

46997

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN  
EKONOMİK TASARIMI**

**Mak.Müh.Cüneyt Deniz KÜHEYLAN**

**F.B.E. Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı Isı-Proses Programında  
hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. İsmail TEKE**

**İSTANBUL, 1995**

**YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
TANIMLAMA VE AKADEMİK İZLENLERİ MERKEZİ**

## İÇİNDEKİLER

1.0	GİRİŞ	1
2.0	SOĞUK DEPOLAMAYA GİRİŞ	2
2.1	Soğuk Depolama Uygulamaları	3
2.2	Soğuk Depolama	4
3.0	TEMEL DİZAYN	5
3.1	Soğutma Yük Profiline Çıkartılması	5
3.2	Soğuk Depolama Tipleri	5
3.2.1	Depolama Araçları	5
3.2.2	Ana Enerji Kaynakları	8
3.2.3	Depolama Teknikleri	8
3.3	Ekipmanlar	9
3.3.1	Soğutucu Cihazlar	9
3.3.2	Depolama Tankları	10
3.3.3	Kontrol Ve Kontrol Malzemeleri	11
3.4	İşletme Ve Kontrol Yöntemleri	11
3.4.1	Soğutma Grubu Çalışma Çizelgesi	11
4.0	DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	18
4.1	Soğutucu Tipi	18
4.2	Depolama Hacmi	18
4.3	Depolama Maliyeti	19
4.4	Depolama Etkinliği	19
4.5	Boşaltma Sıcaklığı	19
4.6	Boşaltma Akışkanı	20
4.7	Tank Bağlantısı	20
5.0	SOĞUTULMUŞ SU DEPOLAMASI	22
5.1	Temel Özellikler	22
5.2	Genel Tanımlar	22
5.2.1	Katmanlama	23

5.2.2	Çoklu Tank Sistemi	28
5.2.3	Zar Veya Diyafram	28
6.0	DIŞ SERPANTİN ÜSTÜ ERİYİK BUZ DEPOLAMA SİSTEMLERİ	31
6.1	Temel Özellikler	31
6.2	Genel Tanımlar	31
6.3	Soğutma Sistemleri	32
6.4	Depolama Tankları	35
6.5	Kontrol	35
6.6	İşletme Ve Kontrol Stratejileri	35
6.7	Bina Sistemine Bağlantı	36
6.8	Doldurma Boşaltma Karakteristikleri	37
6.9	Ebatlandırma	38
6.10	İlk Yatırım Maliyeti	39
6.11	İşletme Maliyeti Ve Verimlilik	39
6.12	İşletme Ve Bakım	39
6.13	Comissioning	40
7.0	İÇ SERPANTİN ÜSTÜ ERİYİK BUZ DEPOLAMA SİSTEMLERİ	42
7.1	Temel Özellikler	42
7.2	Genel Tanımlar	42
7.3	Soğutma Sistemleri	45
7.4	Depolama Tankları	45
7.5	Kontrol	46
7.6	İşletme Ve Kontrol Stratejileri	46
7.7	Bina Sistemine Bağlantı	47
7.8	Ebatlandırma	48
7.9	Doldurma Boşaltma Karakteristikleri	48
7.10	İlk Yatırım Maliyeti	49
7.11	İşletme Maliyeti Ve Verimlilik	51

7.12	İşletme Ve Bakım	51
7.13	Commissioning	51
8.0	ENCAPSULATED BUZ DEPOLAMASI	53
8.1	Temel Özellikler	53
8.2	Genel Tanımlar	53
8.3	Soğutma Sistemi	55
8.4	Depolama Tankları	55
8.5	Kontrol	57
9.0	ÖTEKTİK TUZ FAZ DEĞİŞİM MADDELİ SOĞUK DEPOLAMA	58
9.1	Temel Özellikler	58
9.2	Genel Tanımlar	58
9.3	Soğutma Sistemleri	59
9.4.1	Depolama Tankları	62
9.4.2	Taşıyıcılar	62
9.5	Kontrol	63
9.6	İşletme Ve Kontrol Stratejileri	63
9.7	Bina Sistemine Bağlantı	64
9.8	Ebatlandırma	65
9.9	Doldurma - Boşaltma Karakteristikleri	65
9.10	İlk Yatırım Maliyeti	66
9.11	İşletme Maliyeti Ve Verimlilik	66
10.0	SOĞUTMA GRUBU VE SOĞUK DEPO EBATLANDIRMASI	67
10.1	Temel Özellikler	67
10.2	Soğutma Grubu Ebatlandırması	67
10.3	Soğuk Depo Kapasite Hesabı	72
10.4	Örnek Hesaplama	72
10.4.1	Günlük Tam Depolama	74
10.4.2	Günlük Kısmi Depolama, Yük Seviyelemeli	75
10.4.3	Günlük Kısmi Depolama, İhtiyaç Sınırlandırılmalı	76

10.5 Depolama Tipinin Ve İşletme Stratejilerinin Seçilmesi

77

10.6 Sonuç

78



## ÖZET

İlk yatırım maliyeti depolamasız sisteme göre ucuz gözükmese de, bununla birlikte kullanılan teknolojiye ve seçilen sistem ve ekipman türlerine göre daha pahalı olabilir. Depolama sisteminin işletim maliyetleri ise depolamasız sistem için olandan daha düşüktür.

İlk yatırım maliyetine soğutma ekipmanı, depolama tankı, kontrol, hava ve su dağılım ekipmanları, diğer alışıla gelmiş sisteme göre küçük ve daha az pahalıdır. Soğutma ekipmanının nispi maliyetleri ve depolama kapasitesi, depolama tekniğine ve uygulama için seçilmiş işletme yöntemine bağlıdır.

Dağıtım sistem masrafları sıkça soğuk depolama sistemleri kullanılmak suretiyle azaltılabilir. Bir çok depolama teknolojileri soğutma suyunun sıcaklık farkını artırma avantajını taşır. Buda boru ve pompaların ebatlarının ve ilk yatırım maliyetlerinin düşmesini sağlar. İşletme maliyetini düşürmek genellikle soğutma yükünün profiline bağlıdır.

Bu tezde klima tekniğinin, gıda ve sanayi sektörünün değişmez dama taşlarından birisi olan soğutma prosesi ele alınmıştır.

## SUMMARY

An evaluation of cool storage economics for a given application compares the first costs and the operating costs of a cool storage system with those of a nonstorage system. In applications particularly favorable for cool storage, the total first cost of a storage system can be lower than that of a nonstorage system. However, the first cost of a storage system is usually greater than that of a nonstorage system. The operating costs for a storage system are lower than those for a nonstorage system.

System first cost includes refrigeration equipment, storage tank, controls and instrumentation, and air and water distribution equipment. Refrigeration equipment for a storage system is generally smaller and less expensive than that for a nonstorage system. The relative costs of refrigeration equipment and storage capacity depend on the storage technology and operating strategy selected for the application.

Distribution system costs can often be reduced by using cool storage system. Many storage technologies take advantage of wider water temperature differentials than typical nonstorage system; this reduces the size and cost of pumps and piping systems. Cool storage systems using ice as the storage medium can supply air at reduced temperatures, thus decreasing the cost of air distribution systems.

In this thesis, for cooling systems HCAV techniques, foods and industries applications had been researched.

## 1.0 GİRİŞ

Çağımızdan yüzyıllar önce toplumların, yaşam mekanlarını oluştururken çoğu zaman teknolojik konumlarını bile zorluyarak iklim koşullarını değiştirmeye çabaladıkları görülür. Rüzgara, sıcağa ve soğuga karşı direnme, mimarilerine itici bir güç teşkil etmiş, bunun sonucu olarakta ellerindeki doğal malzemeyi iklim koşullarını değiştirecek şekilde kullanacak yöresel mimarilerini geliştirmişlerdir.

Günümüzde ise değişen sosyo-ekonomik koşullar, tasarrufu ön plana çıkararak ilkel toplumların uyguladıkları çözümlerin kullanımında geçersiz kılmıştır. Mimarlığın ve dolayısıyla insanlığın amaçlarından birisinin de yöresel koşullardan olanaklar ölçüsünde yararlanmak olması gerektiği ve gerçekte yapıların ekonomisini ve kullanılabilirliğini bunun sağlayacağı tartışılmaz bir gerçektir. Ancak teknolojinin gelişimi, insanların yaşamının değişimine ivme kazandırmış, değişen koşullar, yeni mekanların gereksimini ortaya çıkarmış, bu yeni mekanların ise eski malzeme ve tekniklerle geliştirilmesi olanaksızlaşmıştır. Bugün insanların sanayileşmeye bağlı olarak kentleşmeye yönelmesiyle ortaya çıkan arsa spekülasyonu gibi sorunlar yüzünden büyük apartman ve gökdelenlere, üretim kalitesi ve işçi sağlığına verilen önem yüzünden modern fabrika ve imalathanelere ve ayrıca çok sayıda kişiye hizmet veren eğlence, dinlenme, sanat ve spor merkezleri gibi büyük mekanlara gereksinimi vardır.

Bu koşullar paralelinde ilkel toplumların o çağlarda uyguladıkları çözümler önemini yitirmiş kulanımsızlaşmıştır. İnsanların camlarını bile açamadıkları gökdelenlerde, binlerce kişinin çalıştığı fabrikalarda ve yine çok sayıda kişiye hizmet veren sinema, tiyatro, spor salonu gibi mekanlarda gereksindikleri temiz havayı, ısınmayı veya serinlemeyi sağlamak için yeni yöntemler geliştirmeye başlamışlardır. Bunun sonucunda bir çözüm olarak sunulan klima uygulanmaya başlanarak, özellikle sanayileşmiş ülkelerde insan yaşamının değişmez bir parçası haline gelmiş ve bu konuda çalışmalara ağırlık verilmiştir.

Bu çalışmada, klima tekniğinin, gıda ve sanayi sektörünün değişmez damla taşlarından birisi olan soğutma prosesi ele alınmıştır. Günümüzün enerji tasarrufu olduğu düşünülürse ihtiyacımız olan bu soğutma prosesini en ekonomik, en verimli nasıl elde eder ve kullanırız bulmaya çalıştım.



## 2.0 SOĞUK DEPOLAMAYA GİRİŞ

Soğuk depolama sistemleri düşük maliyetlerde ısıyı üretir ve depolar.Daha sonra bu üretilen ısı klima veya proses soğutma yükünün karşılanmasında kullanılır.

Soğutma sistemlerinin keşfinden önce yazın kullanılmak üzere ,kışın donmuş haldeki göllerden blok halde buzlar kesilerek depolanırdı.1890 yılında ılık geçen kış mevsimi soğutma sanayinin gelişmesine ön ayak olmuştur.Buz deneysel olarak ilk defa 1820 yılında yapılmıştır.J.Perkins bu günkü modern sıkıştırma sisteminin temellerini atmıştır.1824 yılında M.Faraday tarafından Absorbsiyonlu soğutma sisteminin prensipleri bulunmuş ve ilk defa Alman mühendislerce 1855 yılında üretilmiştir.1913 yılında J.M.Larsen manuel kontrollü ev tipi soğutma makinasını üretmiştir.İlk otomatik model Amerikan pazarına 1918 yılında Kelvinator tarafından sürülmüştür.O yıl 69 makina satılmıştır.Bu cihazların yıllık satışı 1979 yılında 10.000.000 adetin üzerindedir.Bu günkü değer sağlıklı olarak bilinmemektedir.1920 yılının sonuna doğru üretilen bu cihazlar ilk defa konut klimasında ve 1927 yılında Elektrolux tarafından konfor klimasında kullanılmıştır.

Ticari amaçlı soğuk depolamaya ilgi 1970'li ve 1980'li yıllarda başlamıştır.Buda elektrik üreten firmaların,sistemlerin kurulması ve işletme maliyetlerinin düşürülmesinin ancak maksimum elektrik yüklerinin düşürülmesiyle olacağını anlamalarıyla olmuştur.Bir çok uygulamada,maksimum yük yılın en sıcak günlerinde klima yüklerinden dolayı meydana gelmektedir.

