, daha hızlı soğutma gerekirse, ürün yükü saatlik olarak ayrı ayrı hesaplanabilir ve saatlik baza düşürülen diğer yüklerin toplamına eklenebilir.

Emniyet faktörü

Toplam soğutma yükünü elde etmek için soğutma yüküne %5 ila %10 emniyet faktörü eklenebilir. Genellikle tesisin çalışma süresi 16 ila 20 saat / gün olarak kabul edilir ve saatlik yük, tesisin çalışma saatleri esas alınarak hesaplanabilir.

Tipik soğutma yükü hesaplama örneği:

Depo ölçüleri: 10m x 6m x 3m

Yalıtım kalınlığı:

Duvarlar: 150 mm EPS

Tavan: 150 mm EPS

Zemin: 125 mm EPS

Dış tasarım koşulları: 40°C KT, 25°C YT

İç tasarım koşulları: 4°C +/- 1°C, %75 RH

Ürün: 30°C'de 3000 kg/gün.

Günde 4 saat çalışan 2 çalışan olduğunu varsayalım.

ÇÖZÜM:

İletimle ısı kazancı (Q_t)

$$a. \text{Duvar } 96 \text{ m}^2 \times \frac{0,24}{1000} \times (38^\circ\text{C}) = 0,88 \text{ kW}$$

$$b. \text{Tavan } 60 \text{ m}^2 \times \frac{0,24}{1000} \times (41^\circ\text{C}) = 0,59 \text{ kW}$$

$$c. \text{Zemin } 60 \text{ m}^2 \times \frac{0,29}{1000} \times (33^\circ\text{C}) = 0,57 \text{ kW}$$

$$\text{Toplam iletim yükü } Q_t = \mathbf{2,04 \text{ kW}}$$

**Duvarlar için 2°C ve güneşe maruz çatı için 5°C ortalama bir güneş kazanç etkisi göz önünde bulundurulmuş ve normal sıcaklık farkına eklenmiştir. Zemin sıcaklık farkı 3°C azaltılmıştır.*

2. Personelden kaynaklı ısı kazancı (Q_w)

$$Q_w = 2 \times \frac{270}{1000} = 0,54 \text{ kW}$$

3. Hava Değişimiyle Isı Kazancı (Q_a)

$$Q_a = 180\text{m}^3 \times \frac{7,5}{360} (\text{hava değişimi} / \text{sn}) \times 1,10 (\text{kg} / \text{m}^3) \times (76,79 \text{ kJ/kg} - 13,56 \text{ kJ/kg}) = 1,07 \text{ kW}$$

4. Aydınlatma ve Motordan Isı Kazancı ($Q_l + Q_m$)

$$a. \text{Aydınlatma: } Q_l = 60 \text{ m}^2 \times \frac{5}{1000} \text{ W/m}^2 = 0,3 \text{ kW}$$

$$b. \text{Motor: } Q_m = 1,5 \text{ kW} \times 1,14 = 1,71 \text{ kW}$$

$$c. \text{Toplam Elektriksel Isı Yükü } (Q_l + Q_m) = 2,01 \text{ kW}$$

5. Üründen Kaynaklı Isı Kazancı (Q_p)

$$Q_p = \frac{3000}{86400} \text{ kg} \times 3,67 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (30 - 4^\circ\text{C}) = 3,31 \text{ kW}$$

$$\text{Böylece toplam ısı kazancı miktarı; } Q = Q_t + Q_w + Q_a + Q_l + Q_m + Q_p = 8,97 \text{ kW (kJ/sn)}$$

$$\%10 \text{ emniyet faktörü dikkate alındığında, saatlik ısı kazancı} = 9,87 \text{ kW}$$

$$\text{Günlük 18 saat çalışma esas alındığında, soğutma kapasitesi} = \mathbf{13,16 \text{ kW}} \text{ olacaktır.}$$

Soğuk Depolamanın Temelleri

Bölüm 3

Soğutma Sistemleri

Soğutma sistemi aşağıdaki gereksinimleri karşılayacak şekilde seçilmelidir:

1. Odalarda saklanan ürünlerin istenen sıcaklık değerine kadar uygun şekilde soğutulması, istenen sıcaklığın, bağlı nem düzeyinin korunması sağlanmalıdır. Günlük ürün ısı yükü, soğutma yükü hesaplarında önemli bir faktördür.
2. İstenen koşulların korunması ve homojen bir soğutma/sıcaklık dağılımı için düzgün hava akışı sağlanmalıdır.
3. Enerji faturaları, soğuk hava depolarının işletme giderlerinin en önemli kısmını oluşturduğundan, mümkün olan en iyi enerji verimliliğini sağlayan bir sistem tasarlanmalıdır.
4. Sistem, yük değişimlerine gereken tepkiyi gösterebilmesi için kompresör kapasite kontrol özelliğine sahip olmalıdır. Özellikle büyük ölçekli ünitelerde, sistemin arızalanması büyük ürün kayıplarına yol açacağından, sistemler yedeklemeli olacak şekilde tasarlanmalıdır.
5. Sistem, depolama koşullarını kaydetmek için otomatik/yarı otomatik kontrol sistemleri ve enstrümanlara, ürünün ihtiyacına bağlı olarak odalarda istenen sıcaklık seviyesini ayarlayabilecek ekipmana sahip olmalıdır.
6. Uygun nemlendirme sistemlerinin kurulması ve sürekli istenilen yüksek bağlı nem değerlerinin elde edilebilmesi için mutlaka otomasyon sistemleri uygulanmalıdır.
7. Sistemin işletimi, kolay ulaşılabilir yedek parça, soğutucu akışkan ve servis bakımıyla kolaylaşır.

Soğutma Sistemi Türleri

Soğuk hava depolarındaki soğutma sistemi türleri şöyle sınıflandırılabilir:

1. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri

Absorpsiyonlu soğutma sistemleri, özellikle de amonyak-su kombinasyonuna dayanan sistemler, bazı uygulamalarda buhar sıkıştırma sistemlerine bir alternatif oluşturabilir. Absorpsiyon sistemlerinin, doğrudan her türlü akaryakıt veya diğer tarımsal atıklardan elde edilen enerji ile çalışabilmek gibi temel bir avantajı vardır. Her ne kadar absorpsiyonlu sistemin yatırım maliyeti günümüzde daha yüksek olsa da işletme maliyetleri oldukça düşüktür. Enerji faturalarındaki tasarrufla 3-5 yıl gibi bir sürede kendini amorti eder. Bununla birlikte, absorpsiyon soğutma sistemlerini seçmeden önce her durumda iyi bir analiz/değerlendirme yapılmalıdır.

2. Buhar Sıkıştırmalı Mekanik Soğutma Sistemleri

Genellikle, kullanılan soğutucu akışkan açısından iki tip buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma sistemi vardır:

- HCFC/HFC kullanan soğutma sistemleri
- Amonyak kullanan soğutma sistemleri

HCFC/HFC ve amonyak sistemlerinin detayları verilecektir.

HCFC/HFC Kullanılan Buhar Sıkıştırırmalı Mekanik Soğutma Sistemleri

Bu sistemlerin seçimi soğuk hava depolarının boyutuna bağlıdır. Küçük ve modüler soğuk odalar için, hava soğutmalı kondenser ünitesini de içeren paket tipi, monoblok duvara/tavana monte edilen üniteler kullanılır. CFC'nin aşamalı olarak azaltılması doğrultusunda R-22, HFC-134A/R 404A ya da diğer ikame soğutucu akışkanların kullanılması yönündeydi. Bununla beraber, Montreal Protokolü ve Kigali Değişikliği gibi uluslararası uygulamalar HFC cinsi soğutucu akışkanların da kademeli azaltımı ve sonlandırılmasına işaret etmektedir. Son zamanlarda küresel ısınma değeri düşük olan doğal akışkanlar öne çıkmaktadır. Kondenser üniteleri çoğunlukla hava soğutmalı tipte olsa da su soğutmalı kovan ve boru (shell and tube) kondenserli üniteler de bazı büyük ölçekli tesislerde uygulama alanı bulmaktadır.

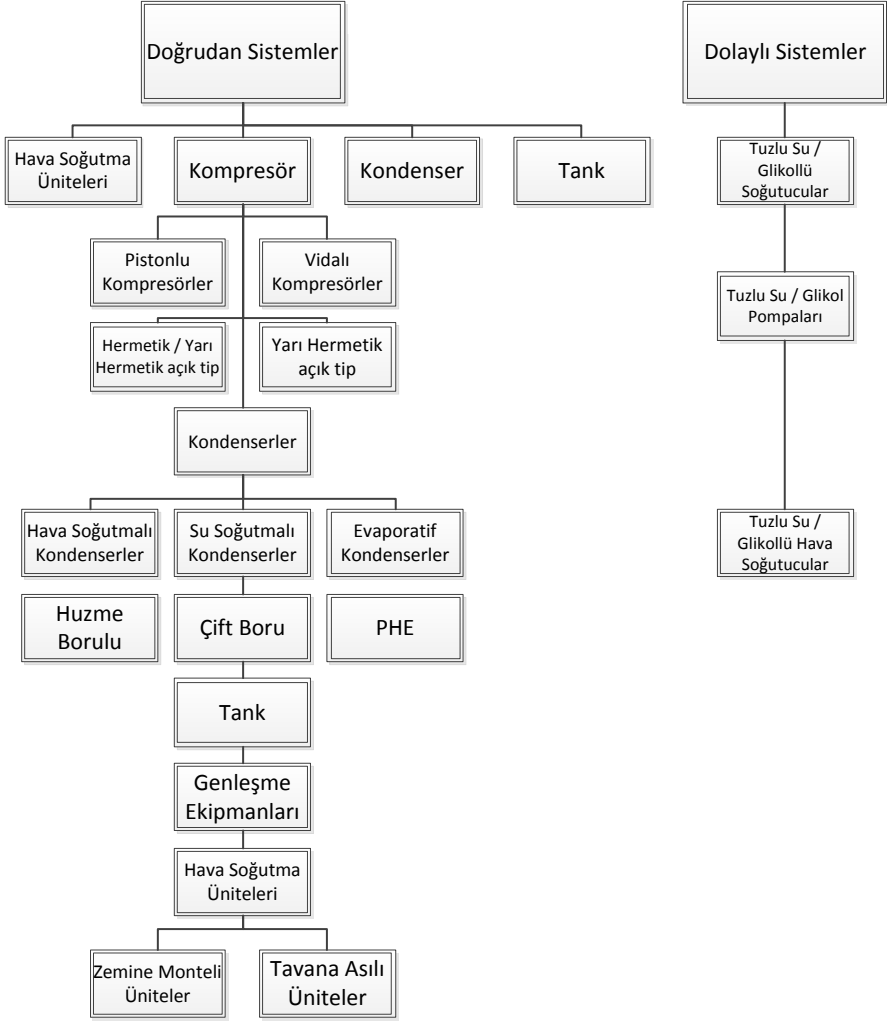
Üniteler ayrıca soğuk odada, duvarda/tavanda kurulu evaporatör ünitesi ve kondenser ünitesi ayrı ayrı monte edilmiş (split) şekilde de kullanılmaktadır. Daha büyük boyutlu soğuk odalar için, toplam soğutma ihtiyacını karşılamak üzere bu tür ünitelerden çok sayıda da monte edilebilmektedir. Çok odalı soğuk hava depolarında, birbirine paralel çalışan çok sayıda kompresöre sahip kondenser ünitelerinin ve her odada ayrı ayrı yerleştirilmiş evaporatör ünitelerinin kullanılması mümkündür. Kompresörlerin, değişken oda yüklerine göre çalışmalarını düzenlemek için kendi içlerinde kapasite kontrol (ve/veya "on/off" kontrol) sistemleri bulunur. Atmosfer kontrollü depolar gibi bazı büyük ölçekli, çok odalı projelerde, glikollü chiller için tasarlanmış merkezi tesisler de kullanılabilir. Bu sistemler daha pahalıya mal olur, işletimi için daha fazla enerji tüketilir, ancak ayrı ayrı oda koşullarını daha iyi kontrol etme avantajı sağlar.

Sistem Bileşenleri

Bu sistemlerin ana bileşenleri Şekil 3.1'de gösterilmiş ve aşağıda açıklanmıştır:

Kompresörler

Hermetik/yarı hermetik veya açık tip pistonlu veya vidalı kompresörler kullanılmaktadır. Pistonlu kompresörler çoğunlukla çok silindirli, tek kademeli tiptedir ve R404A ve alternatif soğutucu akışkanlar ile -25°C oda sıcaklığına kadar çalışabilir. Düşük depolama sıcaklığı uygulamaları için genellikle R 404A ile -35°C oda sıcaklığını sağlayabilen vidalı kompresörler kullanılır.



Şekil 3.1: HCFC/HFC ile çalışan sistemlerin temel componentleri.



Yekpare (Monoblok) soğutma sistemi



Split tip soğutma sistemi

Kondenserler

Genellikle kullanılan kondenserler; hava soğutmalı, su soğutmalı ve evaporatif tiplerdir.

Genel olarak, küçük kapasiteli ünitelerde hava soğutmalı kondenserler kullanılır. Bunlar, normal ortam sıcaklıklarında -25°C'ye kadar düşük muhafaza sıcaklıkları için kullanılabilir. Kondenser için, 35°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, uygun olan yerlerde, yoğunlaşma sıcaklığını ve dolayısıyla enerji tüketimini azaltmak amacıyla ön soğutma sistemi (Adyabatik soğutma) kullanılması önerilir.

Su soğutmalı kondenserler daha büyük üniteler için kullanılır ve boru ve kovan tipi veya PHE (plakalı) tip olabilir. Bunlar, soğutma kulesi, su pompaları ve borular gibi ek ekipmanlara gereksinim duyarlar. Su kalitesi de uygun koşullarda olmalıdır.

Su soğutmalı kondenserlerde kompresörler, hava soğutmalı kondenserlerle çalışan kompresörlere kıyasla daha düşük buharlaşma (evaporasyon) sıcaklıklarında çalışabilir. Daha düşük yoğunlaşma sıcaklıkları nedeniyle, su soğutmalı kondenserlerle çalışan kompresörlerin güç tüketimi, hava soğutmalı sistemlere kıyasla daha düşüktür. Daha verimli sonuçlar alabilmek için evaporatif kondenserler kullanılabilir. Daha düşük yoğunlaşma sıcaklıkları ve daha az ilave su gereksinimi gibi avantajlar sunarlar.