Eğer soğutma minimum yük periyodunda yapılıp depolanabilirse maksimum kapasite diğer amaçlar için kullanılabilir.Ayrıca maksimum-minimum yük kapasitesi dengelenerek maliyetlerin düşmesi sağlanabilirdi.Bir çok elektrik üreten firmalar bu sistemin gelişmesini desteklemiş ve teşvik etmişlerdir.

Soğuk depolama sistemi aşağıdaki alanlarda verimli olarak uygulanabilir.

- a-Ham Süt Soğutmasında
- b-Pastorisasyonu İzleyen Ham Süt Soğutmasında
- c-Dondurma İmalatında
- d-Bira Yapımında
- e-Et Entegre Tesislerinde
- f-İlaç ve Kimya Sektöründe
- g-Konfor Klimasında

Bir soğuk depolama sisteminde büyük olmamak kaydıyla verilen belirli periyotdaki ani yük değişimleri diğer sistemlerde olduğu gibi Chiller devreye alınarak karşılanır. Bazı soğuk depolama uygulamalarıyla ilk yatırım ve işletme maliyetleri düşürülebilir. Örnek olarak soğuk depolama sistemini buzlu sistem olarak teşkil eder ve istenilen konfor şartlarını daha düşük hava sıcaklığıyla (55 F--->50 F) yaparsak bu bize yaklaşık olarak havalandırma kanal maliyetlerinin %20 azalmasını, kullanılan pompa, boru çapları, vana ebatları, izolasyon, klima santrali gibi ekipmanların daha düşük kapasiteli kullanılmasını sağlar.

## 2.1 SOĞUK DEPO UYGULAMALARI

Aşağıdaki durumların herhangi birinde ekonomik olarak soğuk depolamaya başvurulabilir.

a-Endüstride maksimum soğutma yükünün ortalama yükten oldukça fazla olduğu durumlarda

b-Maksimum-minimum yük zamanları arasındaki elektrik maliyetlerinin farklı olduğu durumlarda

c-Elektrik gücünün sınırlı olduğu yerlerde

d-Soğuk hava dağıtım sistemlerinin gerekli veya avantajlı olduğu durumlarda

e-Isı geri kazanımının veya fazla soğutma kapasitelerinin olduğu durumlarda

f-Soğutma sistemlerinin çok pahalı olduğu durumlarda

g- Soğuk depolamaya uygun tankların olması durumunda

h-Mevcut soğutma sistemlerinin büyütülmesi durumunda

Ofis binalarının soğutulmasını ele aldığımızda genellikle maksimum yük, 24 saatlik ortalamanın üzerine 1 veya 2 sefer çıkar. Bazı endüstri uygulamalarında da bu durum söz konusudur. Örnek olarak bir pastörize süt üretim tesisini verebiliriz. Soğuk depolama sistemi soğutma ihtiyacını, deplasmanlı sisteme göre daha geniş yelpazeye yayabilir ve dolayısıyla enerji tüketimi ve ilk yatırım maliyetini düşürebilir.

Ayrıca istenilen yükün hepsini minimum yük periyod zamanında üretebilir.

Soğuk depolama sistemi, mevcut sistem ihtiyacı karşılayamıyacak duruma gelip, büyütülmesi gerektiğinde yeni bir sistem kurmanın maliyetinin çok aşağılarında kurulabilir. Örnek olarak eski bir binanın restore edildiği durumlarda, binaya ilave kısımların yapıldığında veya binaya daha sonra ilave soğutma yüklerinin eklendiği durumlar verilebilir.

Bazı yeniden yapılanma durumlarında, özellikle endüstri uygulamalarında, mevcut olan tankların bu sistem için uygun olabilir. Ayrıca tesiste mevcut olan yangın depolarıda kullanılabilir. Fakat Türkiye koşullarında inşaat maliyetlerini düşürmek amacıyla içme suyu tanklarıyla yangın tankları yekpare olarak yapılmaktadır. Soğuk depolama bilgi işlem sistemleri için veya diğer kritik önemli uygulamalarda rezerv soğutma yapmak amacıyla kullanılabilir. Soğuk depolamanın buzlu sistem olarak teşkil edilmesi durumunda soğuk hava dağıtım sistemi uygulanabilir (6-9 C). Buda daha önce belirtildiği gibi ekipmanların ve dağıtım sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerini, işletme maliyetlerini düşürdüğü gibi binanın faydalı kullanım alan katsayısının artmasına şaft ebatlarının küçülmesine sebep olur.

## 2.2 SOĞUK DEPOLAMA

İlk yatırım maliyeti depolamasız sisteme göre ucuz görünmesine rağmen, bunula birlikte kullanılan teknolojiye ve seçilen sistem-ekipman türlerine göre daha pahalı olabilir. İlk yatırım maliyetine soğutma ekipmanı, depolama tankı, kontrol, hava ve su dağılım ekipmanları dahildir. Depolama sisteminde soğutma ekipmanları diğer alışılmış sisteme göre küçük ve daha ucuzdur. Gerçek yatırım maliyeti kullanılan teknoloji, seçilen sistem ve ekipman türlerine göre değişiklik gösterir. Genellikle dağıtım sistemleri ilk yatırımı soğuk depolama yapılarak düşürülebilir. Birçok depolama teknolojileri soğutma suyunun sıcaklık farkını arttırma avantajını taşır. Buda boru ve ekipmanların ebatlarını ve dolayısıyla ilk yatırım maliyetlerinin düşmesini sağlar. Mekanik sisteme bağlı elektrik işletme masrafları soğuk depolama sistemi kullanılarak düşürülebilir. A.B.D.'de bu gibi durumlarda \$100-500kwh lik teşvik verilmektedir. Bu oran maksimum-minimum yük arasındaki farka, maksimum yük periyodunun zamanlamasına bağlı olarak bölgedeki elektrik dağıtım kurumunca belirlenmektedir. Ayrıca işletme maliyetini düşürmek genellikle soğutma yükünün yük profiline bağlıdır. Aşağıdaki Tablo 2.1 de bu oranlar görülebilir.

### **3.0 TEMEL DİZAYN**

Soğuk depolama sistemi dizayn edilirken aşağıdaki bölümlerin gerçekçi ve doğru bir şekilde etüd edilmesi gerekmektedir.

- a-Soğutma yük profilinin çıkartılması
- b-Soğuk depolama teknikleri
- c-Ekipmanlar
- d-İşletme ve kontrol cihazları
- e-Bina otomasyonuna bağlanması
- f-Soğutma ve depolamanın ebatlandırılmasına
- g-Ekonomik'lik araştırmasına
- h-İşletme ve bakımına

### **3.1 SOĞUTMA YÜK PROFİLİNİN ÇIKARILMASI**

24 saat veya daha uzun sürelerdeki depolamalarda soğutma yükü profilindeki maksimum yük soğuk depolamada çok önemlidir.Sistemin yeterli ve ekonomik dizayn edilmesi için soğutma yükünün gerçekçi ve sağlıklı hesaplanması gereklidir.Binaya etki eden bütün etmenler küçük ve büyük olarak tamamen hesaplanmalıdır.

### **3.2 SOĞUK DEPOLAMA TIPLERİ**

Soğuk depolama orta ve ana enerji kaynaklarına ve depolama tekniklerine bağlı olarak karakterize edilebilir.Ana soğutma , elektrik , dogal gaz , buhar veya enerji geri kazanım sistemleriyle sağlanabilir.Depolama teknikleri ise soğutulmuş su , buz tankları v.b. gibi sistemleri kapsar.

#### **3.2.1 DEPOLAMA ARAÇLARI**

Çok yaygın depolama maddeleri su , buz veya diger faz değişim maddeleridir.Buda genellikle Ötektik tuzdur.Depolama araçları(maddeleri) birim hacimlerinde depoladıkları enerji miktarına göre , depolayabilme ısılarına ve fiziksel gereklerine göre farklılık gösterirler.

**Soğutulmuş Su:** Soğutulmuş suyun depolama özelliği suyun duyulur ısı kapasitesi kadardır.Bu degerde 4.184 kJ/kg K dır.Depolama hacmi ise gidiş ve dönüş suları arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır.11 C'lik fark genellikle pratikte maksimum sıcaklıktır.Buna ragmen 17 C'lik farkta kullanılabilir.Kullanılan sıcaklık farkına göre ;

11 C'lik sıcaklık farkında-----0.086 m<sup>3</sup>/kwh

17 C'lik sıcaklık farkında -----0.056 m<sup>3</sup>/kwh

lik hacim gereklidir.Soğutulmuş suda genellikle 4-6 C arasında depolanır.Bu sıcaklıklar bir çok soğuk su

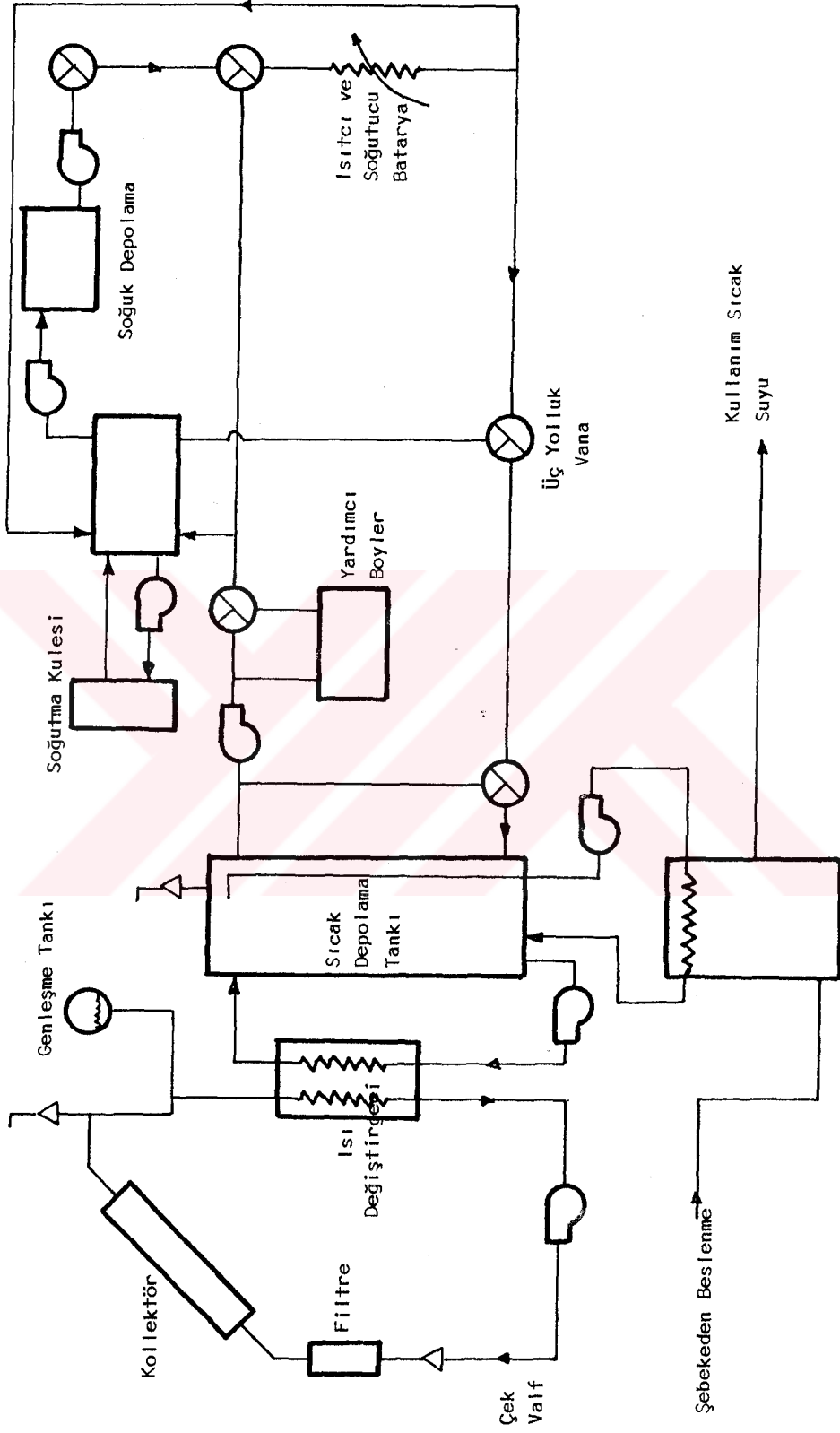
üreticisi ve dağıtıcısıyla direkt olarak uyumludur.Dönüş suyu sıcaklığı maksimum tutularak birim depolama hacmi küçültülebilir.Bu genellikle bilinen sistemlerin değişikliğinde beraberinde getirir.