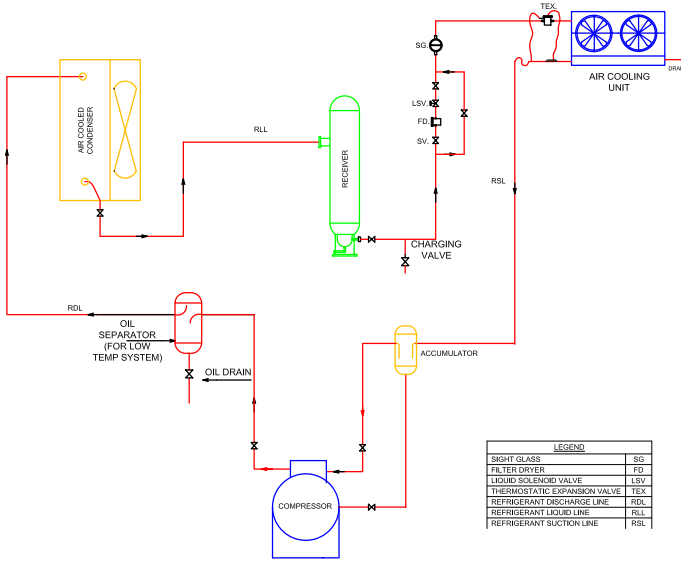
Evaporatör Üniteleri

HCFC/HFC soğutucu akışkanlarıyla çalışan evaporatör üniteleri genellikle tavan tipidir, ancak bazı eski soğuk hava depolarında hava dağıtımı için kanallı, zemine monteli üniteler de kullanılmaktadır.

Evaporatör serpantinleri genellikle bakır borudan yapılır, alüminyum lamellere sahiptir ve direkt genişlemeli (DX) tiptir. İndirekt sistemlerde, evaporatör serpantinleri, tuzlu salamura/glikol dolaşımına uygun şekilde tasarlanmıştır. Fanlar, uygulamaya bağlı olarak genellikle aksiyal veya radyal tiptir. Fanlar, üfleme ya da emme yönünde monte edilebilir.

Defrost sistemleri; sulu, sıcak gazlı (hot gas) ve elektrikli olarak tasarlanır. Sıcak gazlı ve elektrikli buz çözme daha hızlıdır ve çoğu modern sistem tasarımında bunlar seçilir. Şekil 3.2'de HFC sistemi için tipik bir akış şeması görülmektedir.

Soğuk hava depolarının tasarımında hava soğutma ünitelerinin seçimi çok önemli bir husustur. Soğutma işlevinin yanı sıra, istenen bağıl nemi ve istenen defrost performansını sağlayan sistemlerin seçilmesi gerekir. Oda hacmine göre hava debisi ve hava üfleme mesafeleri de ayrıca önemlidir. Üretici katalogları, çeşitli buharlaşma sıcaklıklarına, ünitelerin evaporatör buharlaşma sıcaklığı ve evaporatöre giren hava arasındaki sıcaklık farklarına, hava akışlarına, hava üfleme mesafelerine dayalı olarak kapasiteleri hakkında bilgi içerir.



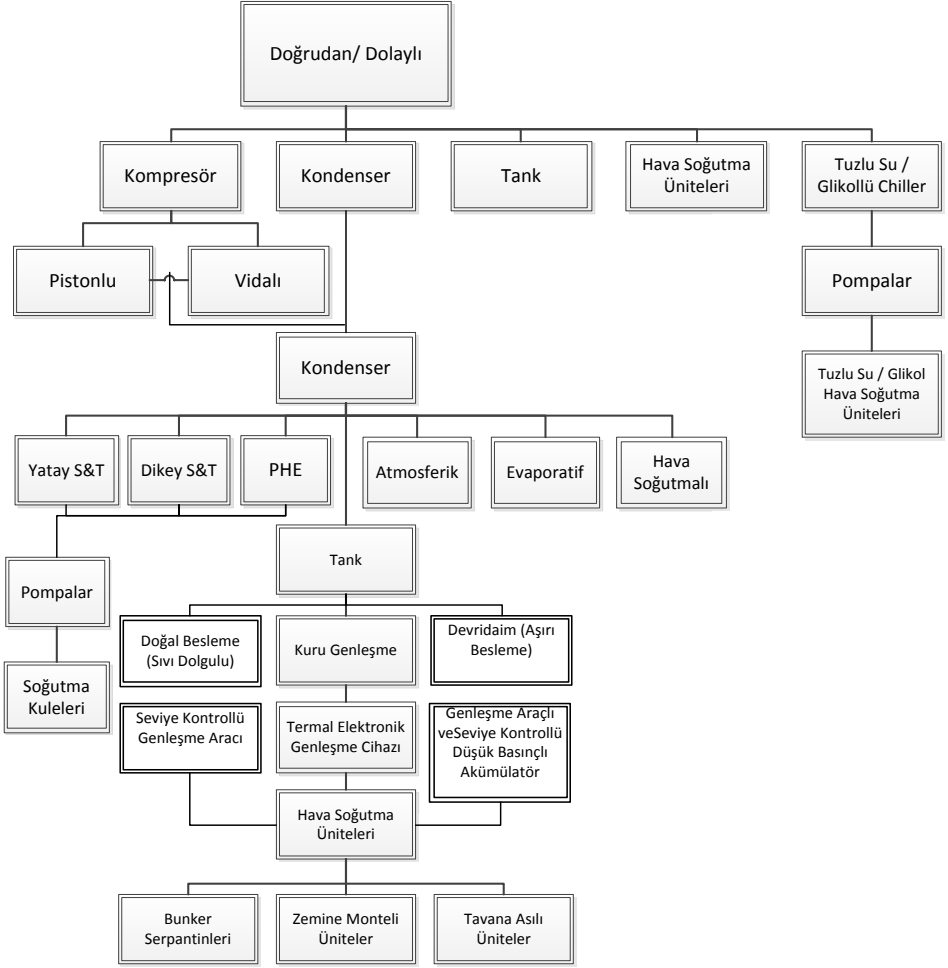
Şekil 3.2: HFC sistemlerin tipik akış şeması.

Amonyakla Çalışan Soğutma Sistemleri

Amonyaklı soğutma teknolojisi, soğuk hava depolama endüstrisinde, dünyanın dört bir yanında 100 yıldan fazla bir süredir kullanılmaktadır. Amonyak doğal bir soğutucu akışkandır, düşük maliyetlidir ve kolayca temin edilebilir. Hindistan'daki orta ve büyük ölçekli soğuk hava depolarının %90'ından fazlasında soğutucu akışkan olarak amonyak kullanılmaktadır. Amonyakın özellikle soğuk hava depoları da dahil olmak üzere endüstriyel soğutma alanında ekonomik ve güvenilir bir soğutucu akışkan olarak kendini kanıtladığını söylemeye gerek yoktur.

Genellikle 500 MT ve daha yüksek kapasiteli orta ve büyük ölçekli tesislerde amonyaklı merkezi üniteler kullanılmaktadır. Bu sistemlerde çoğunlukla, evaporatör serpantininde belirli bir soğutucu akışkan seviyesinin sürekli muhafaza edildiği taşmalı (flooded) serpantinli evaporatörler kullanılır. Yüksek kapasiteli soğuk depo üniteleri, genellikle düşük sıcaklık/düşük basınçlı soğutucu akışkanların dolaşımı için soğutucu akışkan pompalama sistemi kullanılır. Pompalı sistemler, merkezi kontrolün getirdiği avantajla, sıvının cebri dolaşımı sayesinde evaporatör serpantinlerinin, iyi bir performans göstermesini sağlar. Bazı durumlarda, eğer proses öyle gerektiriyorsa, salamura (brine)/glikol dolaşımı ile çalışan dolaylı sistemler de kullanılır.

Amonyaklı sistemlerin ana bileşenleri Şekil 3.3'te verilmektedir.



Şekil 3.3: Amonyaklı sistemlerin ana bileşenleri.

Kompresörler

Geçmişte çok sayıda soğuk hava deposu ünitesinde, düşük devirli pistonlu kompresörler kullanılmıştır. Yeni ünitelerin çoğunda ise 750 ila 1450 dev/dak arasında değişen, enerji verimliliği yüksek ve kapasite kontrolü pistonlu kompresörler vardır.

Büyük soğuk hava depoları ve donmuş gıda depolarında ise çoğunlukla vidalı kompresörler tercih edilmektedir. Vidalı kompresörler çok az hareketli parçaya sahiptir ve genellikle %10 ila %100 aralığında kademesiz kapasite kontrolü olanağı sunmaktadır.

Kondenserler

Amonyaklı soğutma sistemlerinde kullanılan kondenser tipleri şunlardır:

- Su soğutmalı (ısıyı su ile atan/uzaklaştıran) kondenserler
- Hava ve su soğutmalı (ısıyı hava ve su ile birlikte atan/uzaklaştıran) kondenserler,
- Hava soğutmalı (ısıyı hava ile atan/uzaklaştıran) kondenserler

a) Su Soğutmalı Kondenserler

Bu tip kondenserlerden ısı uzaklaştırma/atma işlemi suyun dolaşımı ile sağlanır. Genelde su, devridaim edilir ve kondenser ısısı soğutma kulesinden geçirilerek kondenserden çekilen ısı atmosfere bırakılır. Tesis yakınında nehir ve/veya göl gibi bir su kaynağı mevcut ise soğutma kulesine ihtiyaç yoktur. Kondenser ısısı direkt olarak bu kaynağa atılır. Soğuk hava depolarında aşağıda belirtilen su soğutmalı kondenserler kullanılmaktadır:

Boru ve Kovan (Shell and Tube) Tipi

Bunların yatay ve dikey olmak üzere iki farklı tipi vardır. Yatay tipler genellikle çok geçişli tasarıma sahiptir. Bu kondenserlerdeki su tarafı basınç düşüşü, genellikle, büyük uzunluklar ve fazla sayıda geçiş nedeniyle, HFC/HCFC'li soğutucu akışkan kondenserlerine oranla daha yüksektir. Su akış hızları 1 ila 2 m/s'dir.

Avantajları: Küçük hacimlidir, yeterli aşırı soğutma (subcooling) sağlanabilir, boruların mekanik olarak temizliği mümkündür.

Dezavantajları: Su tarafında fazla basınç kaybı olabilir, boruların sızdırması (kaçak) durumunda onarımı zordur.

Başlıca avantajları: Önemli yer tasarrufu sağlar, daha etkin ısı transfer performansı gösterir, boru temizliği kolaydır.

Dezavantajları: Yetersiz subcooling, borularda aşırı kireçlenme meydana gelebilir.

Çift Borulu Tip

Bu tipler, iç içe iki borudan oluşur. Soğutucu akışkan buharı iç boruda veya dairesel boşlukta yoğunlaştırılır. Üniteler genellikle 180 kW kapasiteye kadar mevcuttur ve daha büyük kapasiteler için paralel çok sıralı kurulum mümkündür. Su akış hızları 0,2 ila 2 m/s arasındadır.

Avantajları: Yeterli aşırı soğutma (subcooling) sağlanabilir, modüler kurulum mümkündür.

Dezavantajı: Boruların mekanik olarak temizlenmesi mümkün değildir.

Bu tasarımlar, atık ısı geri kazanımı uygulamalarında soğutucu akışkanın kızgınlığının alınması ve farklı ihtiyaçlar için, suyun ısıtılması için de kullanılabilir.

PHE (Plakalı Tip)

Yaygın olarak süt ürünleri uygulamalarında kullanılan plakalı ısı değiştiricileri günümüzde amonyaklı soğutma sistemlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Plakaların malzemesi genellikle kaynaklı veya nikel lehimli paslanmaz çeliktir. Bu kondenserler son derece kompakt yapıdadır, az miktarda soğutucu akışkan şarjı gerektirir, ancak su ve soğutucu akışkan tarafında yüksek basınç düşüşleri vardır. Isı transfer özellikleri diğer tiplere göre çok daha iyidir.

Başlıca avantajları: Son derece kompakt yapılıdır, çok az soğutucu akışkan şarjı gerektirir.

Dezavantajları: Su ve soğutucu akışkan tarafında yüksek basınç düşüşleri olur, kaynaklı tiplerin mekanik olarak temizlenmesi için sökülmesi gerekir, Nikel lehimli tipler için mekanik temizlik mümkün değildir, diğer tiplere göre daha yüksek maliyetlidir.

b) Hava ve Su Soğutmalı Kondenserler

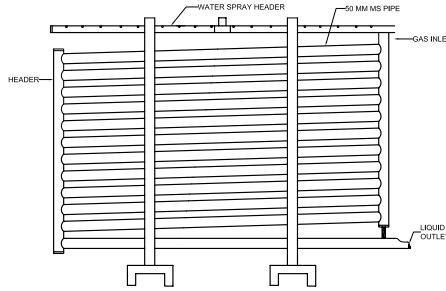
Bu kondenserlerin tasarımı hem hava hem de suyun yoğunlaşma yüzeyi üzerinde dolaşımı prensibine dayanır. Suyun dolaşımı pompalar tarafından gerçekleştirilirken, hava akımı ya doğal ya da mekanik yollarla (fanlarla) gerçekleşir.

Atmosferik Tip

Bunlar soğuk hava depolarının ve buz tesislerinin çoğunda kullanılan en yaygın kondenser tipleridir. Tasarım açısından basittir. Doğal hava dolaşımı ile kondenser ve soğutma kulesinin işlevlerini birleştirir (Şekil 3.4). Atmosferik kondenserler, 'U' dirsek tipi, serpantin tipi ve kolektör tipi gibi farklı tasarımlarda üretilir. Bunlar, en basit kondenser biçimleridir. Bu kondenserler genellikle 50 mm'lik çapta ağır çelik borulardan yapılır.

Bu kondenserler su depoları üzerine kurulur ve bütün sistem çok fazla yer kaplar. Kurulum, zeminde veya teraslarda yapılabilir.