**Buz:** Buzun depolama özelliğide ergimesi sırasında verdiği gizli ısı kadardır.Bu deger 335 kJ/kg'dır.Depolama hacmide ,depolama tekniklerine bağlı olarak 0.02-0.03 m<sup>3</sup>/kwh arasında değişmektedir.Termik enerji suyun donma sıcaklığı olan 0 C'de depolanır.Bu enerjiyi depolamak için soğutucu ekipmanlar , -9/-3 C'de akışkan çıkış suyu sıcaklığı sağlamak zorundadırlar.Bu degerlerde normalde kullanılan değerlerin aşağısındadır.Depolama tekniklerine bağlı olarak özel buz üretme cihazları kullanılabilir.Buz'lu depolama sistemleri , klima sistemlerinde düşük sıcaklıkta hava kullanılmasına olanak verir.

**Ötektik Tuz:**Ötektik tuz faz değişim maddeleri , değişik oranlardaki karışımları sayesinde erime ve donma sıcaklıklarının seçilen değerde olmasını sağlarlar.Soğuk depolama için genelde yaygın formülü inorganik tuz , çekirdeklenme , dengeleyiciden oluşur.Bu karışım plastikden dikdörtgen şeklindeki kaplara doldurulur ve bu plastikden kaplar tankın içerisine yerleştirilir.Sistem suyu , plastik kapların etrafında sirküle ettirilerek istenilen şartlar sağlanır.Bu gibi sistemlerde net depolama hacmi yaklaşık olarak 0.048 m<sup>3</sup>/kwh dir.Bu hacme boru başlığı , plastik kap , tankın içindeki suda dahildir.8.3 C deki

faz değişim sıcaklık değeri soğuk depolamada bilinen soğutma cihazlarının kullanılmasına olanak verir.

Çıkış suyu sıcaklığı ,depolamasız soğutma sistemlerinin giriş suyu sıcaklığından yüksektir.Buda uygulamada bazı sınırlamalar getirmektedir.-5 C'deki ergime ve donma sıcaklığına sahip karışimli sistemler sürekli gelişmektedir.+5 C'deki karışım 5/6 C'de çıkış suyu sıcaklığı sağlarki buda bilinen sistemlere uyumludur.Ötektik tuz karışımları ,-11 C'deki ergime ve donma sıcaklığına kadar indirilebilir fakat buda suyun gizli ısını düşürür.



Şekil 3.1 Güneş Enerjisiyle Isıtma ve Soğutma

### 3.2.2 ANA ENERJİ KAYNAKLARI

Soğuk depolama sistemlerinde ana enerji kaynağı olarak genellikle elektrik , dogal gaz ve buhar kullanılır. Isı geri kazanım ve diğer ısıtma prosesleri birlikte kullanılabilir. Şekil 3.1’de buna ait bir örnek görülebilir.

Soğuk depolama sistemleri , merkezi sistem tarafından soğuk su üretilen sistemlerde’de avantajlıdır. Birçok soğuk depolama sisteminde elektrikle çalışan soğutma grupları kullanılmaktadır. Kompresör , buhar türbünü veya dogal gazlı motorlarla çalıştırılabilir.

Hatta absorpsiyonlu soğutma grupları da bu amaçla kullanılabilir , fakat bu tür cihazların inebildiği maksimum sıcaklık değeri 4-5 C’dir. Dolayısıyla soğutulmuş su depolamasında , ötektik tuz’lu veya ön soğutmalı sistemlerde uygulanabilir

İşletme ve montaj açısından elektrikli gruplar diğerlerine göre daha avantajlıdır. Elektrikle çalışan grupların işletme staretijileri yapılırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekir.

- a- Ana enerji kaynağının sağlanabildiği saatler
- b- Ekonomik tarife
- c- Elektrikle çalışan diğer ekipmanların kolay bulunabilmesi
- d- Elektrik ücret tarifesi

e- Tesisin tüm elektrik gücü profilinin çıkartılması

Eletrik harici çalışan gruplarda ise

a- Buhar ya da diğer kaynakların ana kaynağa ihtiyaçları az olduğu durumlarda sistemin ihtiyacını karşılayabilmesi

b- Grubun kapasite kontrollu olması

c- Absorpsiyon lu grubun ana enerji kaynağı başka amaçlı kullanılırken grubun depolama yapabilmesi

### 3.2.3 DEPOLAMA TEKNİKLERİ

Geçerli depolama teknikleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir;

**Soğutulmuş Su Depolaması:** Soğutulmuş su bir tankta depolanmaktadır, depolanan soğuk su ile sıcak dönüş suyunun karışması doğal olarak veya diğer tekniklerle sağlanmaktadır.



**Buz Üreteçleri:** Evaporatör yüzeyinde buz oluşturulmakta ve belirli sürelerde su ile dolu tanka aktarılması sağlanmaktadır. Daha sonraki bölümlerde bu konu detaylı olarak incelenecektir.

**External Melt Ice On Coil:** Borunun içinde soğutucu akışkan veya ikinci bir akışkan dolaştırılıp borunun dışında suyun donması sağlanmaktadır.

**Encapsulated Ice:** Plastik taşıyıcıların içindeki su dondurulmakta, ve daha sonra soğuk veya ılık soğutucu sirküle ettirilerek sistem çalıştırılmaktadır.

### 3.3 EKİPMANLAR

Soğuk depolamada öncelikle soğutucu ekipmanlar ve depolama tankları öncelik kazanır. Bununla beraber otomatik kontrol ve işletimi de onun kadar önemlidir.

#### 3.3.1 SOĞUTUCU CİHAZLAR

Soğuk depolamada ana soğutucu ekipmanlar chiller ve condenserdir. Bunların seçimi ise, ekipmanların çalışma sıcaklık aralığı, kapasite alanı, verimi ve fiyatıdır. İlave olarak ta ekipmanlarda kullanılan (düşük-yüksek basınç prosestadı v.s.) kontrol sistemleridir.

**Chiller** :Çoğu uygulamada paket tip cihazlar kullanılmaktadır. Chiller tipleri reciprocating, rotary screw, sanrafüj, scroll, absorpsiyonludur. Bu tiplerin seçimi de sağlayabildikleri kapasite ile doğru orantılıdır. Tipik kapasite oranları Tablo 3.1 deki gibidir.

Tablo 3.1 Ciller Tiplerine Göre Kapasite Aralıkları

TİP	Sağlanabilecek Modeller		ÇALIŞMA ARALIĞI	
	Ton	KW	Ton	KW
Reciprocating	25-450	90-1600	25-150	90-530
Screw	25-1250	90-4400	50-500	180-1800
Centrifugal	80-10000	280-35000	200-2000	700-7000
Scroll	20-60	70-210	20-60	70-210
Absorption	40-1600	140-5600	200-1600	7000-5600

Ayrıca seçimde cihaz çıkış suyu sıcaklıkları da önem kazanmaktadır. Reciprocating ve rotary screw tipi cihazların çıkış suyu sıcaklık aralığı oldukça geniştir. Özellikle buz depolamada santrifüj tipi cihazlar da kullanılabilir. Mevcut santrifüj gruplarının çalışma



sıcaklığı 5-7 C dir.Buz üreticili sistemlerde kullanılacaksa belirli değişikliklerin yapılması zorunludur.Scroll ve screw tip cihazlar genellikle küçük kapasiteli tiplerdir ve daha az soğutucu akışkanla çalışırlar.Bir çok uygulamada meydana çıkan ilave soğutma yükü soğuk depolama ile çözülmektedir.

**Chiller Kontrolü:** Soğuk depolamadaki kontrol normal sisteme göre farklılık göstermektedir.Çünkü birden fazla çalışma stratejisi vardır.Özellikle ötektik tuzlu ve buzlu sistemlerde depolama periyodundeki çıkış sıcaklığı, direkt kullanımdakinden daha düşüktür.Chiller seçiminde cihazın değişik çıkış suyu sıcaklığı verebilmesi gözönüne alınmalıdır.

### 3.3.2 DEPOLAMA TANKLARI

Soğuk depolama amaçlı kullanılacak tanklar diğer amaçlar için kullanılan tanklar gibi aynı mukavemet değerinde olmalıdır.Ayrıca su sızdırmazlığını sağlayabilmeli ve korozyona dayanıklı olmalıdır.Yoğuşmayı engelleyen harici ve dahili hava koşullarına dayanıklı olmalıdır.Toprak altı tanklar içerisindeki su tahliye olduğu zamanda dış basıncı yenebilecek kapasitede olmalıdır.Tank formları genellikle dikdörtgen veya dairesel şekillidir.Buz depolamalı sistemlerde tank geometrisi sistemin verimine etki etmektedir.Genellikle tanktan olan kayıp tankın geometrisine ve yapısına bağlı olarak günlük kapasitenin %1-5 arasındadır.Ayrıca tankın yüzey alanına, ısı iletim katsayısına ve tankın çevre sıcaklığına bağlıdır.Kondüksiyonla olan ısı kaybı aşağıdaki eşitlik gibi yazılabilir.

$$Q=U \times A(t_{\text{dış}}-t_{\text{iç}})$$

Q =Kondüksiyonla olan ısı kaybı (W)

A =Tank yüzeyi (m<sup>2</sup>)

U =Tank ısı üretim katsayısı

T dış=Tank dış yüzey sıcaklığı

T iç =Depolama ortam sıcaklığı

Toprağa gömülü tanklarda , toprağa ait ısı iletimi de hesaplanmalıdır.Eğer tank dış havaya konulacaksa yoğuşmaya karşı özel önlem alınmalıdır.Tank güneş ışığına mağruz kalacaksa radsasyonla olan ısı kazancı oldukça önemlidir.Onun için açık renkle boyanması veya reflektif bir madde ile kaplanması ısı kazancını radsasyonla olan kısmının azalmasını önemlidir.Soğuk depolama da kullanılacak tanklar genellikle çelik, beton, fiberglas veya plastikten imal edilirler.Depo tipine bağımlı olmaksızın bütün depoların sızdırmaz olacak şekilde dizayn edilmesi gerekir.

### 3.3.3 KONTROL VE KONTROL MALZEMELERİ

Mükemmel bir soğuk depolama sistemi için kompleks kontrol sistemlerine gerek yoktur. En basit sistemden istenilecek özellik, depolama, boşaltma ve direkt soğutma moduna sistemin ihtiyacına göre karar vermesi gerekir. Bir çok kontrol sistemi gelişmiş hesaplama kabiliyetine ve izleme görevine sahiptir.

### 3.4 İŞLETME VE KONTROL YÖNTEMLERİ

Soğuk depolama sistemlerinin işletme ve kontrol yöntemlerinin seçilmesinde aşağıdaki kısımların önemi büyüktür.