Yukarıda belirtilen tüm tipler paralel akış prensibine dayanır. Avrupa'daki bazı üreticiler, kondenser kapasitesini arttırmak için ters akım ve çeşitli noktalarda yoğunlaşan buharın dışarı alınması şeklinde tasarımlar yapmışlardır. Bu gibi durumlarda ısı transfer katsayısının çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



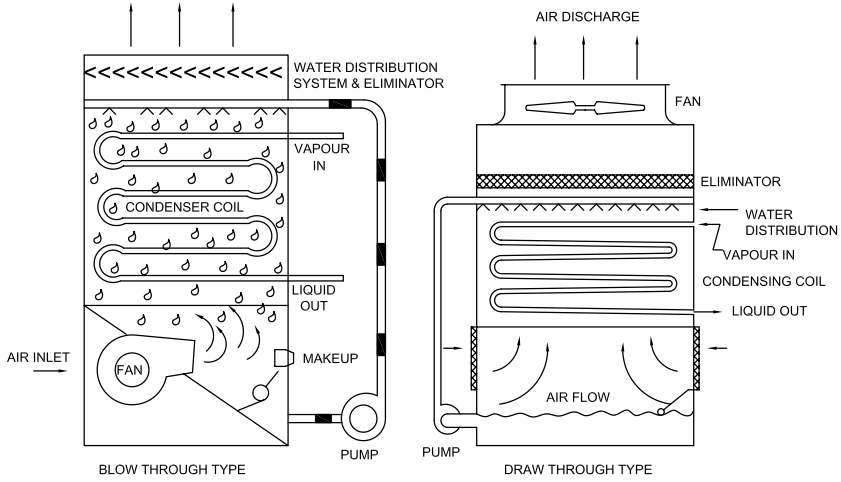
Şekil 3.4: Kollektörlü atmosferik kondenser

Evaporatif Tip

Bu tip, kondenser ve soğutma kulesinin işlevini kompakt biçimde birleştirir ve diğer tiplerden daha iyi performans gösterir. Bu kondenserler iki tipte yapılır: Hava girişi tarafına konulan fanlar ile cebri üfleme ve basma tarafına konulan fanlarla cebri çekişli olabilirler (Şekil 3.5). Sarpantinler, 20 mm ila 32 mm dış çaplı çelik borulardan imal edilir ve sıcak daldırma galvanizlidir. En yeni tasarımlarda, sarpantinler 20/25 mm paslanmaz çelik borulardan da yapılmaktadır. Fanlar aksiyal veya santrifüj tiptir. Isı transfer performansı, hava hızına, su akışına ve dış havanın bağıl nem değerine bağlıdır.

Bu ünitelerin avantajları: Kompakt yapıları, çok daha düşük su debisi, daha az besleme suyu ihtiyacı ve düşük dış ortam sıcaklıklarında su sirkülasyonu olmadan çalışma olanağıdır.

Dezavantajları: Boruların mekanik olarak temizlenmesi mümkün değildir, fanlar için ek elektriksel güç gereksinimine ihtiyaç vardır.



Şekil 3.5: Evaporatif kondenser.

c) Hava Soğutmalı Kondenserler

Hava soğutmalı kondenserler amonyak uygulamaları için geliştirilmiştir ve ortam sıcaklıklarının çok yüksek olmadığı yerler için iyi bir alternatif sunar. Kondenser havasının evaporatif soğutma ile ön soğutmaya tabi tutulması hava soğutmalı kondenserlerin performansını artırabilir. Bu tip kondenserlerde ısı geri kazanımı için kızgınlık alma (desuperheater) bölümü eklenmesi de yararlı olur.

Avantajları: Basit çalışma ve su ihtiyacının olmamasıdır.

Dezavantajları: Daha yüksek yoğuşma sıcaklığı, düşük soğutma etkinlik katsayısı (EER) ve daha yüksek enerji tüketimidir.

Evaporatör Üniteleri

Bugün piyasada çeşitli evaporatör ünitesi tasarımları bulunmaktadır. Bunlar; kanatlı-boru serpantinli zemine monte üniteler, kanatlı-boru serpantinli tavana monte üniteler ve çift üflemeli kanatlı-boru serpantinli ünitelerdir.

Çıplak Borulu (Bunker) Serpantinler

Eski soğuk hava depolarının birçoğu, çıplak borulu (bunker) tipi evaporatör serpantinlerine sahiptir. Bunlar geniş yüzey alanına sahip düz boru serpantinlerdir ve çok katlı odaların en üst katında bulunur. Tavan fanları odanın tavanının altına, serpantinlerin üzerine yerleştirilmiştir. Bu serpantinler düşük ısı transfer karakteristiğine sahiptir ve hava sirkülasyonu özellikle odaların alt kısmında çok etkili değildir. Bu sistemlerde homojen olmayan sıcaklık dağılımı, daha yüksek donma seviyeleri, dolayısıyla bağıl nem oranında düşme ve muhafaza edilen ürünlerde ağırlık kaybı gibi sorunlar yaşanır. Ayrıca, serpantinlerin çok hacim kaplaması nedeniyle faydalı depolama hacminde yaşanan kayıp, deponun kullanım ömrü boyunca sahiplerine doğrudan bir gelir kaybı olarak yansır.

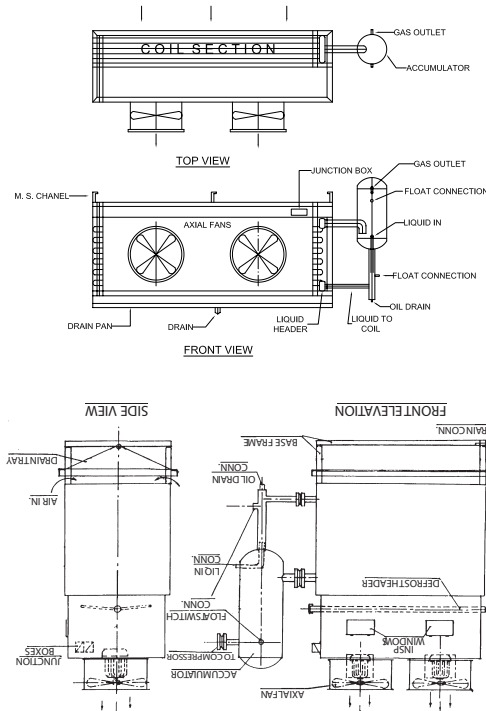
Zemine Monteli Üniteler

Diğer birçok eski tasarım tipinde, yere monteli evaporatör üniteleri (genellikle difüzör olarak adlandırılırlar) kullanılmıştır. Bunlarda genellikle santrifüj (radyal) fanlı, düz borulu evaporatörlerden oluşmuştur. Hava dağıtımı, ünitelerden en üst kata kadar hava kanalları ve orta katlara uzanan ilave bransmanlar ile sağlanmıştır. Zemine monteli evaporatör ünitelerinde ilerleyen yıllarda kanatlı-boru serpantinler ve aksiyal fanlar kullanılmaktadır. Aksiyal fan kullanımı nedeniyle bunlar daha kompakt yapıda ve daha verimli olmuştur.

Asma Tavan Üniteleri

Son yeniliklerle kanatlı borulu evaporatör serpantinleri ve aksiyal fan/pervane fanları olan, asma tavan üniteleri, kullanılmaktadır. Serpantinler, montajdan sonra sıcak daldırma yöntemiyle galvaniz kaplanan, yumuşak çelik kanatlı, yumuşak çelik borulardan yapılmaktadır. Bazı üreticiler alüminyum kanatlı yumuşak çelik boru serpantinler üretirken, son tasarımlarda alüminyum kanatlı paslanmaz çelik boru serpantinleri kullanılmaktadır. Genel olarak, küçük odalar için pervaneli fanlar yeterli hava sirkülasyonunu sağlarken, daha büyük hava debisine gereksinim duyulan büyük odalar için, eksenel fanlar kullanılmaktadır. Fan kanatları, aerofoil dizayna sahip yumuşak çelikten, dökme alüminyumdan ya da paslanmaz çelikten yapılır.

Genellikle, hava dağıtım kanalları da olan asma tavan üniteleri, iyi bir soğutma performansı sunarken, soğuk hava depolarında çok değerli olan hacimde de tasarruf sağlar. Asma tavan ünitelerinin enerji tüketimleri de yere monteli ünitelerden daha düşüktür. Bu ünitelerde kullanılan fanlar genellikle eksenel tasarımıdır ve alüminyum veya paslanmaz çelik kanatlara sahiptir. Evaporatör üniteleri, gerekli soğutma işlevine, uygun hava sirkülasyonuna ve istenen bağlı neme göre seçilmelidir. Şekil 3.6 ve 3.7'de akümülatörlü evaporatör örnekleri görülmektedir.



Şekil 3.6 ve 3.7: Akümülatörlü evaporatör ünitesi.

Amonyaklı Sistem Tipleri

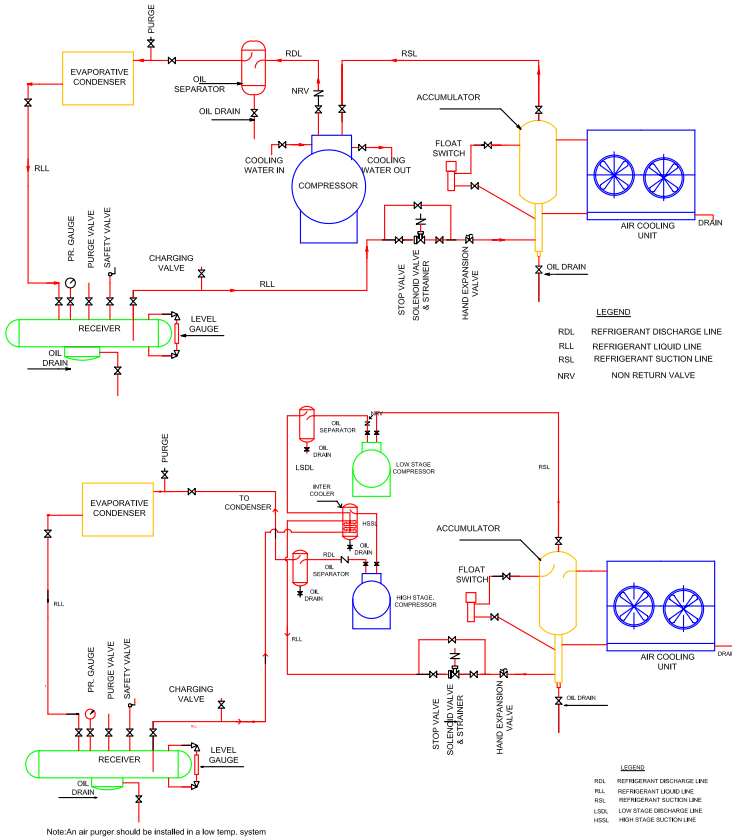
Uygulamaya bağılı olarak iki tip sistem kullanılmaktadır: tek kademeli sistemler ve iki kademeli sistemler.

Genellikle, tek kademeli amonyaklı sistemlerde pistonlu kompresörler -15°C 'ye kadar, vidalı kompresörler de -20°C 'ye kadar soğuk oda sıcaklıklarında kullanılır.

İki kademeli sistemler, dondurulmuş gıda depoları, sertleştirme odaları, dondurucular gibi daha düşük oda sıcaklıkları için kullanılır. Bunlarda düşük kademeli kompresörler ve yüksek kademeli kompresörler veya aynı gövdede üretilmiş hem düşük hem de yüksek kademeli tümleşik kompresörler bulunur.

Sisteme ara kızdırıcı/soğutucu bir ısı değiştirici eklenerek düşük kademeli kompresörden çıkan düşük sıcaklıklı kızgın buhar, akümülayon tankından gelen sıcak sıvı akışkan vasıtasıyla kızdırılarak (sıcaklığı artırılarak) yüksek kademeli kompresöre gönderilir. Diğer taraftan akümülatör tankından gelen sıvı soğutucu akışkan, kızdırıcı/soğutucu ısı değiştiricide ısısını düşük sıcaklıktaki akışkana verdiği için sıvı sıcaklığı düşer. Bu işlem sonucu istenilen subcooling değerindeki sıvı soğutucu akışkan elde edilir ve evaporatöre gönderilir. Sonuç olarak çift taraflı fayda sağlanmış olur.

Tek kademeli ve iki kademeli sistemler için tipik akış diyagramları, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.8 ve 3.9: Tek kademeli ve iki kademeli sistemler için tipik akış diyagramları.

İndirekt Sistemler (Salamura/Glikol)

İndirekt sistemlerde, salamura gibi ikincil bir madde (etilen glikol, propilen glikol vb.), soğutma makinesi tarafından soğutulur ve soğutulmuş salamura daha sonra çeşitli yerlere monte edilmiş havalı tip ısı değıştiricilerden geçirilerek ortam soğutulur. Bunun tipik örnekleri, kimya endüstrisinde, bira fabrikalarında vb. görülebilir. Kondenserlerin ve hava soğutma ünitelerinin seçimi bir sonraki bölümde ele alınacaktır.

Soğuk Depolamanın Temelleri

Bölüm 4

Soğuk Hava Depoları için Ekipman Seçimi

Öncelikli olarak soğutma yükü oda ısı kazancına göre hesaplanır ve soğutma kapasitesi belirlenir. Daha sonra sistem tasarımı yapılarak sistem performansını ve enerji verimliliğini en iyi şekilde karşılayacak ekipman seçimi yapılır. Sistem seçimi, kullanılacak olan soğutucu akışkan tipine (yani HFC veya Amonyak) göre yapılır. Soğuk hava depolarında kullanılan sistem tipleri 3. bölümde açıklanmıştır. Soğuk hava depoları için seçilecek ana ekipmanlar aşağıda verilmektedir.

1. HFC Soğutucu Akışkanı ile Çalışan Sistemler

- a. Hava soğutmalı veya su soğutmalı kondenser üniteleri
- b. Evaporatör üniteleri
- c. Soğutucu akışkan boruları
- d. Varsa su boruları ve drenaj hatları
- e. Kontrol sistemleri ve aksesuarları

2. Amonyak ile Çalışan Sistemler

- a. Kompresörler
 - Pistonlu / Vidalı / Tek kademeli / Düşük ve Yüksek Kademeli / Birleşik
 - Elektrik motorları
 - Yağ ayırıcılar ve benzeri aksesuarlar
- b. Kondenserler
 - Shell and tube
 - Atmosferik
 - Evaporatif
 - Plakalı (PHE)
- c. Likit tankları
- d. İki kademeli sistemler için ara kademe soğutucular
- e. Pompalı sistemler için düşük basınçlı akümülatörler ve soğutucu akışkan pompaları
- f. Evaporatör üniteleri
 - Zemine monteli tip
 - Asma tavan tipi
- g. Doğal beslemeli sistemlerde ünitelere yatay ya da dikey likit tutucular eklenir.
- h. Soğutucu akışkan boruları
- i. Su boruları
- j. Kontrol sistemleri ve aksesuarları

Ekipman Seçimini Etkileyen Faktörler

1.Sistem, yükleme ve muhafaza/saklama süresince gereken soğutma kapasitesini sağlamalıdır.