#### Soğutma Grubu Çalışma Çizelgesi:

- a-Tam depolama
- b-Kısmi depolama, yük seviyelemeli
- c- Kısmi depolama, ihtiyaç sınırlamalı
- d-Grup düzeni

#### Depolama Çevrimi:

- a-Günlük
- b-Haftalık
- c-Diğer bir periyod

#### Optimum Operasyon

- a-Soğutma grubu önceliği
- b-Depolama inceliği
- c-Depolama oran kontrolü
- d-Yük hesabı

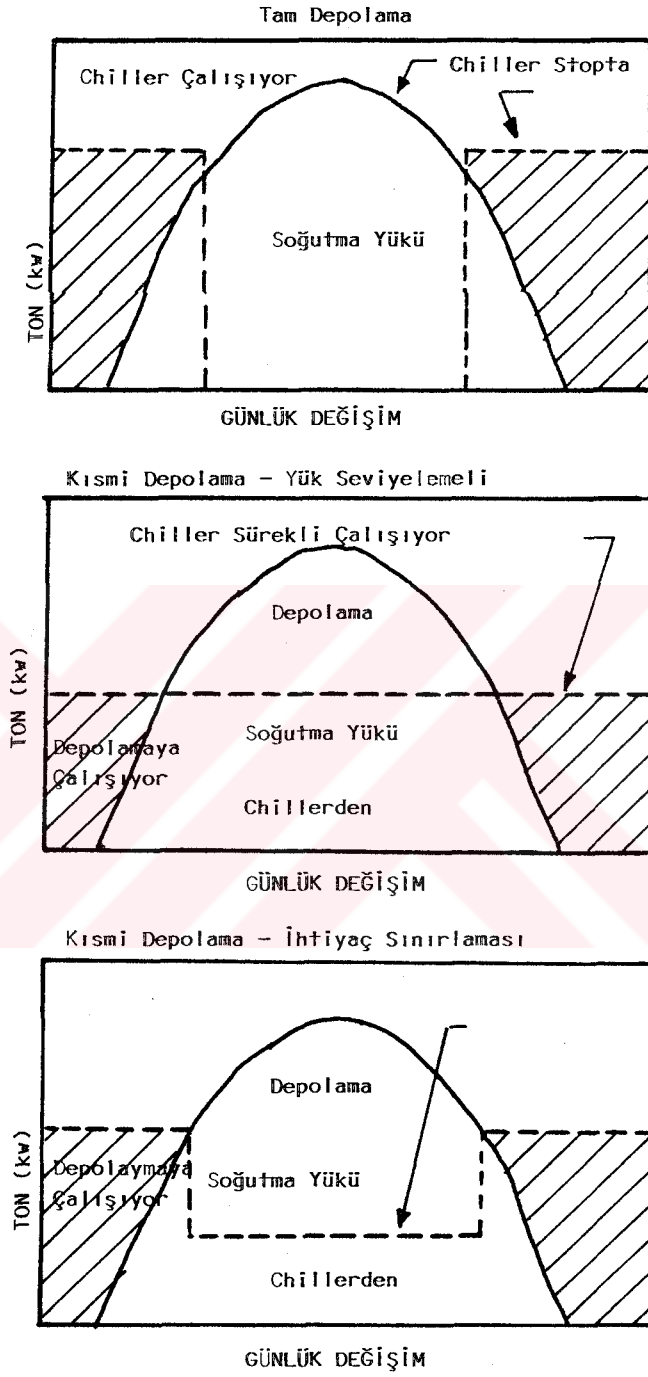
### 3.4.1 SOĞUTMA GRUBU ÇALIŞMA ÇİZELGESİ

Soğuk depolama işletme stratejileri genel olarak tam veya kısmi uygulama olarak sınıflandırılır. Kısmi depolama sistemleri yük seviyelemeli, ihtiyaç sınırlamaları olarak ayrılırlar. Şekil 3.1 de bu sistemlere ait işletme stratejileri görülebilir.

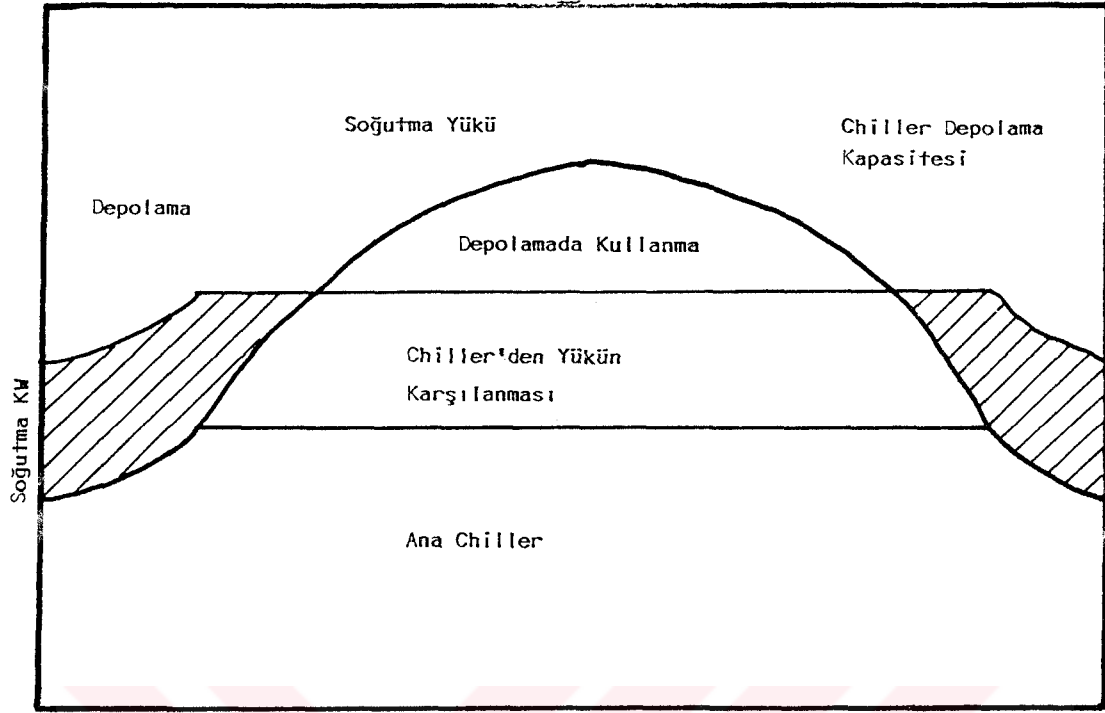
Bir tam depolama sisteminde, dizayn edilen günde minimum kapasite saatlerinde sistemin tam kapasite çalışması sağlanmaya çalışılır. Maksimum yük saatlerinde de soğutma

ekipmanları çalışmaz. Sistemin ihtiyacı olan bütün yük soğuk depolamadan karşılanır. Bu tür sistemler büyük depolama kapasiteleri ve soğutma kapasiteleri isterler. Tam depolama işletmeleri maksimum yük ihtiyacının yüksek veya maksimum yük periyodunun oldukça kısa olması durumunda avantajlıdır. Bu sistemlerin işletme kontrolü de oldukça kolaydır. Kısmi depolamalı sistemlerde maksimum yükün bir kısmı depolamadan diğer kısmı da ekipmanların çalıştırılması ile karşılanır. Kısmi depolama işletme sistemleri yük seviyelemeli ve kapasite sınırlamalı diye ikiye ayrılabilir. Yük seviyelemeli sistemlerde chiller ve soğutma ekipmanları sürekli (24 saat) çalışır. Eğer bina (Sistem) yükü chiller kapasitesinden az ise arta kalan yük soğuk depolamada depolanır. Eğer yük chiller kapasitesinden daha fazla ise ihtiyaç yük soğuk depolamadan karşılanır. Bu tür sistemlerin ebatlandırılması soğutma ekipmanlarının ve depolamanın kapasitesini düşürür. Yük seviyelemeli kontrollü sistemler maksimum yükün ortalama yükten oldukça yüksek olduğu durumlarda kullanılır. Kısmi depolamalı ihtiyaç sınırlamalı sistemde de soğutucu ekipmanlar düşük kapasite de çalıştırılır.

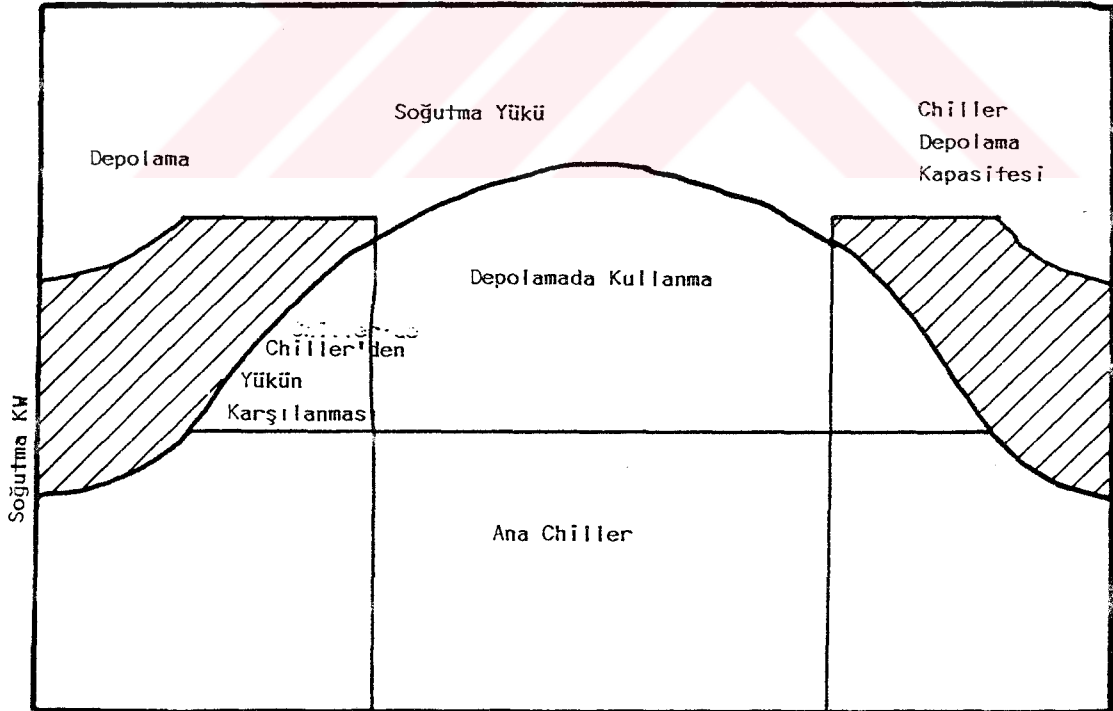
Grupların sıralamalı kullanımları, soğuk depolamaya dizayn ve işletme avantajı sağlarlar. Aşağıdaki Şekil 3.2 , 3.3 ,3.4 ve 3.5’de çeşitli işletme stratejileri incelenmiştir.



Şekil 3.2 Temel ısı Depolama Yöntemleri

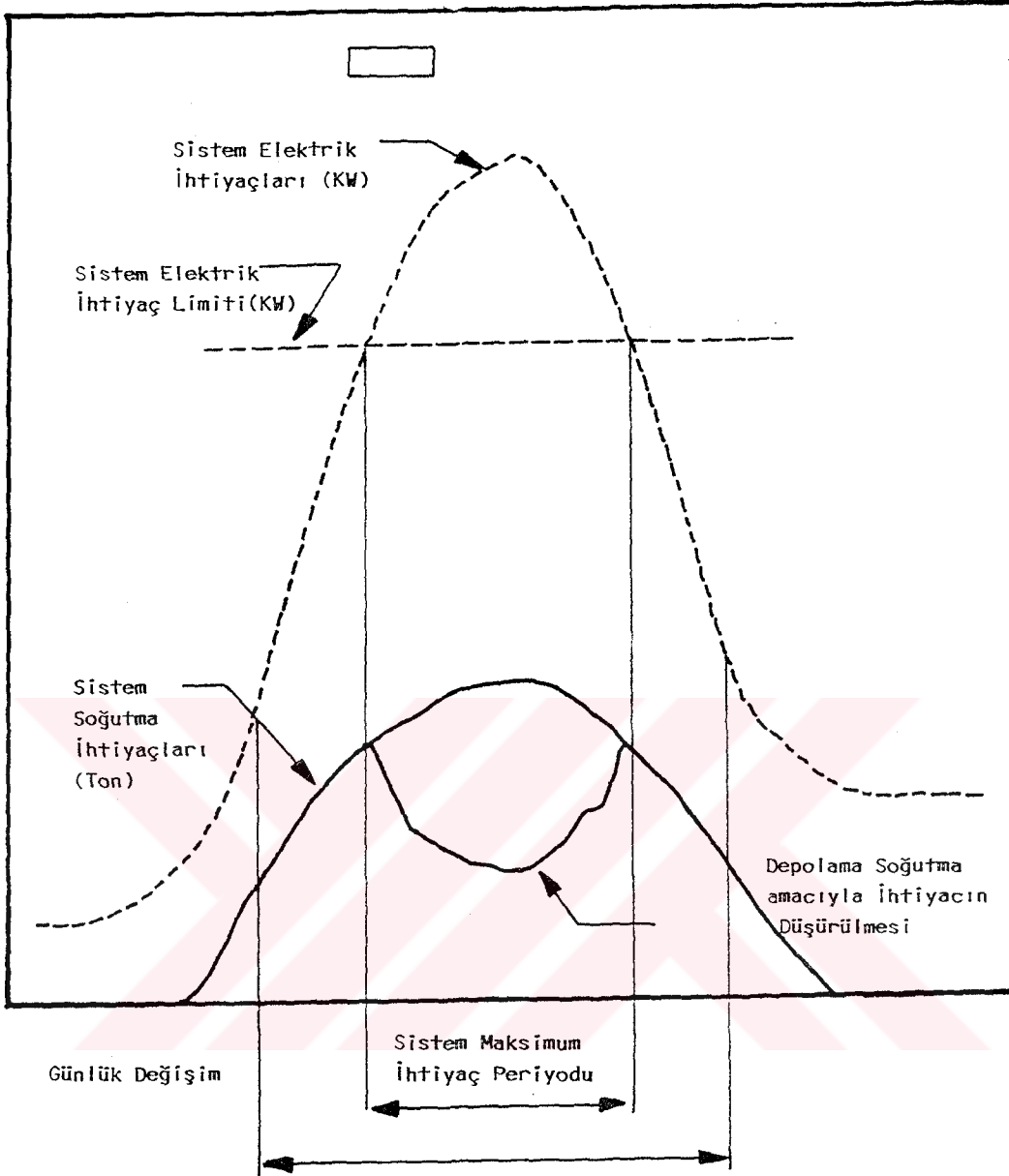


KİSMİ DEPOLAMA

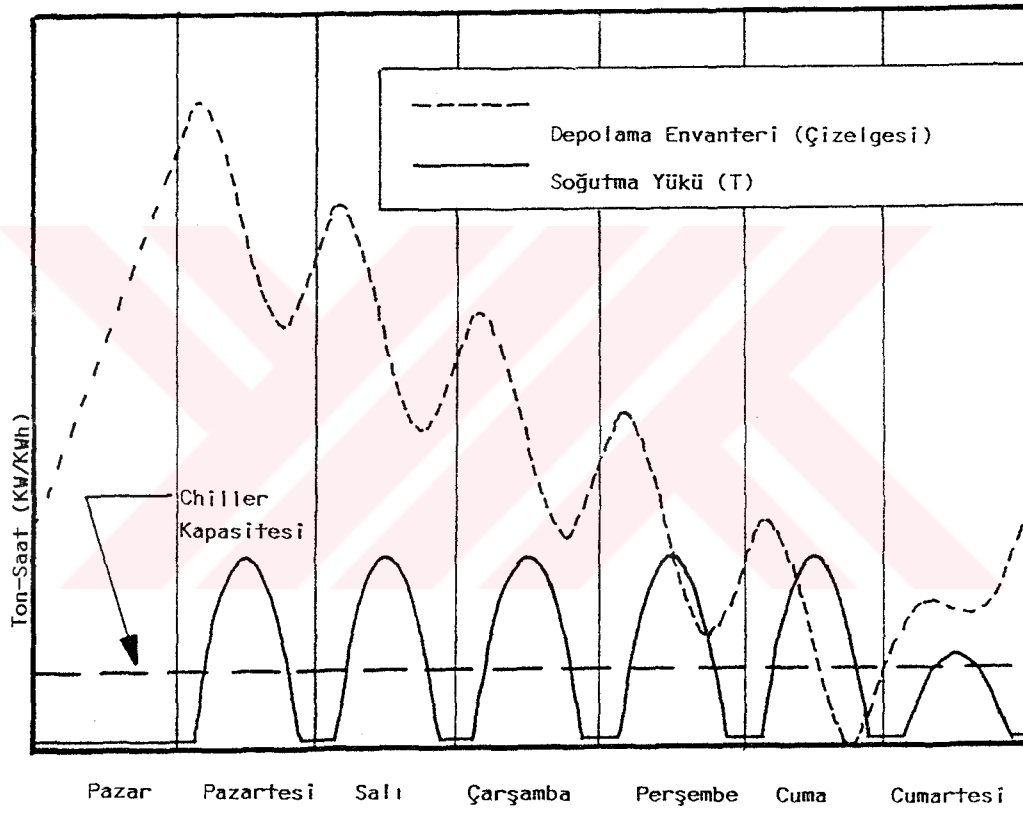


TAM DEPOLAMA

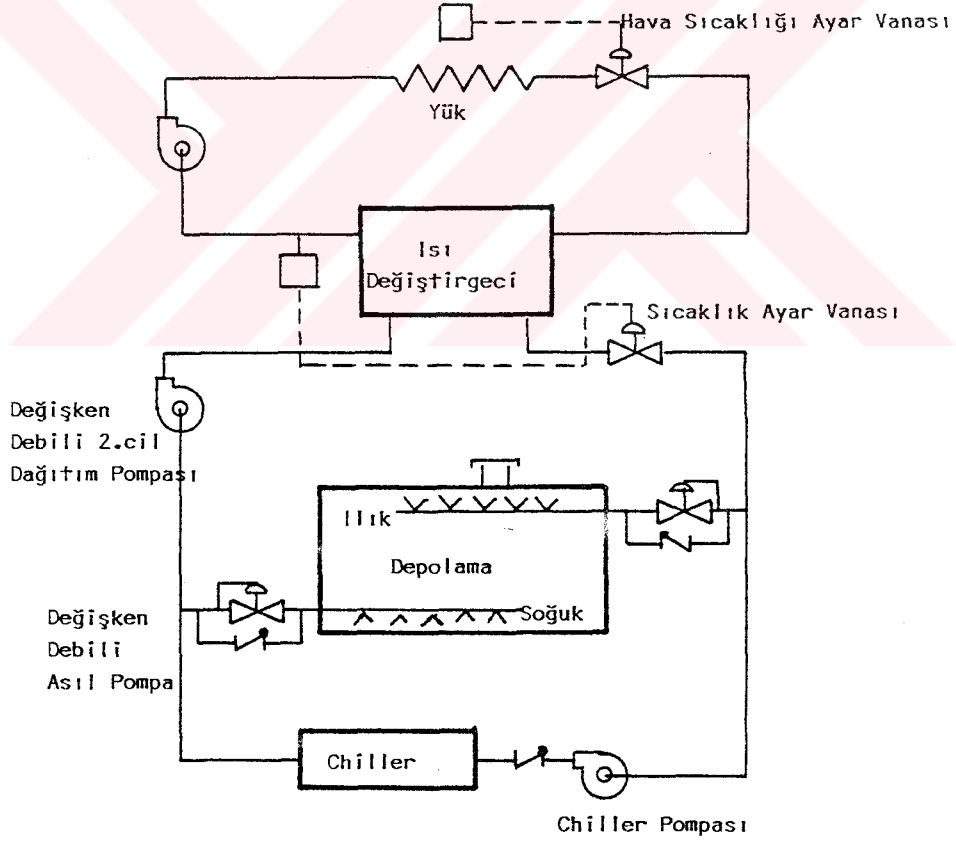
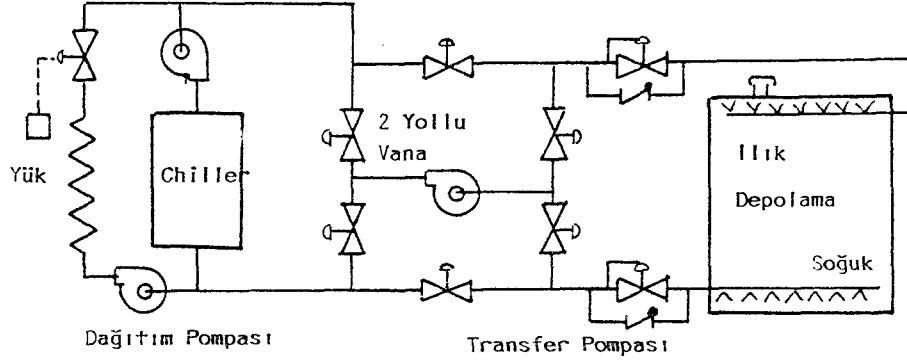
Şekil 3.3 Soğuk Depolama Tipleri



Şekil 3.4 İhtiyaç Sınırlama İşletme Stratejisi



Şekil 3.5 Haftalık Depolama Çevrimi





## 4.0 DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde 6 soğuk depolama teknolojisinin karşılaştırılması ve bir soğuk depolama sistemi seçilirken göz önünde bulundurulması gereken belli başlı özellikler incelenmeye çalışılmıştır

### 4.1 SOĞUTUCU TİPİ

Soğutma üniteleri tiplerinin bir depolama sistemi ile birlikte kullanılmış olması önem taşır. Özellikle yeniden yapılanma uygulamalarının soğutucularla kullanıldığı yerlerde. Soğutma ünitesinin tipi o ünitenin işletilmesini ve bakım ile ilgilenen personeli etkilediği gibi bir personelin daha önce böyle bir işte çalışmış olması ve deneyimleri depolama teknolojisinin seçiminde önem kazanır.

Soğutulmuş su ve ötektik tuz depolama sistemleri alışagelmış HVAC sistem sıcaklıklarında işletilen standart su soğutucuları kullanılır. Bu depolama teknolojileri genel olarak soğutma yükleri büyük olan sistemlere uygulanır. Santrüfuj soğutucular en çok kullanılanıdır.

İç -ergimiş buz-borulu muhafazalı ve bazı dış-ergimiş-serpantinli sistemler buz oluşturma sıcaklığına ulaşabilmek için ikincil soğutucuyu soğutmak üzere seçilmiş , paket tip soğutucuları kullanır. Soğutucular bu tip teknolojiler için pistonlu , vidalı tip kompresörler kullanır. Santrüfuj kompresörler , tercihan seçilmiş evaporatör sıcaklığı aralığını sağlaması açısından kullanılır. -4/ -3 C de buz oluşturmak için santrüfuj soğutucuların üzerinde bazı değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Dıştan ergitmeli sistemler sistemin evaporatör olarak takviye soğutma ünitesi , sistemde dolaşan akışkanın soğutucu olduğu durumlarda ve buz yapıcı borular ile birlikte sistemi oluştururlar.

Buz oluşturan sistemler , buzı meydana getirme ve oluşan buzı alma bölümleri için özel olarak hazırlanmış evaporatör ile birlikte takviye edilmiş soğutma sistemleri ile birlikte kullanılır.

### 4.2 DEPOLAMA HACMİ

Depolama yerinin sınırlı olduğu yerlerde verilen depolama kapasitesine göre gerekli tank hacmi önem taşır. Soğutulmuş su için depolama hacmi yaklaşık olarak  $0.048 \text{ m}^3/\text{kwh}$ -  $0.091 \text{ m}^3/\text{kwh}$  arasında değişir. Bu değerler 11 C- 6 C değerleri arasındadır. Eğer soğutulmuş suyun , 17 C değerinde tanka dönüşü sağlanabilirse gerekli depolama hacmi

0.056 m<sup>3</sup>/kwh olur.Ötektik tuz depolama sistemleri depolama teknolojisine bağlı olarak 0.019 m<sup>3</sup>/kwh-0.027 m<sup>3</sup>/kwh 'lık bir hacim kapsar.