2.Sistem sağlam ve güvenilir olmalı ve özellikle amonyak sistemleri için yeterli kompresör soğutma kapasitesine sahip olmalıdır. Daha büyük soğuk hava depoları için kullanılan HFC'li sistemlerde, kondenser ve evaporatör ünitelerinin sayısı, ünitelerden birinin arızalanması durumunda sistemin tamamen devre dışı kalmayacağı şekilde belirlenmelidir.

3. Sistem mümkün olan en iyi enerji verimliliğine sahip olmalıdır.

4. Sistemin çalıştırılması ve bakımı kolay olmalı ve gerekli yedek parça ve satış sonrası servis, en kısa sürede ve uygun bir fiyata sağlanmalıdır.

HFC/HCFC Soğutucu Akışkanı ile Çalışan Sistemler İçin Ekipman Seçimi

1. Kondenser Üniteleri

Kondenser ünitelerinde, soğutma kompresörü ve motoru, fanlı, hava soğutmalı kondenser veya su soğutmalı kondenser, likit tankı, bağlantı boruları, kontrol paneli ve taşıyıcı kaide bulunur. Kondenser üniteleri, R134a, R404a veya diğer alternatif soğutucu akışkanlarla çalışmak üzere seçilebilir. Kompresörler hermetik, yarı hermetik veya açık tipte olabilir. Vidalı kompresörler belirli çalışma aralıkları için tercih edilebilir. Kondenser üniteleri aşağıdaki parametrelere dayanarak seçilebilir:

- Seçilen buharlaşma ve yoğuşma sıcaklığındaki soğutma kapasitesi: Genel olarak, buharlaşma sıcaklığı, istenen oda sıcaklığı ve istenen bağıl nem dikkate alınarak seçilir. En yaygın uygulamalarda, seçilen buharlaşma sıcaklığı, oda sıcaklığından 5 ila 7°C daha düşüktür. Bununla birlikte, daha düşük bağıl nemin gerekli olduğu bazı durumlarda, buharlaşma ve oda sıcaklıkları arasındaki sıcaklık farkı, 8 ila 10°C kadar olabilir.

Yoğuşma sıcaklığı, kondenserin tipine (yani hava soğutmalı, su soğutmalı veya evaporatif) ve ortam şartlarına bağlıdır. Genel olarak, hava soğutmalı kondenserlerde, seçilen yoğuşma sıcaklıkları yaz kuru termometre sıcaklığına göre 10 ila 15°C daha yüksek olmalıdır. Shell and tube gibi su soğutmalı kondenserlerde, yoğuşma sıcaklıkları maksimum yaz termometre sıcaklığından 10 ila 12°C daha yüksek olabilir. Evaporatif kondenserlerde, yoğuşma sıcaklıkları, ortam yaz termometre sıcaklığına göre 6 ila 10°C kadar düşük olabilir.

Buharlaşma sıcaklığı seçiminin uygulama şartlarına bağlı olduğu unutulmamalıdır, ancak seçilen yoğuşma sıcaklığının ideal enerji verimliliği için mümkün olduğu kadar düşük olması gerekir. Bu durum için de sınırlayıcı koşullar bulunmaktadır.

- Kondenser ünitesi sayısı: Genellikle uygulamada, küçük soğuk depolar için bir ya da iki evaporatör üniteli bağımsız kondenser üniteleri kullanılır. Daha büyük odalar için her biri %50 kapasiteye sahip iki ünite öngörülebilir. Çok büyük odalar için daha fazla ünite seçilebilir.
- Çoklu kompresörlü (Rack) üniteler: Büyük boyutlu/kapasiteli soğuk hava depoları için paralel çalışan çoklu kompresörlü kondenser üniteleri de seçilebilir.

Tablo 4.1'de, belirli bir kompresör modeli için tipik kondenser ünitesi seçimine ilişkin bir örnek görülmektedir. Farklı kondenser üniteleri için benzer veriler, üreticilerin seçim tablolarında ve yazılımlarında mevcuttur. Ayrıca kompresörlerin, kondenserlerin, fanın vb. detayları ve ünitelerin tüm boyut ve ağırlıkları da verilmektedir.

Tablo 4.1: HFC soğutucu akışkanı ile çalışan kondenser ünitesi.

Hava Soğutmalı Kondenser Ünitesi Modeli	Ortam Sıcaklığı (°C)	Soğutma kapasitesi(kW)/ Güç Tüketimi (kW)	Buharlaşma Sıcaklığı (°C)									
			10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	
XYZ	27	Soğutma Kapasitesi	2,7	2,3	1,9	1,5	1,2	0,95	0,70	0,49	0,32	
		Güç Tüketimi	0,7	0,65	0,6	0,53	0,47	0,42	0,37	0,32	0,27	
	32	Soğutma Kapasitesi	2,6	2,2	1,8	1,4	1,1	0,86	0,63	0,44	0,27	
		Güç Tüketimi	0,76	0,69	0,62	0,56	0,50	0,44	0,38	0,33	0,27	
	43	Soğutma Kapasitesi	2,2	1,9	1,5	1,2	0,96	0,72	0,51	0,33	0,18	
		Güç Tüketimi	0,85	0,77	0,70	0,63	0,55	0,48	0,41	0,33	0,25	

NOT: Tabloda verilen değerler bir sistem alınan ortalama değerlerdir. Bu değerler soğutucu akışkana ve kompresör verimliliğine göre değişebilir.

Su soğutmalı kondenserlerde, tablolar veya yazılımlar buharlaşma sıcaklığını ve kondensere giren soğutma suyunun sıcaklığını gösterir. Ara tasarım sıcaklığı gereksinimleri için kapasite değerleri, enterpolasyonla bulunabilir.

2. Evaporatör Üniteleri

Evaporatör ünitelerinin seçimi aşağıdaki faktörlere göre yapılır:

1. Seçilen buharlaşma sıcaklığındaki soğutma kapasitesi,
2. Buharlaşma sıcaklığı ve hava giriş sıcaklığı arasındaki fark,
3. İstenilen bağıl nem değeri,
4. Tasarımcının tercihinə göre kurulacak soğutma/evaporatör ünitesi sayısı,
5. Karşıladığı basınç değerine göre sağladığı hava debisi,
6. Hava üfleme mesafesi,
7. Uygulanacak Defrost tipi,
8. Serpantin ve kanatlarda kullanılacak malzemeler ve özellikleri,
9. Montaj tipi (zemine / duvara / tavana / kızaklı).

Mevcut uygulamalarda evaporatör üniteleri, çoğu soğuk hava depolarında tavana asılı tiptedir. Zemine monteli tipler ön soğutma ve üfleme dondurucular gibi uygulamalar için kullanılmaktadır. Kızaklı (ATR) tip üniteler genellikle soğutma odaları, paketlenme odaları vb. için seçilir.

Evaporatör serpantinlerinde alüminyum kanatlı bakır borular kullanılır. Kanat aralığı, oda sıcaklığı ve defrost tipi dikkate alınarak seçilir. Kanat aralığı genellikle 0 ila 5°C oda sıcaklıkları için 4 ila 6 mm, daha düşük sıcaklıklar için 8 ila 10 mm arasındadır. Çok düşük uygulamalar için daha büyük aralıklar kullanılır.

Buharlaşma sıcaklığı ve giren hava sıcaklığı arasındaki fark, % 80'in üzerindeki bağıl nem için genellikle 4 ila 5°C iken, daha düşük bağıl nem oranları için 8 ila 10°C olabilir. Hava debisi, yüksek bağıl nem uygulamaları için yüksek, düşük bağıl nem için ise düşük olacaktır. Hava soğutma ünitesinden, soğuk hava deposunun karşı duvarına doğrudan hava üflemesi mümkün olduğunda, ünitenin gerekli hava üfleme mesafesi dikkate alınarak seçilmesi önerilir. Bununla birlikte, geleneksel çok katlı soğuk hava depolarında olduğu gibi düşük tavan yüksekliğine sahip soğuk hava depolarında, hava akışını homojen olarak sağlamak için fanlardan çıkan havayı üst kısımlara (tavana) doğru yönlendiren kanal ağızları yerleştirilmesi gerekir. 10 metreye kadar hava üfleme mesafesi gerektiren odalar için, pervane tipi fanlı üniteler mevcuttur. Daha uzun hava üfleme mesafeleri ve kanal bağlantılı üniteler için, yeterli statik basınç sağlayabilecek aksiyal fanlar seçilmelidir.

Evaporatör üniteleri için hava ile defrost, su ile defrost, sıcak gaz ile defrost ve elektrikli defrost olmak üzere farklı tiplerde defrost uygulamaları mevcuttur.

Genel olarak, 3°C'nin üzerindeki oda sıcaklıkları için hava ile defrost kabul edilebilir. Daha düşük sıcaklıklar için günümüzde elektrikli defrost uygulamaları tercih edilmektedir. Tablo 4.2'de, Evaporatör Ünitesi seçimi için tipik bir seçim tablosu örneği görülmektedir.

Tablo 4.2: HFC soğutucu akışkan ile çalışan soğutma sistemi için evaporatör ünitesi.

Model	Kanat açıklığı (mm)	Değer kW		Yüzey Alanı (m ²)	Hava debisi (m ³ /h)	
		RT +2°C TD=6K	RT -20°C TD=6K			
ABC	4,25	3,7	2,5	42	1840	
DEF	8,5	3,0	2,1	24	1900	

Çeşitli kapasitelere, farklı kanat aralıklarına, ünitelerin fiziksel boyutlarına ve ağırlıklarına vb. göre ünite seçim çizelgeleri değişik üreticilerden temin edilebilir.

3. Soğutucu Akışkan Boruları

Kullanılan soğutucu akışkan boru tipleri aşağıda gösterilmiştir:

Borular	Fittingsler (Bağlantı parçaları/elemanları)
"L" tipi sert bakır boru	Dövme bakır, dövme pirinç veya kalaylı döküm pirinç
50 NB üzeri için dikişsiz çelik boru	Kaynaklı veya dişli yumuşak demir

Boruların ebatları için ISHRAE Refrigeration Handbook / ASHRAE Refrigeration Handbook veya başka kaynaklara bakılabilir.

4. Su boruları

Su soğutmalı sistemlerde, kondenserleri, pompaları ve soğutma kulesini birleştirmek ve su akışını sağlamak için su boruları gerekir. Bu borular genellikle 50 NB'ye kadar B sınıfı galvanizli demirden, daha büyük boyutlarda ise C sınıfı yumuşak çelikten dir. 50 NB boyutuna kadar bağlantı elemanları (fittingsler) dişli galvaniz demirden, daha büyük boyutlar için ise kaynaklanabilir yumuşak çelikten üretilir. 40 NB'ye kadar olan vanalar sürgülü, konik, küresel vanalardır. Daha büyük boyutlar için genellikle kelebek vanalar seçilir.

5. Kontrol sistemi bileşenleri

Soğuk hava depolama sistemlerindeki kontrol üniteleri; termostatik genişleme valfleri, solenoid valfler, termostatlarda basınçsız nem ayarlayıcılar gibi evaporatör besleme kontrolü ve kondenser ünitelerindeki diğer kontrol cihazlarından oluşur. Günümüzde sıradan termostatlarda yerine, dijital göstergeli sıcaklık kontrol cihazları kullanılmaktadır. Kontrol sistemleri, sistem gereksinimlerine göre sıcaklık ve nem ayarlama ile bazı durumlarda defrost sistemi işlevleri ve veri toplama yapacak şekilde tasarlanır. Belli başlı ekipmanlar arasında emme/likit hattı ısı değıştiricisi, emme hattındaki akümülatörler vb. sayılabilir.

Soğuk hava depolarında, her soğuk oda için güvenlik önlemi olarak, içeride birilerinin kilitli kalma olasılığına karşı acil durum alarm sistemlerine de gereksinim vardır.

Üfleme mesafe(m)	Bağlantı		Ağırlık (kg)	Fan Detayları		
	Giriş (mm)	Çıkış (mm)		Sayısı	Pervane Çapı (mm)	Fan başına (Watt)
8	15	22	50	2	300	100
9	15	22	45	2	300	100

Amonyaklı Sistemler İçin Gerekli Ekipmanlar

Amonyaklı sistemler çoğu orta ve büyük ölçekli/kapasiteli soğuk hava depolarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler, her uygulama için özel olarak tasarlanmalıdır. Paralel çalışan yedekli kompresörler, düşük ve yüksek kademelerden oluşan iki kademeli kompresörler ve tümleşik kompresörler gibi oldukça esnek seçenekler sunarlar. Amonyaklı sistemler, doğal veya sirkülasyon pompalı sıvı besleme seçenekleriyle, orta sıcaklık, düşük sıcaklık ve çoklu sıcaklık seçeneklerinin entegre çalışacağı şekilde tasarlanabilir.

Çeşitli bileşenleri ve seçimlerini etkileyen faktörler aşağıdaki gibidir:

1. Kompresörler

Kompresörler pistonlu veya vidalı olabilir. Pistonlu kompresörler, yağ ayırıcılar, karter ısıtıcılar, elektrik motorları, tahrik mekanizmaları, basınç göstergesi ve basınç kontrol mekanizmaları vb. gibi aksesuarlarla birlikte seçilmelidir. Genellikle kasnaklı olmakla birlikte bazı durumlarda doğrudan tahrikli modelleri de kullanılabilir. Vidalı kompresörler, kompresör, motor, yağ ayırıcı, yağ soğutucusu, kontrol paneli vb. gibi parçalarıyla paket şeklinde satılmaktadır.

Kompresörlerde istenilen özellikler;

- Güvenilir ve sağlam tasarım,
- Manuel/otomatik kapasite kontrolü,
- Kafa/ceketler için su soğutması (Bazı üreticiler ayrıca bazı çalışma aralıkları için hava soğutmalı kompresörler de üretmektedirler),
- Tam yükte ve kısmi yükte düşük enerji tüketimi,
- Sessiz ve titreşimsiz çalışma,
- Yedek parça ve servislerin hızla temin edilebilirliği.

Kompresörlerin aşağıdaki faktörlere dayanılarak seçilmesi gerekir:

• Tasarım buharlaşma ve yoğuşma sıcaklıklarındaki soğutma kapasitesi. Düşük ve yüksek kademe kompresörlere sahip iki kademeli soğutma sistemlerinde, düşük kademeli kompresörün yoğuşma sıcaklığı yüksek kademeli kompresörün buharlaşma sıcaklık değerlerine göre seçilebilir. Yüksek kademeli kompresörün buharlaşma sıcaklığı ise düşük kademeli kompresörün yoğuşma sıcaklığına göre seçilmelidir. Yüksek kademe kompresör yükü, düşük kademe kompresörünün soğutma kapasitesi ile düşük kademe kompresör motoru için enerji girişinin toplamı kadar olacaktır.

• Pistonlu kompresörlerde kapasite kontrol basamakları ve vidalı kompresörlerdeki kademesiz kapasite kontrolünde çalışma aralığı. Tablo 4.3 amonyaklı sistemlerde tipik kompresör seçim parametrelerini göstermektedir.

Tablo 4.3: Amonyaklı sistemde pistonlu kompresörler.

Buharlaştırma Sıcaklığı (°C)	Soğutma Kapasitesi/ Harcanan Güç	Yoğuşma Sıcaklığı (°C)					
		20	25	30	35	0	45
0	Q (kW)	258	250	240	231	221	209
	P(kW)	31	36	40	45	50	54
-5	Q(kW)	211	203	195	186	178	168
	P(kW)	31	35	39	43	47	51
-15	Q(kW)	134	129	122	115		
	P(kW)	29	32	35	37		
-20	Q(kW)	104	99	93			
	P(kW)	27	29	31			

2. Kondenserler

Amonyaklı soğutma sistemlerinde genellikle su soğutmalı kondenserler kullanılır. Bu sistemlerde tasarımcının seçimine göre çeşitli kondenser tipleri kullanılabilir. Bazı üreticiler, hava soğutmalı amonyaklı kondenserler geliştirmişse de bunların kullanımı yaygın değildir. Kondenser tipleri ve bunların seçim faktörleri aşağıdaki gibidir:

Shell ve Tube kondenserler

Kondenserin yanı sıra soğutma kulesi, pompa ve borulamalar ile ayrı bir soğutma suyu sistemine gereksinim duyulacağından, soğuk hava depolarında çok yaygın kullanılmazlar. Bu tip kondenserler, Shell (kovan) uç kısmındaki aynalara kaynatılmış/birleştirilmiş farklı tip ve çaplarda genellikle yivli/yivsiz bakır borulardan oluşmaktadır. Bu tip kondenserlerde sızdırmazlık çok önemlidir. Kondenserler üreticilerin seçim tablolarında veya yazılımlarında verilen ısı kapasitesi, yoğuşma sıcaklığı, su giriş ve çıkış sıcaklıkları ve kirlenme faktörüne bağlı olarak seçilebilir.

Bu kondenserler yatay veya dikey tiplerde mevcuttur. Dikey tipte, borular her iki ucunda da açıktır ve kondenserler bir su haznesi üzerine monte edilir. Kondenser suyunun soğutulması için de bir su soğutma kulesine ihtiyaç vardır. Boru ayna bağlantı noktalarında kaçak meydana geldiğinde, bu kondenserlerde sorunlar yaşanabilir. Ayrıca boruların suyun özelliğine göre belirli periyotlarda düzenli olarak temizlenmesi gerekir.

Atmosferik kondenserler

Soğuk hava depolarında en yaygın kullanılan bu tip kondenserlerdir. Doğal hava ile ve evaporatif soğutma prensibi ile çalışır, aynı anda hem kondenser hem de soğutma kulesi işlevi görürler. Kondenser yüzeyine doğrudan hava ve suyun temas etmesi nedeniyle, verilen ortam koşullarında yoğuşma basınçları oldukça düşüktür. Kondenser boruları su haznesi üzerine monte edilir ve bütün sistem hem zeminde hem de çatıda oldukça fazla yer kaplar. Boruların sık sık temizlenme gereksinimi ve boru bağlantılarının olduğu ek yerlerinde meydana gelen kaçaklar, bu tip kondenserlerin en büyük sorunlarıdır. Kondenserler genellikle korozyon önleyici boya ya da spreyle galvanizle kaplı 50 mm çapında ağır siyah çelik borularla üretilir. Standart tasarım, 12 ila 16 boru yüksekliğinde boru demetlerinden oluşur. Eski tasarımlarda bir sıra kondenser yapmak için 'U' dirsekleri kullanılmıştır. Ancak, 1970'lerde yapılan tasarımlarda, borular 3. Bölüm, Şekil 4'te gösterildiği gibi dikey kolektörlerle birleştirilmeye başlamıştır. Bu tasarım 'U' dirsek tasarımına kıyasla daha az basınç düşümüne neden olur. 12 boru yüksekliğindeki bir kondenserin her bir sırasının ısı kapasitesinin, 28 ila 24°C arasında değişen ortamdaki yaş termometre sıcaklığına bağlı olarak 20 ila 27 kW (17.200 ila 23.220 kcal/h) arasında olacağı söylenebilir.

Evaporatif Kondenserler

Evaporatif kondenserler bütün dünyada, soğuk hava depolarında ve diğer soğutma uygulamalarında kullanılan en verimli kondenser tipidir. Bunlar birçok üreticide bulunabilen mekanik çekişli kondenserlerdir. Kompakt yapıları, yüksek ısı performansları ve düşük su sirkülasyon gereksinimleriyle avantajlı ürünlerdir. Serpantinleri, sıcak daldırma galvanizli çelik borulardan yapılır. Bazı üreticiler daha az bakım gerektiren paslanmaz çelik kondenser serpantinleri de geliştirmişlerdir. Bu kondenserler, yumuşatılmış su ile çalışır.

Evaporatif kondenserler, üreticilerin, ısı kapasitesi, arzu edilen yoğuşma sıcaklığı, ortam yaşı termometre sıcaklığı vb. gibi unsurları temel alan seçim tablolarına bakılarak seçilebilir. Evaporatif kondenser seçiminde önem arz eden bazı tipik detaylar Tablo 4.4'te gösterilmiştir. Fan sayısı ve tipleri, fan motoru ebadı, pompa detayları, genel ebatlar, ağırlıklar vs. gibi bilgiler teknik veriler içinde bulunabilir.

Tablo 4.4 : Amonyaklı sistemler için evaporatif kondenser.

Model	Hava debisi (m ³ /s)	Su debisi (L/s)	Isıl Kapasite (kW)		
			Hava 25°C YT	Hava 27°C YT	Hava 29°C YT
EC-1	6,0	10,0	245	220	200

Not: Yukarıdaki veriler 38°C yoğuşma sıcaklığı için geçerlidir.

PHE (Plakalı Tip) Kondenserler

Bunlar soğuk hava deposu uygulamalarında nadiren kullanılır. Yüksek ısı transfer katsayısına sahiptirler ve boyut olarak oldukça kompakt yapıdadırlar. Ancak, shell and tube kondenserlerde olduğu gibi, bunlarda da soğutma suyu sistemi, soğutma kulesi vb. gereklidir. Üreticiler, ısı kapasitesine, yoğuşma sıcaklığına ve su giriş ve çıkış sıcaklıklarına bağlı olarak değişen PHE kondenserler üretebilmektedirler.

3. Likit tankları

Likit (sıvı) tankında, çalışma sırasında asgari miktarda soğutucu akışkan bulunur. Genelde tüm sistemde dolaşan soğutucu akışkanı veya arıza ya da uzun süreli çalışmama durumlarında geri toplanacak (pump down) kadar soğutucu akışkanı %80 hacimle alabilecek boyutlarda tasarlanırlar. Tanklar ASME veya diğer standartlara göre basınçlı kap olarak tasarlanır. Tablo 4.5'te, yaygın olarak kullanılan likit tank boyutları verilmektedir, ancak sistem gereksinimlerine göre daha büyük boyutlar da kullanılabilir.

Tablo 4.5: Yatay amonyak likit tankları.

Model	Çap (mm)	Uzunluk (mm)	Hacim (l)	Yaklaşık Ağırlık (kg)
1	350	1800	140	170
2	350	2400	190	225
3	500	2700	450	400
4	500	4800	800	750
5	600	4800	1100	900

Sıvı tanklarında giriş ve çıkış bağlantıları, izolasyon valfli seviye göstergeleri, servis ve

emniyet valfi bağlantıları, yağ tahliyeleri, kaideler vb. bulunur. Yasal düzenlemeler ve fabrika kuralları gereği, basınçlı kapların test edilmesi gerekir. Bu nedenle sistemde tankların yedekli kullanılması tavsiye edilir, böylece basınç testleri dönüşümlü olarak yapılabilir.

4. Ara Kademe Soğutucuları

Ara kademe soğutucuları, genellikle düşük sıcaklığa ihtiyaç duyulan soğuk hava depolarındaki iki kademeli sistemler için kullanılır. Düşük kademeli kompresörden çıkan kızgın buhar halindeki soğutucu akışkanın yüksek kademeli kompresöre girmeden önce kızgınlığının arttırılması ve ayrıca likit tankından gelen sıvı soğutucu akışkanın evaporatörlere beslenmeden önce ara soğutulması (sıcaklığının düşürülmesi) için kullanılırlar. Ara soğutucular önemli bileşenlerdir, sistemin kapasitesini, enerji verimliliğini ve sistem elemanlarının çalışma performansını artırmaya yardımcı olurlar.

5. Düşük Basınç Akümülatörleri ve Soğutucu Akışkan Pompaları

Bu bileşenler soğutucu akışkan sirkülasyon sistemlerinde, genellikle de büyük kapasiteli ve çok odalı soğuk hava depolarında kullanılır. Burada soğutucu akışkan genleştikten sonra, merkezi düşük basınç akümülatörüne gönderilir ve sıvı, buharlaşma oranının 3 ila 6 katı oranında değişik evaporatörlere pompalanır.

6. Evaporatör Üniteleri

Soğutucu akışkan olarak amonyak kullanan evaporatör üniteleri, daha önce HFC sistemleri için belirtilen faktörler dikkate alınarak seçilir.

Evaporatör serpantinleri, sıcak daldırma galvanizli çelik borular ve çelik kanatlardan oluşur. Ayrıca bazı üreticiler daha az bakım gerektiren ve daha uzun ömürlü paslanmaz çelik borular ve alüminyum kanatlar da üretmektedir. Kanat aralığı uygulamaya göre seçilir. 0 ila 5°C arasındaki oda sıcaklıkları için 6 ila 8 mm aralıklar seçilirken, sıfırın altındaki soğuk oda sıcaklıklarında aralıklar 8 ila 10 mm, hatta 12 mm olarak seçilebilir.

Evaporatör ünitelerinin seçimi için tipik örnek veriler Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6: Amonyaklı sistem evaporatör üniteleri.

Model	Kapasite (kW)	Hava Hacmi (m ³ /h)	Kanat aralığı (mm)	Fan detayları			Ağırlık (kg)	Serpantin Hacmi (l)
				Sayı	Çap (mm)	Fanın tüketeceği enerji (kW)		
ABC	5,3	6500	6	1	500	0,37	100	4,6
DEF	6	6500	8	1	500	0,37	160	6,2

Çeşitli firmaların, farklı tipte malzemeler kullanan, farklı tipte evaporatör tasarımları, fan tipleri ve yerleşimleri, hava akımı ve hava üfleme, soğutucu akışkan besleme tipleri, defrost tipi, ünitelerin fiziksel boyutları, ağırlıkları vb. seçim verilerine ulaşmak mümkündür.

Not: Kapasiteler, -10°C buharlaşma sıcaklığına karşın, buharlaşma sıcaklığı ve oda havası sıcaklığı arasında 5,5°C fark olduğu varsayılarak verilmiştir. Kapasiteler doğal beslemeli (sıvı dolgu) sistemler içindir. Diğer buharlaşma sıcaklıkları için düzeltme faktörleri Tablo 4.6A'da gösterilmektedir.

Tablo 4.6A: Farklı buharlaşma sıcaklıkları için düzeltme faktörleri.

Buharlaşma Sıcaklığı (°C)	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
Taşmalı tip batarya (Flooded)	1,05	1,03	1,0	0,98	0,96	0,93	0,91	0,89	0,87
Pompalı	1,10	1,08	1,05	1,03	1,01	0,99	0,96	0,94	0,92

7. Soğutucu Akışkan Boruları

Amonyaklı sistemlerde kullanılan soğutucu boru ve fittingsler aşağıdaki gibidir: Soğutucu akışkan borularında düz küresel vanalar, açıl vanalar, bilyalı vanalar vb. kullanılır. Bakır borular kullanılmaz.

Borulama	Fittingsler
IS 1239 / ASTM A53 / ASTM A106'ya göre Siyah çelik kaynaklı yumuşak demir boru.	Kaynaklı ya da dişli

Boru ebatları için ISHRAE Refrigeration Handbook / ASHRAE Refrigeration Handbook veya diğer tasarım kaynaklarına bakılabilir.

8. Su boruları

Su boruları (a) kondenser su sirkülasyonu (b) kompresör başlığı/ceket soğutma (c) sulu çözme sistemlerinde defrost ve (d) yoğunlaşma suyu tahliye boruları için kullanılır.

Bu borular genellikle 50 NB'ye kadar B sınıfı galvanizli demirden, daha büyük boyutlarda ise C sınıfı yumuşak çelikten dir. 50 NB boyuta kadar fittingsler dişli galvaniz demirden, daha büyük boyutlar için ise kaynaklanabilir yumuşak çelikten üretilir. Drenaj borusu, suyun kolayca akabileceği bir eğimle yerleştirilmelidir. Düşük sıcaklık uygulamalarında tahliye boru hatlarına entegre edilen **ısıtıcı kablo** veya boru ısıtma rezistansı gibi ısıtma elemanları sayesinde yoğunlaşma suyunun donması önlenmelidir. Boru dış yüzeyinde terleme olasılığı varsa uygun yalıtım malzemesi ve kalınlığı ile ısı izolasyonu yapılarak boru dış yüzeyinde terleme önlenmelidir.

Drenaj boruları için PVC, Polipropilen, HDPE vb. malzemeden yapılmış borular da kullanılır.

40 NB'ye kadar olan vanalar sürgülü / küresel / bilyalı tiptedir. Daha büyük boyutlar için genellikle kelebek tipi vana seçilmektedir.

9. Kontrol Sistemleri ve Aksesuarlar

Amonyaklı sistemlerdeki kontrol sistemleri, genişleme valfleri, sıvı seviye kontrolü için şaman-dıralı anahtarlar, solenoid valfler, termostatlar, nem ayarlayıcılar vb. gibi soğutucu akışkan besleme kontrolü ile kompresörler üzerinde yer alan basınç ve kapasite kontrol sistemlerinden oluşur.