### 4.3 DEPOLAMA MALİYETİ

Soğutulmuş su tanklarının maliyetleri tank hacmine bağlıdır,yani birim enerji başına maliyet soğutulmuş suyun sıcaklığına bağlıdır.Tablo 4.1 de verilen depolama maliyetleri , depolama sistemlerinin ilk ekonomik hesaplamalarında genel anlamda yol göstericidir.Bunlar depolama tanklarının maliyetlerini ve gerekli olan herhangi bir iç dağıtıcısını , başlıklarını veya ısı aktarım yüzeylerini de kapsar.Maliyetler coğrafik alana ve yerel ekonomik şartlara bağlı olduğu gibi ,projenin ölçülerine göre ve asıl önemine göre değişim gösterir.Önem taşıyan uygulamalar için maliyet hesaplarının detaylı bir şekilde yapılması gereklidir.

Soğutucuların veya soğutma ekipmanlarının maliyeti depolama kapasitesinin maliyeti ile beraber değerlendirilmelidir.Soğutulmuş su ve ötektik tuz depoları tipik alışa gelmiş HVAC çalışma sıcaklıkları ile uyumludurlar ve yeni soğutucu eklenmeden var olan sisteme eklenebilir.Buz elde edilen sistemlerde düşük depolama maliyeti buz yapım ekipmanının nispeten yüksek maliyeti ile dengelenir.

### 4.4 DEPOLAMA ETKİNLİĞİ

Depolama etkinliği , yükleme sıcaklığına ve kullanılan soğutucu tipine bağlıdır.Genellikle 4 C ve 6 C sıcaklık aralığında çalışan santrüfuj soğutucular ;soğuk su ve ötektik tuz sistemlerini yüksek yükleme kapasitesine sahiptirler.Bu sistemler -7 C / -3 C aralığında çalışabilirler.Bu teknoloji için hava soğutmalı soğutucular su soğutmalı soğutuculardan daha az etkindirler.

### 4.5 BOŞALTMA SICAKLIĞI

Soğuk su depolama sistemleri sistemin gereği olarak alışılmış soğuk su üreticilerinin çıkış suyu sıcaklığının 1 C - 2 C üstünde çıkış suyu sıcaklığı sağlarlar .Bir uygulamada gerçek sıcaklık yükselişi sistemin işleyişi ve dağıtıcı dizaynına bağlıdır. Bir çok sistem ortalaması iç sıcaklığın üstünde maksimum 1 C ' lik sıcaklık yükselmesi ile çalışır.Daha yüksek bir sıcaklık yükselmesinin kabul edildiği durumda dağıtıcı dizaynıyla ilgili belirli veriler elde edilemez.

Buz depolama sistemleri 1 C - 3 C arasında boşaltma sıcaklığı sağlarlar. Bu sıcaklıklar arasında soğutma suyu sıcaklığının artmasına müsaade edilir ve üfleme havası sıcaklığı düşürülür. Bu tür uygulamalarda ekipman maliyeti ve su - hava dağıtım sistemi işletme maliyetinin azalmasına sebep olur.

Ötektik tuz depolama nispeten daha yüksek boşaltma sıcaklıklarına sahiptir. (9 C - 10 C ) bu sıcaklıklar kısmi depolama sistemlerinde uygulanabilir. Burada boşaltma sırasında ek soğuma sağlanır. Eğer daha düşük kaynak sıcaklığı isteniyorsa tam depolama sistemi seçilmemelidir.

Bütün depolama teknolojileri de boşaltma sıcaklıkları depo boşalırken yükselir. Depolama tankları gerekli depolama kapasitesinde ve maksimum verimlilikte kullanılacak soğuk akışkan sıcaklığı altında olmasını sağlayacak şekilde ölçülendirilmelidir.

Bazı depolama teknolojilerinde boşaltma sırasındaki boşaltma sıcaklığı artışı diğerlerinden fazladır ve boşaltma sıcaklığının artımı soğutucu akışkanınkiyle artma eğilimi gösterir.

Soğuk su depolama sistemleri boşaltma sıcaklığında herhangi bir etki olmaksızın maksimum dizayn boşaltma oranına kadar soğukluk verebilir. Buz üretimi ve harici erimiş buz depolama sistemleri çok yüksek oranda boşaltma sıcaklığında çok az bir etki ile boşaltılabilir. Bununla birlikte boşaltma çeviriminin % 10-20'lik kısmında özellikle yüksek boşaltma oranlarında mevcut sıcaklık yükselir. Dahili eriyik buz sistemlerinin mevcut boşaltma sıcaklıkları temelde boşaltma oranlarına bağlıdır. Depolama kapasitesi doğru bir şekilde boyutlandırılmalıdır. Bunu sağlamak için gerekli boşaltma oranı dizayn yükleme şeklinin her bir saati için gereken sıcaklıkla mümkün olabilecektir.

#### **4.5 BOŞALTMA AKIŞKANI**

Soğuk su , ötektik tuz ve buz üretim sistemleri depo yükleme ve boşaltma için ısı transfer akışkanı olarak su kullanır. Dahili eriyik ve sıkıştırılmış buz sistemleri glycol ve antifriz solüsyonu gibi ikincil soğutucular kullanmaktadır. Harici eriyik sistemlerinde su boşaltma akışkanıdır. yükleme, ayrı bir kısımda soğutucu akışkanlığı veya yükleme akışkanı olarak ikincil bir soğutucuyla birlikte kullanılır.

#### **4.7 TANK BAĞLANTISI**

İç eriyik buz deposu basınçlı sistemlerde kapalı yapılır. Sıkıştırılmış buz sistemleri basınçsız tanklarda açık veya kapalı olabilir. Diğer teknolojilerde açık tank kullanılmaktadır.

Soğuk su ve ötektik tuz depolama tipik HVAC çalışma sıcaklıklarında işler. Soğuk su depolama tankları bazı uygulamalarla ilave yangın rezervi olarak kullanılır. Modüler iç eriyik buz depo tankları, nispeten düşük yükleri uygundur. Fakat daha yüksek yüklere de bazı değişikliklerle uygulanabilir. Buz üreticileri ve harici eriyik buz sistemleri yüksek boşaltma oranları durumunda uygulanabilir ve boşaltma çevriminin çoğunda düşük boşaltma sıcaklıkları sabit kalır.



## 5.0 SOĞUTULMUŞ SU DEPOLAMASI

### 5.1 TEMEL ÖZELLİKLER

Soğutulmuş su depolamasında;

\*Yüksek etkinlik oranlarında çalışan standart soğutucular kullanılır.

\*Mevcut konvensiyonel sistemlerin kapasitelerinin yükseltilmesi ve düşürülmüş kapasitede CFC olmayan soğutmaya geçmesine yardımcı olmakta idealdir.

\*Daha büyük tank boyutlarında oldukça ekonomiktir. İlk maliyeti yaklaşık 2000 ton-saat ya da 7000 kwh, 760 m<sup>3</sup> . Sistemler genellikle eşdeğer depolama sistemi olmayan soğutma fabrikalarından daha az maliyetlidir.

\*Yangını önlemek için su rezervi sağlayarak iki hizmeti bir arada verebilir.

\*İyi bir izleme kaydı ile güvenilirlikleri sabitlenmiştir.

\*Sıcak ve soğuk su depolaması olarak tasarlanabilir.

Soğutulmuş su depolama iyi dizayn edilmiş difüzörlerle birlikte ayrı tanklar kullanılarak daha basit az bakım gerektiren soğutma seçeneğine sahiptirler. Soğutulmuş su depolama tankları yapılmasındaki zorluk sınırlı yerlerin olması durumunda veya estetik açıdan uygun yer bulunamamasıdır. Tanklar parçalı veya yekpare olarak inşa edilebilir.

### 5.2 GENEL TANIMLAR

Soğutulmuş su depolama sistemlerinde su bir soğutucuyla soğutulur ve ihtiyaç olduğu durumda kullanılmak üzere bir tank içine depolanır. Depolanan bu enerji miktarı tanktaki soğutulmuş su ile yükmeden dönen sıcak su arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. İyi dizayn edilmiş soğutulmuş su depolama sistemi bir yüksek soğutulmuş su sıcaklık farklılığını sürdürerek depolanmış soğuk su kapasitesini maksimum kurar. bu farklılık; dönüş suyu sıcaklığının maksimize ederek, depolama sıcaklığını minimize ederek ve sıcak dönüş suyunu depolanmış soğuk suyla karışması önlenerek maksimize edilir.

Soğutulmuş su depolama sistemleri tipik olarak ( 4 C - 7 C ) sıcaklıklarında suyla yüklenmektedir. Bu sıcaklıklar bir çok depolama tipi olmayan sistemlerde kullanılan soğutucularla uyum sağlar ve konvensiyonel sıcaklıklarda çalışan absorpsiyon tipi cihazlar dahil olmak üzere konvensiyonel soğutucuların kullanılmasına olanak verir.

6 C - 11 C ısı farklılığındaki soğutulmuş su depolama sistemlerinin depolama hacmi genellikle 5.5 kwh / m<sup>3</sup> - 11 kwh/m<sup>3</sup> arasındadır.Eğer ısı farkı 17 C olarak alınırsa gerekli depolama hacmi her ton-saat için 17.7 kwh/m<sup>3</sup> e indirilebilir.

Bu alan ihtiyacı buz depolama hacminin 3/7 si ve ötektik tuz faz değiştirme sistemlerinin 2/3 ü kadardır. Ancak soğutulmuş su depolama tankları nispeten uzun olduğundan plan alanı ihtiyaçları diğer depolama teknolojileri ile uyum sağlamaktadır. Alan müsait olduğunda soğutulmuş su depolama büyük miktarlardaki soğutma kapasitesini ekonomik bir şekilde depolayabilir.

Soğutulmuş su depoları 2000 ton-saat veya yaklaşık 760 m<sup>3</sup> den büyük depolamanın ihtiyaç olduğu soğutma yüklemesi uygulamaları için en ekonomik sistemdir. Daha büyük tank daha düşük hacim yüzey oranı ve her ton-saat depolanmuş soğutucu daha az maliyetlidir. Bir çok büyük soğutulmuş su depolama sistemi 40.000 m<sup>3</sup> su depolamaktadır. Çok tanklı veya parçalı bir soğutulmuş su sistemi benzer şekilde sıcak ve soğutulmuş su depolayabilir. Örneğin bir tank soğuk kiş günlerinde bir binanın sıcaklık ihtiyaını karşılamak için depolanabilir. Bunun yanında diğer bir tank binanın içindeki soğukluğu karşılamak için soğutulmuş su depolayabilir.

Soğutulmuş su depolama serin yüklenmiş su ile sıcak dönüş suyu arasındaki termal ayrılma durumunun sürdürülmesine dayanmaktadır. Depolama sistemleri bu ayrılmayı aşağıdaki metotların biriyle gerçekleştirmektedir.

\*Katmanlama

\*oklu tank

\*Zar veya diyafram

\*Labirent ve atlama

Katmanlı soğutulmuş su depolaması genellikle en basiti, en etkin ve en ekonomiği olarak bilinmektedir. Diğer sistemlerde soğuk depolamaya uygulanabilir.