Günümüzde sıradan termostatlar yerine, dijital göstergeli sıcaklık kontrol sistemleri ve yazılımlar kullanılmaktadır. Kontrol sistemleri, sistem gereksinimlerine göre sıcaklık ve nem ayarlama ile bazı durumlarda veri toplama vb. yapacak şekilde tasarlanır.

Soğuk hava depolarında, her soğuk oda için güvenlik önlemi olarak, içeride insanların kilitli kalma olasılığına karşı acil durum alarm sistemlerine de gereksinim vardır.

Bunlara ilave olarak, özellikle buharlaşma basıncının negatif olabileceği (vakum) düşük sıcaklıklı sistemlerde hava tahliye sistemleri de bulunur. Bu sistemler, tesisin büyüklüğüne ve tasarımcının tercihinə bağlı olarak manuel veya otomatik olabilirler.

Soğutma ve Soğuk Depolama Projelerinde Sıkça Kullanılan Terimler Sözlüğü

(Bu metin ISHRAE tarafından eklenmiştir. Yazara ait metnin bir parçası değildir).

1. **Akümülatör** - Emiş gazı içinde sürüklenen sıvı soğutucu akışkanı ayırmak için emme hattına yerleştirilen hazne ve tank şeklinde tasarlanmış bir elemandır. Kompresöre sıvı yürütmesini önler.
2. **Hava Değişim Sayısı** - Hava sızıntısı miktarı bazen her oda için saat başına belirli miktarda hava değişimi öngörülerek hesaplanır, değişim sayısı odanın tipine, kullanım şekline ve yerine bağlıdır.
3. **Evaporatör** - Isının havadan soğutucu akışkana aktarıldığı ünedir.
4. **Ortam Havası** - Genel olarak, bir nesneyi çevreleyen hava. Hava soğutmalı kondensere sahip evsel veya ticari bir soğutma sisteminde, kondensere giren havanın sıcaklığı.
5. **Dönüş Basıncı (Back Pressure)** - Bir sistemdeki buhar soğutucu akışkanın emiş basıncı için kullanılan terim.
6. **İngiliz Isı Birimi (BTU)** - 1 lb suyun sıcaklığını 1°F artırmak için verilmesi gereken ısı miktarıdır. Ortalama BTU, suyun sıcaklığını 32°F'den 212°F değerine artırmak için gereken enerjinin 1/180'idir.
7. **Hava Değişimi** - Taze hava veya filtrelenmiş sirkülasyon havasının soğutulacak ortama gönderilmesi.
8. **Soğutma** - Ürün/madde veya bir ortamdan ısı çekme işlemidir. Ürün/madde veya ortamın sıcaklığını çevre sıcaklığının altına düşürme işlemidir.
9. **Ön Soğutma Odası** - Soğuk depolamadan önce ürünlerin muhafaza sıcaklığına getirildiği oda.
10. **Konfor İklimlendirmesi** - İnsan konforu için bir yapı içindeki havanın, insan sağlığı ve konforunu etkileyen sıcaklık, nem, hız, dağılım, toz, bakteri, koku, toksik gazlar ve iyonlaşma gibi faktörlerinin tamamını veya en azından ilk üçünü eş zamanlı kontrolü.
11. **Defrost (Buz Çözme)** - Soğutma sisteminin evaporatöründeki karlanma/buzlanmanın bertaraf edilmesi işlemi.
12. **Nem Alma** - Havanın çiy noktası sıcaklığının altına kadar soğutularak içindeki su buharını yoğuşurma ya da kimyasal veya fiziksel yöntemlerle havadan uzaklaştırma.
13. **Dehidrasyon** - Emici veya tutucu materyaller kullanarak su buharını havadan uzaklaştırma. Suyu depolanan ürünlerden uzaklaştırma.
14. **Çiy Noktası** - Nemli hava hiçbir nem kaybı veya kazancı olmaksızın sabit basınçta soğutulurken yoğuşmanın başladığı sıcaklık.
15. **Diferansiyel (kontrol için)** - Kontrolörün devreye girme ve devreden çıkma noktaları arasındaki sıcaklık veya basınç farkı.
16. **Kuru Termometre Sıcaklığı** - Normal bir termometre ile ölçülen sıcaklık (sadece yaş termometre sıcaklığından ayırt etmek için kullanılan terim).
17. **Kanal** - Havayı veya diğer gazları iletmek için kullanılan oluk veya tüp.
18. **Evaporatör**: Soğutma sağlamak üzere sıvı soğutucu akışkanın ortamdan ısı alarak buharlaştırıldığı sistem parçası .
19. **Dıştan Dengeleyici**: Termostatik genişleme vanasında, buharlaşma basıncıyla harekete geçen ve valf gövdesi ile evaporatör çıkışı arasındaki boru bağlantısı. DX evaporatör içindeki aşırı basınç düşüşünü telafi etmek için kullanılır.

Soğuk Depolamanın Temelleri

Bölüm 5

Dördüncü bölümde, hem HFC soğutucu akışkan ile çalışan sistemler hem de amonyak ile çalışan sistemler için ekipman seçimi verilmiştir. Soğutma kapasitesi yüksek hem de çok sayıda farklı özellikte odası olan çok sayıda soğuk hava deposu projesi vardır. Birçok uygulamada kapasite artışı için ek tesisler inşa etmek gerekebilir. Bu gibi durumlarda yapılabilecekler şöyle sıralanabilir:

a) Her bir oda/bölge/bina için bağımsız işletme ve kontrol sistemlerine sahip, farklı HFC soğutucu akışkan kullanılan ayrı soğutma sistemleri tasarlamak ihtiyacı ortaya çıkar. Bu durum birden fazla tesis ve bakım noktası anlamına gelir.

b) Her soğuk oda için taşmalı tip evaporatörlü ve akış kontrollü merkezi amonyak sistemi tasarlamak ihtiyacı ortaya çıkabilir. Ancak, uzun boru mesafeleri nedeniyle, bu sistemler uygulamada verimsizdir.

c) Merkezi bir soğutma sistemiyle, glikol kullanılan indirekt bir sistem tasarlamak.

d) Sistem hem sıfırın üzerinde hem de sıfırın altındaki sıcaklıklarda sirkülasyon pompası devreye girecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu durumda soğutucu akışkan genleşmeden sonra merkezi bir düşük basınçlı akümülatöre beslenir ve sıvı farklı evaporatörlere sıvının buharlaşma oranının 3-6 katı olabilecek bir oranda pompalanır. Pompalı sistemin detayları aşağıda açıklanmıştır:

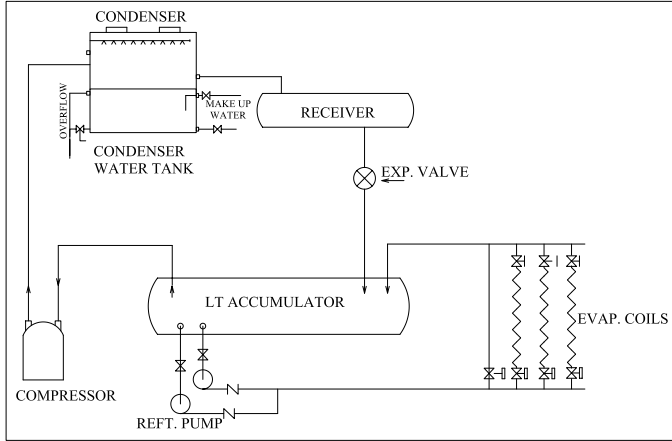
POMPALI SİSTEMLER

Yaygın olarak “Beslemeli Sistem” olarak bilinen pompalı soğutucu akışkan sistemleri, soğutmada kullanılan direkt genleşmeli ve indirekt sistemlerin avantajlarını birleştirir. Bu sistemde temel olarak, düşük sıcaklık ve basınçta genleşmiş soğutucu akışkanın evaporatörlerde dolaşımı ve dağıtımı için özel olarak tasarlanmış soğutucu akışkan pompaları bulunur. Bu sistemler düşük yatırım maliyetlerinin yanı sıra, indirekt sistemlere kıyasla daha iyi ısı performans ve daha düşük enerji maliyetleri nedeniyle endüstriyel soğutma alanında popüler hale gelmiştir.

Pompalı sistemler, özellikle amonyak gibi düşük maliyetli soğutucu akışkanları olan büyük kapasiteli tesisler için olduğu kadar, şok dondurucular (Blast Freezer), IQF üniteleri vb. ekipmanlar için de popüler hale gelmiştir. HFC soğutucu akışkanların kullanıldığı pompalı sistemler, soğutucu akışkanın birim kütle maliyetinin fazla ve büyük miktarda soğutucu akışkan şarjı gereksinimi nedeniyle sınırlı kalmıştır.

Temel sistem

Pompa sistemini temel bileşenleri Şekil 5.1'de görülmektedir.



Şekil 5.1: Tipik Bir Soğutucu Akışkan Pompa Sistemi için Temel Akış Şeması.

Kompresör ve kondenserin yanı sıra, likit tankından gelen sıvı soğutucu akışkanın genişleme valfi üzerinden beslendiği ve sıvı seviyesinin belirli bir seviyede kaldığı akümülatör tankı da ana bileşenlerden biridir. Bu, her bir evaporatör için ayrı ayrı akümülatör ve genişleme valfi ihtiyacını ortadan kaldırır. Genleşmiş sıvı soğutucu akışkan, soğutucu akışkan pompaları kullanılarak bütün evaporatörlerde dolaştırılır. Böylece düşük basıncıdaki genleşmiş sıvı soğutucu akışkan, farklı yerlerde veya farklı katlarda bulunan bir dizi evaporatöre gönderilir. Dolaşımdaki sıvının miktarı, genellikle buharlaşan sıvı akışkanın miktarının 3 ila 6 katı kadardır. Sistem aşağıdaki avantajları sunar:

1. Direkt sistemlerin buharlaşma basıncı, endirekt sistemlere göre daha yüksektir. Bu nedenle enerji tüketimi yaklaşık %15 kadar düşüktür. Diğer bir avantaj ise, sıvı soğutucu akışkan pompalarının pompalama gücü, salamura/ glikol pompaları için gereken güce kıyasla çok daha düşüktür.
2. Ana tesisin bir odasından veya herhangi bir noktasından soğutucu akışkanın merkezi olarak kontrol edilmesi mümkündür.
3. Soğutucu akışkan hatları için boru çapları, dolaylı sistemlerdeki soğutulmuş sıvı borularına kıyasla daha küçüktür.
4. Sıvı soğutucu akışkanın cebri dolaşımı, evaporatörlerin ısı performansını artırır.
5. Sıcak gaz defrost işlemi çok daha kolay bir şekilde gerçekleştirilebilir.
6. Akümülatör tankından çıkan soğutucu akışkan neredeyse doymuş olduğundan, kompresörün çalışmasına uygun durumdadır. Evaporatörlere giden yağın dolaşımı da azdır.

Pompa sistemini sirkülasyon sisteminin dezavantajları şunlardır:

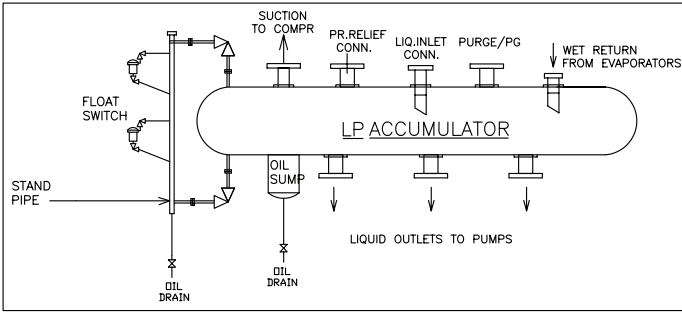
1. Besleme ve geri dönüş hatları için daha büyük boru çapları gereklidir.
2. Hem besleme hem de geri dönüş hatları için yalıtım gerektiğinden, ek yalıtım maliyetleri oluşur.

Akümülatör (Akümüstasyon Tankı)

Akümülatör, pompalı sirkülasyon sisteminin önemli bir bileşenidir. Aşağıdaki işlevlere sahiptir:

1. Sıvı ayırıcı olarak kullanılır.
2. Pompalara yeterli sıvı temin etmek için sıvı stokunun seviye kontrolü ile muhafaza edilmesini sağlar.
3. Evaporatörlerden çıkan akışkan, özellikle evaporatörler yüksekteyse depolama görevi üstlenir.

Akümülatörler yatay veya dikey olabilir, ancak genellikle daha iyi sıvı ayırma kapasiteleri nedeniyle yatay tasarımlar tercih edilmektedir. Dikey akümülatörlerin, sıvı çıkış noktalarının yakınında girdap oluşturma ihtimali vardır. Tipik bir yatay akümülatörün genel görünümü, Şekil 5.2'de verilmektedir. Akümülatör üzerindeki bağlantılar dikkatlice yapılmalıdır. Her soğutucu akışkan pompası için ayrı besleme hatlarının olması arzu edilir. Oluşabilecek ana problemlerden biri de akümülatördeki basınç veya seviye dalgalanmaları nedeniyle pompa girişinde kavitasyon meydana gelmesidir. Pompalar, kavitasyon etkilerine dayanabilmekle birlikte, bu süreler zarfında sıvı pompalamayı durdururlar. Akümülatördeki en düşük sıvı seviyesi ile pompa arasında yaklaşık 1,5 m'lik bir seviye farkının korunması arzu edilir.



Şekil 5.2: Yatay LP (Düşük Basıncı) Akümülatör- Genel Görünüm.

Soğutucu Akışkan Pompaları

Soğutucu akışkan pompaları, açık tip, yarı hermetik tip ve hermetik tip olabilir. Bu pompalar çoğunlukla santrifüjdür. Bu pompalar, geleneksel su veya sıvı pompalarından farklı olarak, sıvı-gaz karışımı ile de çalışabilirler. Basma yüksekliği ve güvenilir çalışma karakteristikleri nedeniyle, soğutucu akışkan devridaim sistemleri için en uygun pompalardır. 1970'lerden sonra piyasaya sürülen soğutucu akışkan santrifüj pompalarının, düşük kirliliğe sahip ortamlarda çalışmada daha verimli ve daha uygun olduğu görülmüştür.