### 5.2.1 KATMANLAMA

Katmanlı soğutulmuş su depolama tankları yatay katman şekli olmak için suyun yönelmesine veya yoğunluğa bağlı sıcaklık farklılığı prensibine dayanmaktadır. Su soğuyunca 4 C 'ye kadar daha yoğunluk kazanır. Su bu noktanın altında soğuyunca donma sıcaklığına kadar daha az yoğunludur. 4 C den daha soğuk ve 6 C su sıcaklığına kadar olan su tankın alçak yüzeyine toplanır. Diğer taraftan 10 C -

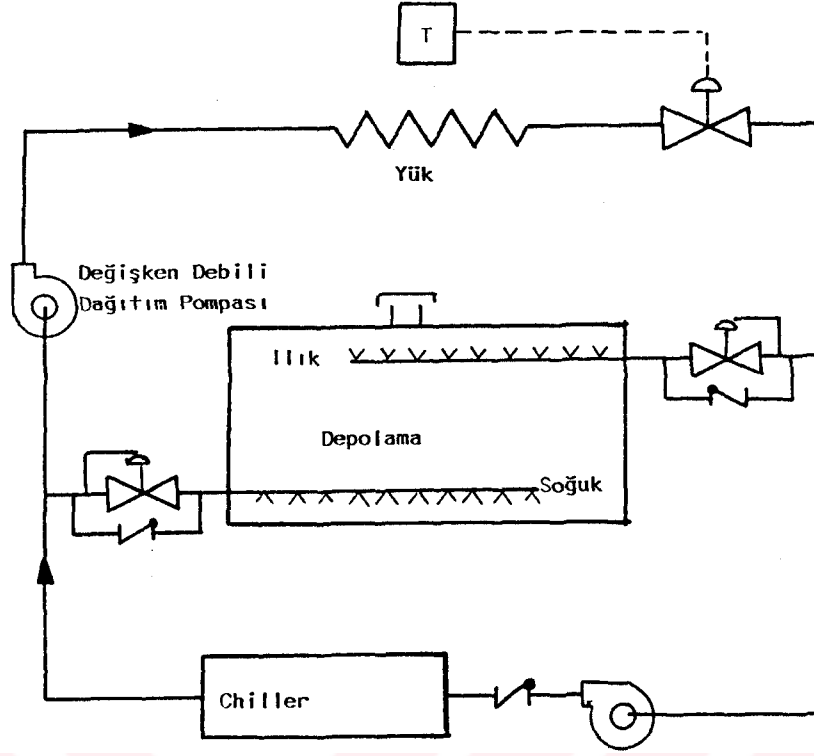
18 C sıcak su tankın daha üst bölgelerde toplanmaktadır. İyi dizayn edilmiş katmanlı soğutulmuş su depolama tankları kullanılabilir. Bu sistemde depolanmuş soğuk enerjinin % 85-95'ini dağıtabilir. Bu performans diğer soğutulmuş su depolama sistemlerine eşit veya daha iyidir.

“ Katmanlama “ terimi depodaki soğuk ve sıcak su ayrımını devam ettirmek için bütün tekniklerde kullanılmaktadır. Bu çalışmada katmanlama terimi “Doğal katmanlama” yani yalnızca yoğunluğa dayalı soğuk ve sıcak su ayrımı olarak isimlendirilmektedir. İyi dizayn edilmiş katmanlı depolama tankları soğuk ve sıcak su arasındaki gerekli ayrımı sıcak üst ve soğuk alt bölge katmanları arasında geçiş veya bir thermocline yaratarak gerçekleştirir. Soğutucu ekipmanından soğuk suyun yükleme süresince su tanka alttan girer ve tankın üstünde sıcak su bulunur. Soğutulmuş su hacminin büyüdüğünde ve sıcak su thermocline ile yer değiştirir. tankın içindeki toplam su hacmi aynı kalmaktadır. Su akışı boşaltma sırasında ters olur. Sistemin soğutulmuş kaynak suyu tankın düşük kısmından çıkar ve sıcak su tankın üst kısmından geri döner. Dağıtıcı tankın içine ve dışına akış sağlar. Su, iyi dizayn edilmiş difüzörle türbilansı minimize ederek ve karıştırılmamış thermocline ayrılarak tankın içinde ve dışında akar. Şekil 5.1 temel katmanlı soğutulmuş su depolama sistemini göstermektedir.

Diğer soğutulmuş su depolama metotları gibi katmanlı soğutulmuş su tankın depolama kapasitesi depolanan soğutulmuş su ve doldurmadan dönen sıcak su arasındaki sıcaklık farkıyla artmaktadır. Buna ilaveten daha büyük ısı farklılığı katmanlaşmayı kolaylaştıran sıcak ve soğuk su arasındaki farklılık yoğunluğu arttırmaktadır. Aynı zamanda daha büyük ısı farklılığı soğutulmuş su tankına olan akış oranını düşürmektedir.

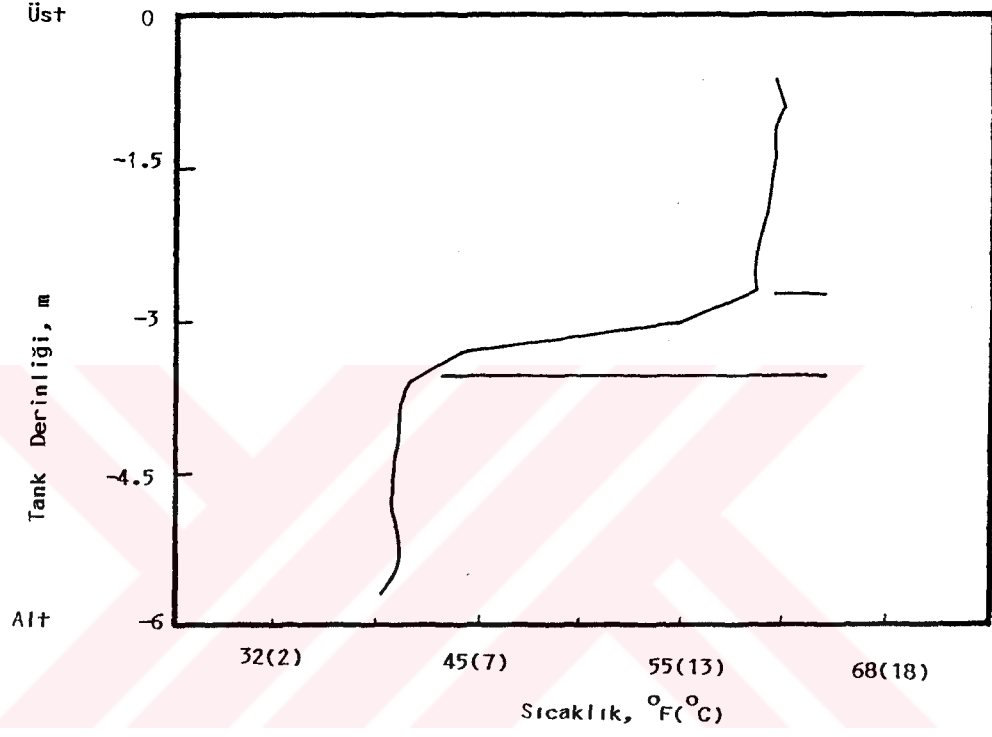
Thermocline'nin artması ve azalması thermocline ile olan ısı hareketinden kaynaklanmaktadır. İyi bir dizaynda thermocline kalınlığı yaklaşık 0.3-1.0 m' dir. Bu oran thermocline yaşına ve difüzör dizaynına bağlı olarak değişmektedir. Şekil 5.2 katmanlı bir tankın tipik bir yüksekliğe karşı sıcaklık profilini göstermektedir. Bu şekilde yaklaşık olarak 1m'lik mesafenin ayırdığı 4-14 C farkının ayrılmasını göstermektedir.Şekil 5.3 ise yeniden doldurma süresince alınan gerçek sıcaklık sırasını göstermektedir.Şekilde 6 C'lik suyu 15 C'lik sudan ayırarak tankın içinde sabit durma hareketini göstermektedir.

Günlük doldurulan iyi dizayn edilmiş katmanlı depolama tankı boşaltma sırasında soğutulmuş su doldurmada sıcaklık yavaş , yavaş yükselir ve yükleme sırasında yavaş yavaş sıcaklık düşer.Bir katmanlı soğutulmuş su depolama sisteminde sıcak ve soğuk suyun ayrılması iyi bir dağıtıcı dizaynıyla gerçekleştirilebilir.Fiziksel engel olarak bir zar sistemine veya nispeten kompleks boru döşeme ve çoklu tank sisteminin vanalanmasına ihtiyaç duyulmadığında katmanlı sistemleri diğer sistemlere göre daha ucuz ve daha basit işletim ve bakıma sahiptir. Termal kayıplar tek bir tankın yüzey hacmi küçüklüğü nedeniyle azdır.

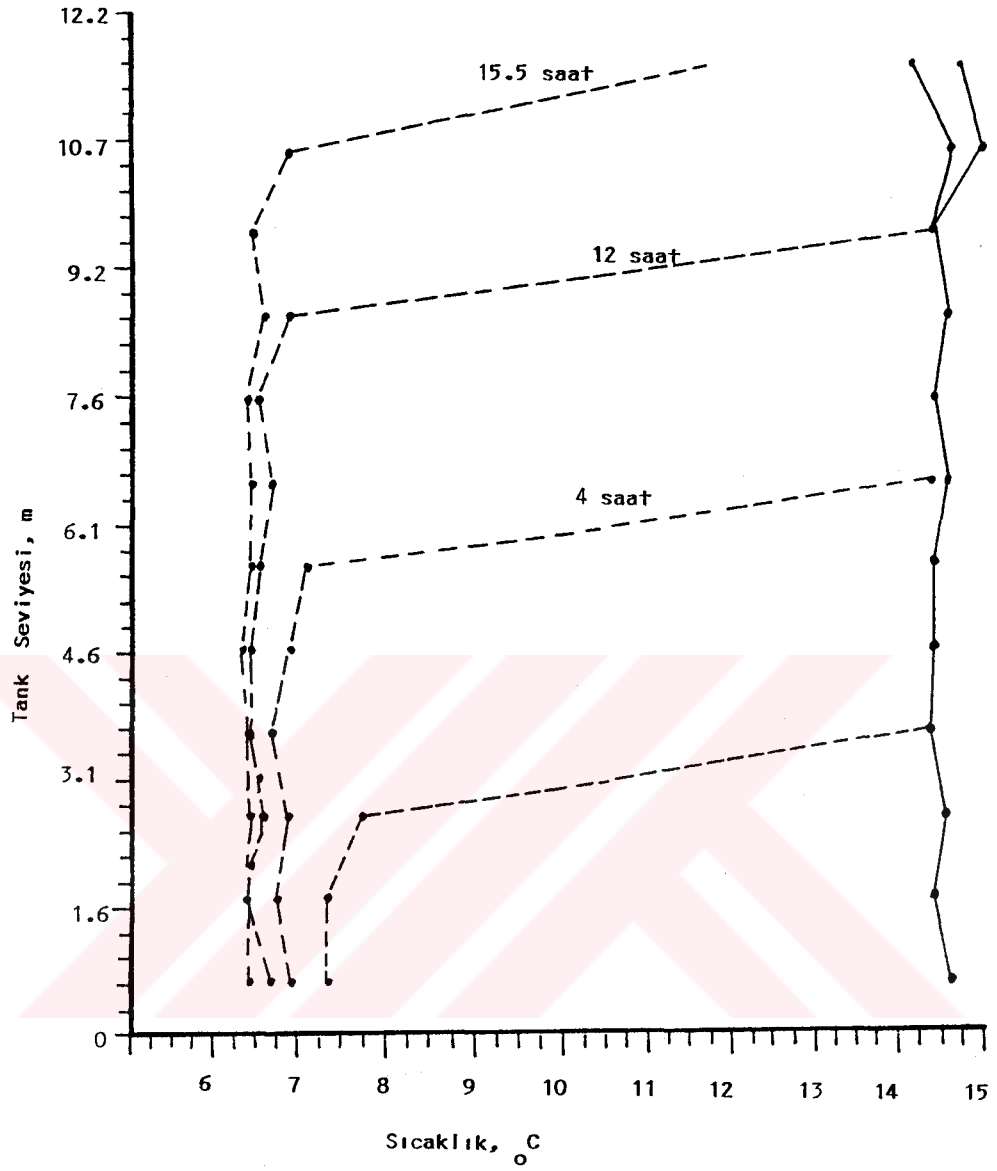


Şekil 5.1 Temel Depolama Prensibi





Şekil 5.2 Tıpk Sıcaklık Profili



Şekil 5.3 Tanktaki, Boşaltma Sırasındaki Sıcaklık Profili

Sonuç olarak işletme maliyeti optimum sıcak ve soğuk su ayırımı oluşturulabildiğinde diğer sistemlerden düşük veya eşit olmaktadır.