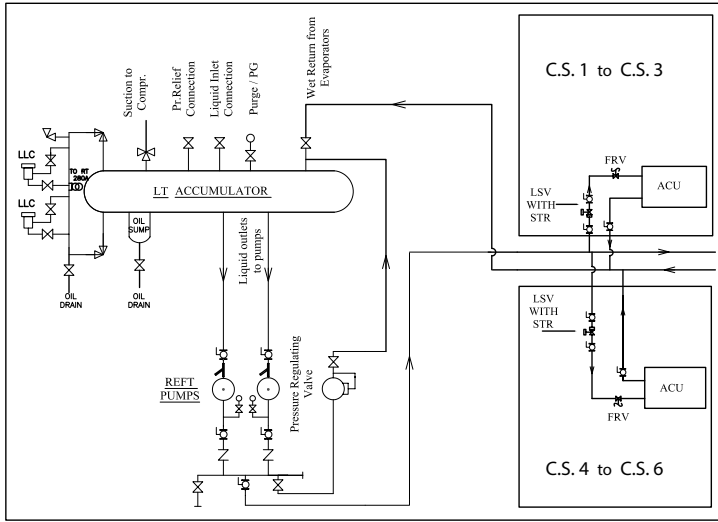
Pompa Düzenlemeleri

Uygulanabilecek pompa düzeneklerinin/uygulamalarının bazıları şunlardır:

1. Tek pompalı uygulamalarda birçok evaporatör beslenebilir ve her biri, termostat kontrollü bir solenoid valf ile kontrol edilebilir. Ünitelerin çoğu devre dışı kaldığında, pompalar üzerindeki basınç artar. Bu nedenle pompa üzerinde çok yüksek statik basınç oluşmasını önlemek için basınç ayar valfli bir bypass hattı tasarlanır.
2. Çok pompalı düzenlemede, pompalar paralel olarak çalışır. Sistemin çalışması, basınç anahtarları ve bypass akış kontrolü ile yönetilebilir.

3. Bağımsız devreli pompa düzenlemesinde, sistemin her bir bölümü ya da her bir evaporatör için bağımsız kontrol edilen ayrı bir pompa kullanılabilir. Örneğin, çok katlı bir uygulamada her kat için ayrı bir pompa kullanılabilir. Sistemin tasarımcısı, işletme esnekliği, yük dalgalanması ve ilgili diğer faktörleri de dikkate alarak uygun bir pompa düzenlemesi seçmelidir.
4. Çoklu sıcaklık gereksinimine sahip iki kademeli soğutma sistemlerinde, düşük kademe ve yüksek kademe için ayrı akümülatörler ve ayrı pompalar temin edilmelidir.

Çok bölmeli bir soğuk hava deposu için, düşük basınçlı akümülatör, soğutucu akışkan pompası ve dağıtımını gösteren tipik bir soğutucu akışkan akış şeması, Şekil 5.3'te görülmektedir.



Şekil 5.3: Çok Bölmeli Soğuk Hava Depoları için Tipik Devridaim Pompalı Soğutucu Akışkan Akış Şeması.

Akümülatörlerde, soğutucu akışkan sıvı seviye kontrolü, yağ karteri veya ayrı bir yağ haznesi bulunur. Soğutucu akışkan pompalarında bypass basınç kontrolü de mevcuttur. Soğuk hava odalarındaki soğutma ünitelerinde, oda sıcaklık kontrolörleri tarafından kontrol edilen solenoid valfli kontrol düzenekleri bulunur. Sıcak gazı ayrı ayrı serpantinlere besleyerek ve geri dönen yoğunlaşmış akışkanı düşük basınçlı akümülatöre giden dönüş hattına vererek sıcak gazlı defrost sistemleri de kurulabilir.

Sonuç

Pompalı sistemler, taşmalı (flooded) sistemler ile indirekt sistemlerin avantajlarını birleştirmektedir. Bu sistemler, enerji tasarrufu da dahil olmak üzere çeşitli avantajları nedeniyle, büyük soğuk hava depoları ve gıda işleme sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerin verimli ve sorunsuz çalışması için uygun kontrol sistemleriyle birlikte tasarlanması gerekir.

Soğuk Depolamanın Temelleri

Bölüm 6

Emniyet Hususları

Soğuk hava deposu projeleri hem yapımları hem de işletilmelerinde birçok mühendislik disiplinine ihtiyaç duyar. Bunlar arasında: a) İnşaat ve yapı işleri b) Isı yalıtımı, yalıtımlı paneller, yalıtımlı kapılar c) Soğutma sistemleri d) Kontrol sistemleri e) Su temini, sıhhi tesisat sistemleri ve yoğunlaşma suyu tahliyesi f) jeneratörler ve aydınlatma sistemleri dâhil elektrik tesisatları g) Yangın söndürme h) Asansörler ve diğer malzeme taşıma ekipmanları i) Güvenlik vb. diğer konular sayılabilir. Bu nedenle, soğuk hava depolarında, tasarım, inşaat, cihaz seçimi ve montaj, test ve validasyon, devreye alma, işletme ve bakım aşamasındaki her işlem için güvenlik önlem ve düzenlemeleri yer almalıdır.

Sistemlerin geneline yönelik önemli güvenlik hususları aşağıda verilmiştir:

1) İnşaat ve Yapı İşleri

Orta ve büyük ölçekli soğuk hava depoları, 2 ila 2,5 m tavan yüksekliğine sahip çok katlı yapılardır. Genellikle, soğuk odaların bir tarafında veya soğuk odaların iki sırası arasında yer alan bir koridorları vardır. Sandviç panellerle inşa edilen küçük soğuk depolar genellikle yalnızca tek katlı konstrüksiyonlardır.

Soğuk hava depolarının güvenliği konusunda aşağıdaki hususların dikkate alınması gerekir:

- a. Soğuk depo katları, saklanacak ürüne uygun emniyet faktörleriyle tasarlanmalıdır.
- b. Çatılar, suyun tahliyesi için uygun eğime sahip sızdırmaz bir koruma sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Ekipmanın takviyeli çimento beton (RCC) tipi çatılara yerleştirilmesi durumunda, yapı, ekipmanın statik ve dinamik yükünü karşılayacak/taşıyacak şekilde tasarlanmalıdır. Evaporatif, atmosferik kondenserlerde, soğutma kulesi ve su depolama tanklarında, fazla su içeren ekipmanlarında ağırlığı dikkate alınmalıdır.
- c. Evaporatör üniteleri çoğunlukla tavana asılı, bazen de yere monteli olabilir. Tavan/çatı yapısı, ilgili konumdaki bu yükler dikkate alınarak tasarlanmalıdır.
- d. Kompresör ve motorların zeminleri, uygun tasarıma sahip olmalıdır. Makine dairesi zeminini, yoğunlaşma üniteleri, düşük basınç ve yüksek basınç tankları, pompalar, elektrik panelleri, vb. gibi ekipman yükleri dikkate alınarak tasarlanmalıdır.
- e. Soğuk bölmelerdeki zeminlerde, yükü karşılamak için yalıtım daha yüksek yoğunlukta seçilmeli ve yük gereksinimlerini karşılamak için beton tabakası, uygun özellik ve kalınlıkta dökülmelidir.
- f. Yalıtımlı panellerle inşa edilmiş soğuk hava depoları için yapı, rüzgâr yüklerine dayanacak şekilde tasarlanmalıdır.
- g. Çok katlı soğuk hava depolarında, ön odalarda merdiven ve malzeme asansörleri bulunmalıdır.

Merdivenlerin ve asansörlerin dış duvarların yakınına yerleştirilmesi ve ayrıca yangın merdiveni olarak ilave bir merdiven koyulması önerilmektedir. Acil çıkışlar için açılabilir pencereler ve koridorlarda yeterli acil havalandırma önerilmektedir.
- h. Aşırı nemli yerlerde, koridorlarda nem birikme sorunu çok fazla oluşabilir. Nem birikmesi hem yapıya hem de yalıtım malzemelerine zarar verebilir. Uygun yerlere şerit perdeler asmak, yoğun ürün hareketliliğine sahip ünitelerde de koridorlara dışarıdan gelen nemi engellemek için nem alma üniteleri koymak, bu sorunu en aza indirecektir.

i. Orta ve büyük ölçekli depolarda, makine dairesi, tercihen soğuk depoya yakın, bağımsız bir blokta yerleştirilmelidir. Makine dairesinin iki/üç tarafı dışarıya açılabilen kapıları olmalı ve büyük boyutlu bir erişim kapısı ile ilave bir kaçış kapısı bulunmalıdır. Ekipman yerleşimi, hareket ve bakım için yeterli alan sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Makine dairesindeki zemin döşemesi, kaymaz tipte olmalıdır. Makine dairelerinde kablo ve boruların standartlara uygun bir şekilde montajı yapılmalıdır.

j. Soğuk hava depo yapılarının, depreme dayanıklı olacak şekilde, en son geçerli yerel yasalara göre tasarlanması gerekir. Soğuk hava depoları yaparken, tasarımcıların ulusal yönetmelik ve standartlara başvurmaları önerilir.

2) Isı yalıtımı, yalıtımlı paneller, yalıtımlı kapılar

Isı yalıtımında aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekir:

a. Soğuk hava depolarında kullanılan ısı yalıtım malzemesi yanmaz, kendi kendine söne-bilen tipte olmalıdır. Metal veya *Fiber Reinforced Polymer - FRP* uygun özellikte sac kaplamaya sahip olmalıdır (eski tasarım soğuk hava depolarında çimentolu sıva kullanılırdı). Zemin yalıtımı ayrıca, hafif demir donatılı ya da donatısız betonla kaplanmalıdır.

b. Soğuk hava depolarında bulunan yalıtımlı kapılar, içeriden açılabilir olmalıdır.

c. Yalıtım panelli yapılarda, önemli bir husus da soğuk odalardaki hava basıncının dengelenmesidir. İç basınç, soğutma işlemi sırasında düşme, buz çözme işlemi sırasında da artma eğilimindedir. Bu şekilde oluşan vakum veya fazla basınç, panel yapılarında ciddi hasarlara neden olabilir. Bu nedenle, panelli yapılarda yeterli sayıda basınç emniyet valfinin bulunması gereklidir.

d. Sıfırın altındaki sıcaklıklar için tasarlanan depolarda, zemin altındaki sıcaklığı donma noktasının üstünde tutabilmek için bir zemin altı ısıtma/havalandırma sistemi kurulması önem arz eder. Yer altı sularının yüzeye yakın olduğu ve yer altı sıcaklığının suyun donma noktasının altına düştüğü durumlarda oda ve zemin altı arasında oluşabilecek sıcaklık farkının bir sonucu olarak yer altında olası don oluşumunu engellemek için bu tedbir alınmalıdır. Yer altında don oluşması, zemine ve hatta depo binasına ciddi hasarlar verebilir.

Genellikle şu yöntemler izlenir:

1) Yalıtımın altındaki zeminin ısıtılması

- Elektrikli ısıtma paspasları kullanılması
- Boru şebekesi üzerinden sıcak glikol dolaştırılması

2) İzolasyon altındaki zemine havalandırma boruları/kanalları döşenmesi

Danışmanların/tasarım mühendislerinin yapı ile ilgili bu ve buna benzer özel durumların daha tasarım aşamasında binanın mimarlarına bildirmesi önerilir.

3) Soğutma Sistemleri

Soğutma sistemlerinin güvenliği, tasarım, planlama, üretim, kurulum, test, devreye alma, işletme, bakım aşamalarının tamamında göz önünde bulundurulmalıdır.

BIS/ASHRAE ve diğer kuruluşlar tarafından yayınlanan ilgili emniyet kurallarını takip etmek/uygulamak esastır. Genellikle dikkate alınan hususların bazıları şunlardır:

- Kompresörlerdeki yüksek basınç, düşük basınç ve yağ basıncı prensipleri,
- Kondenser fanları/su pompaları ve kompresörler arasındaki karşılıklı kilitlemeler,
- Yüksek basınçlı tanklar, kondenserler, düşük basınçlı tanklar ve diğer basınçlı kaplardaki basınç emniyet valfleri,
- Tanklardaki sıvı seviye göstergeleri için metal korumalar.

Tüm yüksek basınçlı kaplar ASME veya buna karşılık gelen diğer yönetmelik ve/veya standartlara uygun olmalıdır. Tüm basınçlı soğutucu akışkan kapları standart normlara göre hidrostatik olarak test edilmiş olmalıdır. Bu nedenle sistemde yüksek basınçlı tanklardan iki tane bulunması önerilir; böylece tanklardan biri sistemden izole edilerek test gerçekleştirilebilir.

Tüm soğutma ekipmanları, borular, fittingsler, vanalar, aksesuarlar ve kontrolörler, kullanılan soğutucu akışkana uygun malzemelerden seçilmelidir. Amonyaklı sistemler için bakır ve bakır alaşımları kullanılmamalıdır. Ekipman ve boru tesisatı, en iyi mühendislik uygulamalarını takiben ve ASHRAE 15 Mekanik Soğutma için Güvenlik Kodunda tavsiye edilen güvenlik normlarına uyacak şekilde yapılmalıdır. Kurulumdan sonra sistem, yukarıda bahsi edilen Güvenlik Kodlarında belirtilen test basınçlarıyla teste tabi tutulmalıdır. Basınç tahliye vanaları, 0,15 m³ veya daha yüksek hacimli tüm basınçlı kaplarda bulunmalıdır. Basınç tahliye vanalarından tahliye, binanın çevresini etkilemeyecek şekilde döşenmiş borularla gerçekleştirilmelidir.

25 kg'dan daha fazla soğutucu akışkan içeren tesislerde, kullanım talimatlarının yer aldığı uygun panolarda, arıza, sızıntı ve acil kapatma vb. durumlarda alınacak önlemler belirlenmelidir.

4) Elektrik Tesisatı

Tüm elektrik tesisatı, ilgili ülkenin elektrik yönetmeliği ve diğer ilgili yerel yasalara göre yapılmalıdır. Yasa ve yönetmeliklerde olmayan gereklilikler ilgili standartlar referans alınarak yapılmalıdır.

Soğuk hava depolarındaki aydınlatmalar, PVC borular içinden geçen kablolar veya zırhlı kablolar kullanılarak yapılmalıdır. Orta sıcaklıktaki soğuk hava depolarında kullanılan aydınlatma armatürleri, buhar geçirmez akrilik kapaklı CFL tipinde seçilebilir. Sıfırın altı sıcaklıktaki depolarda sodyum buharlı lambalar tercih edilir. Makine dairelerinde, koridorlarda ve soğuk hava deposunun her katında en az bir noktada acil aydınlatma bulunmalıdır.

Ortak noktalara ve soğuk odaların kapılarına yakın noktalara, butonlu acil durum alarm sistemi koyulmalıdır.

Büyük soğuk hava depo binalarında, uygun topraklama ile iki farklı noktaya yıldırım önleyiciler koyulmalıdır. Yani paratoner uygulaması yapılmalıdır.

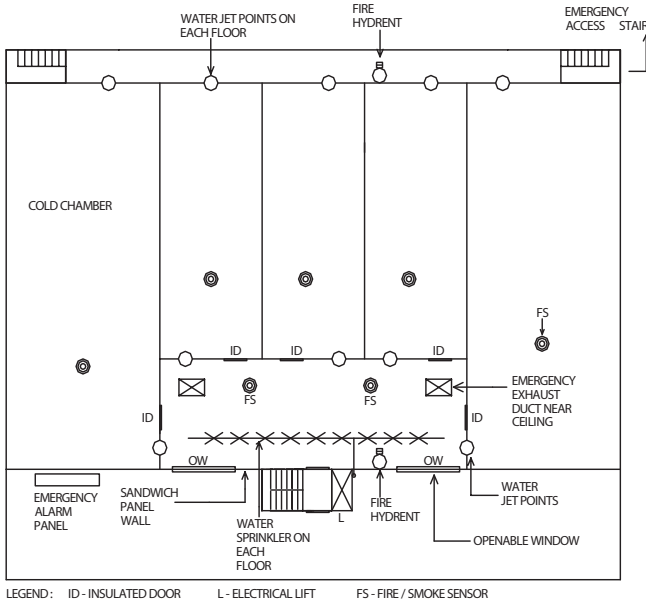
5) Yangından Korunma

Tüm soğuk depo tesisatlarında uygun yangından korunma önlemleri alınmalıdır. Bu önlemler şöyle sıralanabilir:

a. Yangın alarm sistemleri ile birlikte farklı alanlara yangın ve duman sensörlerinin koyulması,

- b. Kuru kimyasalların, CO2 içerikli yangın söndürücülerinin ve kum kovalarının temin edilmesi,
- c. Soğuk hava bölgelerinde uygun yerlere ve aşırı yüksek basınçlı soğutucu akışkan tanklarına uygun yangın sistemlerinin kurulması,
- d. Tüm orta ve büyük ölçekli soğuk hava depoları için yerel yasalara göre uygun yangın söndürme sisteminin kurulması.

Soğuk hava depolarında olması gereken çeşitli yangından korunma hazırlıklarını gösteren acil durum planı Şekil 6.1'de görülmektedir.



Şekil 6.1: Önerilen yangın koruma tertibatına sahip tipik bir soğuk hava deposu.

Emniyetle İlgili Genel Konular

Soğuk hava depolarında kullanılan üniteler ilk yatırım maliyeti yüksek olan cihazlardır. Depolanan malların değeri ise çoğu zaman soğuk hava depolarının maliyetinden kat kat fazladır. Bu nedenle inşaat, işletme ve bakımın her aşamasında emniyet hususları hayati önem taşır. Çıkan yangınlar zamanında kontrol altına alınmazsa, depolanan ürünlerin, ekipmanların, bina ve yalıtımın, elektrik tesisatının vb. kaybedilmesine ve içeride insanların mahsur kalması halinde can kaybına neden olabilir. Benzer şekilde, soğutucu akışkan kaçakları zamanında kontrol edilmezse depolanan ürünlerin kaybına neden olabilir ve personele zarar verebilir.

Bu nedenle, ürün, mal ve personel kaybını önlemek, kazalara/yanınlara etkin bir şekilde müdahale edebilmek için yöneticilere ve çalışanlara emniyet kuralları ile ilgili eğitimler verilmelidir.

Soğuk hava depolarında malların taşınması ve istiflenmesinde de güvenlik elden bırakılmamalıdır. Ekipman/adam ve malzemenin taşınmasında kullanılan koridorlar, yeterince

geniş ve açık olmalıdır. Koridorlarda kaçışı ve taşımayı engelleyici ve kazaya neden olabilecek eşya ve benzeri engeller olmamalıdır. Lamba armatürleri ve istiflenmiş ürünler arasında daima yeterli boşluk bulunmalıdır.

Soğuk hava deposu binalarının, yalıtım malzemelerinin, tesis ve makinelerin, elektrikçilerin, işçilerin ve depolanan ürünlerin her türlü kaza, yangın veya diğer zararlara karşı sigortalanması kesinlikle şarttır.

Kodlar ve Standartlar

Soğuk hava depoları yapımı için uyulması gereken bazı kod ve standartlar Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1: Amonyaklı soğuk depolara ilişkin kod ve standartlar.

a) Mekanik Soğutmada Güvenlik	
Mekanik Soğutmada Güvenlik Yönetmeliği	ASHRAE 15 - 2001
Amonyaklı Mekanik Soğutma Sistemlerinde Ekipman Tasarım ve Kurulumu	ANSI / IIAR 2 - 1992
Amonyaklı Kompresör Üniteleri	ANSI / ARI 510 - 1993
b) Boru Sistemleri / Ekipmanları	
Soğutma Boruları	ASME / ANSI B 31.5 -1992
Dikişsiz Karbon Çelik Borular	ASTM A106
Dikişsiz ve Kaynaklı Siyah / Sıcak Daldırma Çinko Kaplamalı Borular	ASTM A53
Düşük Sıcaklık Hizmetleri için Dikişsiz ve Kaynaklı çelik boru	ASTM A333
c) Basınçlı Kaplar	
Soğutucu Akışkan Tankları	ANSI / ARI 495- 1999
Su Soğutmalı Kondenserler	ARI 450 - 2007
Hava Soğutmalı Kondenserler	ARI 460 - 2005
Evaporatif Kondenserler	ARI 490 - 2003
Soğutma Üniteleri	ARI 420 - 2000

Neden Soğuk Hava Depomuz "Çevre Dostu" Olmasın?

Soğuk hava depoları, kaliteyi koruyarak ve raf ömürlerini uzatarak yiyecekleri, ilaçları, kanı, filmleri vb. ürünleri korumak içindir. Tüm operasyon; inşaat, tesis ve makinelerin, depolanan malların ve işçilerin, müşterilerin ve ziyaretçilerin emniyetlerini güvence altına alarak, yeterli eğitime sahip personel tarafından, uygun ve doğru bir şekilde yerine getirilmelidir.

Soğuk hava depoları için başlıca işletme giderleri, enerji faturalarıdır. Bu nedenle, soğuk hava depolarının işleyişinde her seviyede bir "enerji tasarruf kültürü" benimsenmesi zorunludur. Dış ortam sıcaklığında gelen taze ürünleri depoya koymak için sabahın erken saatlerini tercih etmek, soğuk gece havasının etkisinden yararlanmak iyi bir uygulamadır.

Günümüzde, 'Yeşil Proje' kavramı tüm dünyadaki organizatörlerin, tasarımcıların, mühendislerin ve yöneticilerin dikkatini çekmektedir. Bu yüzden 'Yeşil Soğuk Hava Depoları'

kavramını hayata geçirmek hedeflenmeli, bunun için de yüksek enerji verimliliğine sahip, sağlam ve güvenilir teknolojiler kullanılmalıdır.

Soğuk hava depolarında sağlam, güvenilir ve enerji verimli çalışmayı sağlamak için bazı önemli hususlar aşağıda belirtilmiştir:

- a. Bina tasarımı minimum dış yüzey alanı/ hacim oranına sahip olmalıdır.
- b. Minimum güneş ısı kazanımı sağlayacak bina tasarımı yapılmalıdır. Batı ve Güney cephesine ağaç dikerek gölgeler oluşturmak yararlı olabilir. Hava sızmasına (infiltrasyon ısı) bağlı soğutma yükünü azaltmak için kapılar, depoların gölgeli ve rüzgâr akımına ters cephelerine yerleştirilmelidir.
- c. Kapılardan hava geçişini azaltmak için esnek plastik şerit perde kullanılması, önerilmektedir.
- d. Soğuk odalara, borulara, akümülatörlere minimum ısı ve buhar iletimi sağlamak üzere buhar bariyerli, iyi tasarlanmış ısı yalıtımı uygulanmalıdır.
- e. Soğutma sistemlerinde Ozon Delme Potansiyeli (ODP) sıfır ve Küresel Isınma Değeri (GWP) düşük çevre dostu soğutucu akışkanlar kullanılmalıdır.
- f. Yağmur suyu toplama sisteminin kurulması ve kondenserler/soğutma kuleleri için mümkün olan yerlerde geri dönüşümlü su kullanımı uygulamaları yapılmalıdır.
- g. Soğutma sistemi mümkün olan en iyi enerji verimliliğini sağlamak üzere tasarlanmalıdır. Kompresörler, kapasite kontrolüne sahip olmalıdır. Optimum verimlilikle çalışmayı sağlamak için kısmi yüklerde bile verimli çalışabilen kompresörler tercih edilmelidir.
- h. Enerji tüketimini azaltmak için HFC kullanan sistemlerde hava soğutmalı kondenser için adyabatik olarak ön soğutulmuş hava, amonyaklı sistemler için de evaporatif kondenser kullanılmalıdır. Evaporatör fanları enerji verimli olmalıdır. Fan ve pompa motorları için Frekans Konvertörleri (*Variable Frequency Devices-VFD*) kullanılması önerilir.
- i. Eğer kazançlı bir şekilde kullanılabilecekse, sıcak su üretmek için atık ısı geri kazanım uygulamaları yapılmalıdır.
- j. Soğuk odalarda enerji verimli aydınlatma, yani aynı aydınlatmayı sağlayan ve daha az enerji harcayan/tüketen lambaların kullanılması tercih edilmelidir. Acil durum aydınlatma ve alarmları mutlaka tesis edilmelidir.
- k. Solar fotovoltaik aydınlatma gibi yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımı önerilmelidir.
- l. Sistem, sıcaklık ve kapasite kontrolleri ile soğutucu akışkan debisini ayarlayan yeterli kontrol sistemleri tesis edilmelidir.
- m. Personelin ve depolanan malların güvenliğini göz önünde bulundurarak güvenli ve verimli yükleme/boşaltma ve istifleme uygulamalarını kolaylaştıracak tesis tasarımı yapılmalıdır.

Sonuç

Soğuk hava deposu tasarımında, yapımında, işletilmesinde ve bakımında ihtiyaç duyulan sağlam ve enerji verimli sistemlerin yanı sıra, güvenlik hususları da her aşamada son derece önemli bir rol oynar.

Bina tasarımları ve soğuk depo bina tasarımı ve yapımına dair mühendislik kurallarını içeren birçok standart ve örnek alınacak pek çok verimli proje vardır. Güvenlik uygulamalarının takibi ve acil durumlarda doğru müdahale için personelin eğitilmesi şarttır.

Soğuk hava depolarını inşa ederken ve işletirken "Çevre Dostu" bir bakış açısına ihtiyaç vardır.

Bina yapımında ve ekipmanların konumlandırılmasında deprem ve yangın yönetmeliklerine mutlaka uyulmalıdır.

Referanslar:

1. ISHRAE Handbook - Refrigeration 2006
2. ASHRAE Handbook - Refrigeration 2002 ve 2006
3. BIS / ASHRAE ve diğer kuruluşlara ait çeşitli standartlar.

Soğuk Hava Depolarındaki Bağıl Nem, Sıcaklık Farkına Bağlıdır

Bu kutudaki metin ISHRAE tarafından eklenmiştir ve yazara ait değildir.

0°C'nin üzerindeki soğuk hava depolarında;

Depolama odası için istenilen bağıl nemi, ürünün özelliği belirler. İstenilen bağıl nem ise depodaki hava sıcaklığı ile evaporatör buharlaşma sıcaklığı arasındaki fark ile belirlenir.

Et, sebze ve süt ürünleri muhafaza eden genel amaçlı bir soğuk hava deposunda, genelde bu farkı 5,6°C ila 6,7°C arasında tutmak deneyimlere göre, %80 ile %85 aralığında bir bağıl nem sağlar. Bu değer aralığı, genel soğuk hava deposu uygulamaları için uygundur.

0°C'nin altındaki soğuk hava depolarında;

Düşük sıcaklıktaki odalarda, ambalajsız ürünlerin su kayıp miktarı sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır. Aşırı su kaybının önlenmesi önemli olduğundan ve emme sıcaklığı azaldığında ünitenin soğutma kapasitesi hızla azaldığından, sıcaklık farkını maksimum 5,6°C'lik düzeyde tutmak yerinde olacaktır.

İstenen doymuş emme sıcaklığında soğutma ünitesi kapasitesini, 0,56°C sıcaklık farkında birim soğutma kapasitesine bölerek yaklaşık olarak bulunabilir:

$$\frac{\text{Soğutma Ünitesi Kapasitesi (Doymuş emme sıcaklığı için)}}{\text{Evaporatör Kapasitesi (0,56°C Sıcaklık Farkında)}} = \text{Sıcaklık Farkı (TD)}$$

Dört Gıda Sınıfı için Cebri Hava Üniteli Soğutucular için Önerilen Sıcaklık Farkları (TD):

Sınıf	TD (K)	Yaklaşık Bağıl nem	Ürün sınıfı açıklaması
1	4 -5	%90	Depolama sırasında minimum miktarda nem buharlaşır. Sebzeler, mamul maddeler, çiçekler, paketlenmemiş buz ve soğutma odaları.
2	5,5- 6,5	%80- %85	Genel depolama içindir. Marketlerdeki soğutucular bu gruptadır. İçinde Paketlenmiş et ve sebze, meyveler ve benzeri ürünler saklanır. Bu ürünler Sınıf 1'dekinden biraz daha az bağıl nem değerlerine ihtiyaç duyarlar.
3	6,5- 9	%65- %80	Bira, şarap, ecza, patates ve soğan, kavun gibi sert kabuklu meyveler ve kısa ömürlü paketlenmiş ürünler. Bu ürünler sadece ortalama düzeyde bir bağıl neme ihtiyaç duyarlar.
4	9,5- 12	%50- %65	Hazırlama ve kesme odaları, bira ambarları, şekerleme ya da film depoları, yükleme rıhtımları. Bu uygulamalarda çok az bağıl nem ihtiyacı vardır ya da bağıl nemden etkilenmezler.