### 5.2.2 ÇOKLU TANK SİSTEMİ

Çoklu tank veya boş tank sistemleri herbirini ayrı tanklarda depolayarak sıcak ve soğuk suyu ayırmaktadır. Ayrılmış depolama, suyun üniform sıcaklıkta yüklemeyele dağıtılmasını mümkün kılmaktadır. çoklu tanklarda yani bir veya daha fazla tankta bakım için hizmet dışına alınabilir veya ısıtma için sıcak su tutulabilir.

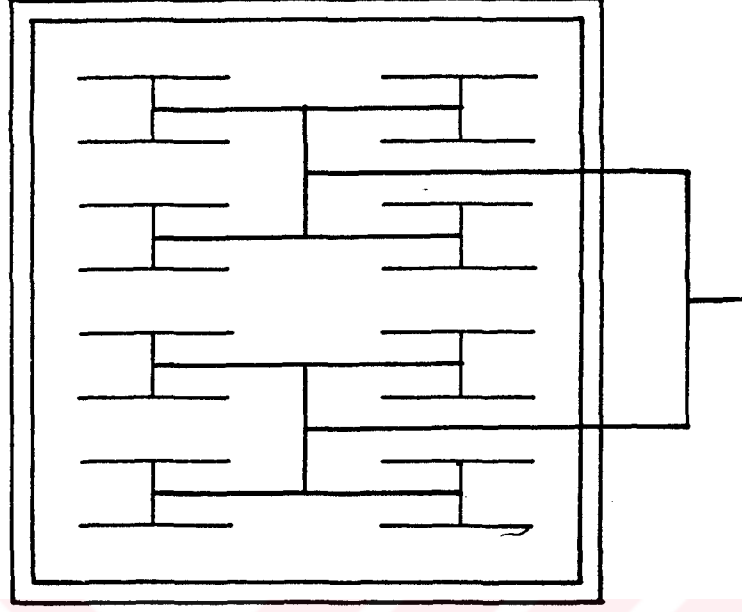
Bir boş tank sistemi bir veya daha fazla tanktan oluşur. Bunlardan biri doldurma çevriminin başında daima boştur. Doldurma süresince bir tanktaki sıcak su soğutulur. Boş tanka pompalanır. Boşaltma esnasında depolanmış soğuk su soğutma yükünü karşılamak için geri çekilir ve sistemden dönen sıcak dönüş suyu boş tanka pompalanır. Bu boş tank sistemleri nispeten kompleks tesisat ve uygun tanka akışı yönlendirmek için gerekli kontrol ve ekipmanlara sahip olması gereklidir. Pompa seçimi bu yaklaşımı daha kompleks yapmaktadır. Çünkü pompaların sürekli değişen debilerle çalışmasını sağlayan sistemlerin olması gereklidir.

Çoklu tank sistemleri, ilk maliyet ve bakım maliyeti yönünden kompleks tesisat ve kontrole ihtiyaçları vardır. Aynı zamanda sıcak su depolanan tanka soğutulmuş su girdiğinde ısı transferi yüzünden termal kayıplar olmaktadır.

### 5.2.3 ZAR VEYA DİYAFRAM

Bu sistem esnek bir zar veya soğuk ile soğuk su arasındaki ayrımı devam ettirmek için depolama tankının içinde yukarı kaldırılmış hareketli rijit bir diyafram kullanılmaktadır. Zar sistemi dağıtıcı ihtiyacı olmaksızın soğuk ve sıcak su karışımını elimine etmek için dizayn edilmiştir. zarın maruz kaldığı termal şartlar depolanmış soğutma kapasitesinde azalmayla sonuçlanmıştır. 1989 yılında katmanlı ve zar sistemlerinin aslında eşit termal ayırma performansı sağladıkları ispatlanmıştır. Zarın ilk maliyeti ve olabilecek tamiratlar katmanlı soğutulmuş su depolamasında kullanılan iyi dizayn edilmiş dağıtıcılar üstündeki zarların maliyet avantajını elimine eder.





Şekil 5.5 H- Tipi Dağıtıcı (Difüzör)

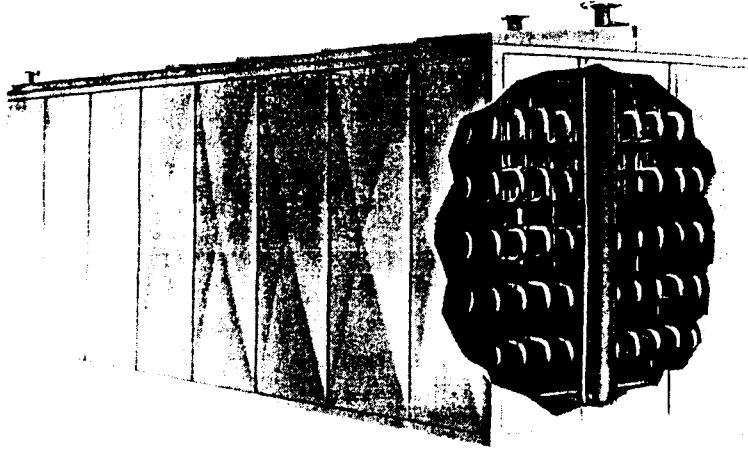
## 6.0 DIŞ SERPANTİN ÜSTÜ ERİYİK BUZ DEPOLAMA SİSTEMLERİ

### 6.1 TEMEL ÖZELLİKLER

- \*Yaklaşık olarak depolama kapasitesi 23 l/kwh dir.
- \*Açık buz üreticisinden elde edilen soğutulmuş suyla sistemi besler.
- \*Depolamayı doldurma akışkanı olarak sıvı soğutucu veya ikincil soğutucu kullanılır.
- \*Bir çok boşaltma çevrimi sırasında 1°C- 2°C boşaltma sıcaklığı sağlar.

### 6.2 GENEL TANIMLAR

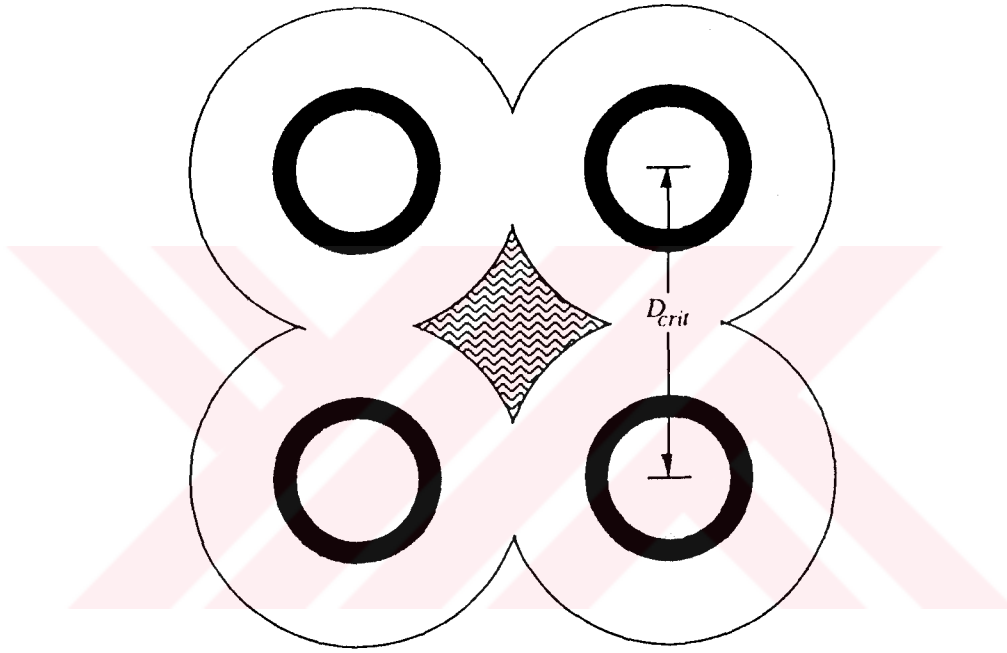
Buz üreticisi olarak da anılan, dış serpantin üstü eriyik buz depolama sistemleri,basınçsız bir su tankıyla birleşmiş bir ejanşörün dış yüzeyinde buz üretir ve depolar.Depolama sisteminin doldurulması için sıvı soğutucu veya ikincil soğutucu eşanjör içinde sirküle edilerek, eşanjör dış yüzeyinde buz oluşması sağlanır.Depolanan soğutmanın boşaltma işlemi ise; eşanjör üzerindeki buza tanka sistemden dönen sıcak dönüş suyunun gönderilerek eritilmesiyle olur.Elde edilen soğutulmuş su sistemin ihtiyacını karşılamak için kullanılır.Şekil 6.1 de depolama tankı ve borulaması görülebilir.



Şekil 6.1 Depolama Tankı Ve İç Borulaması

Uygulamaya bağlı olarak, serpantin boruları üzerinde 40 mm- 65 mm kalınlığında buz üretilir. Daha büyük kalınlıklar için düşük doldurma sıcaklığı gerektirdiğinden genellikle mevcut sistemlere uygulandığında kullanılır (-12°C ile - 9°C arasında). İnce buz katmanı yüksek doldurma sıcaklığında ve yüksek verimlilikle sağlanır.

Eğer tank aşırı doldurulursa, buz borular arasındaki boşluğuda doldurur. Dolayısıyla su akışına engel olacağından dolayı boşaltma sıcaklığını düşürür. Şekil 6.2 de aşırı doldurmaya ait bir örnek görülebilir.



Şekil 6.2 Aşırı Doldurma

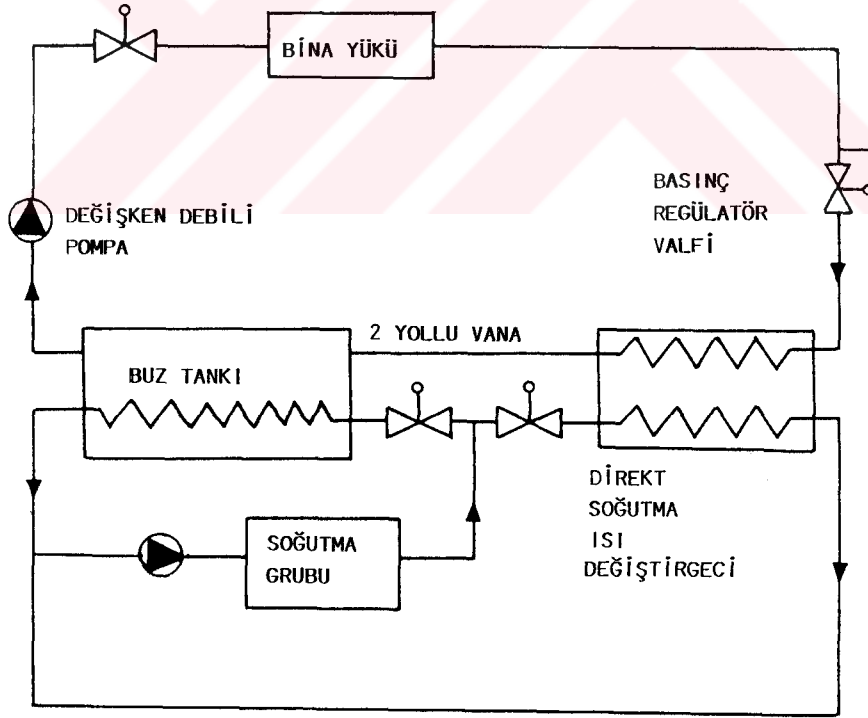
### 6.3 SOĞUTMA SİSTEMLERİ

40 mm kalınlığında buz üretecek bir dış serpantin üstü eriyik buz depolama sistemi -7°C ile -3°C soğutma grubu su çıkış sıcaklığı gerektirmektedir. Dış serpantin üstü eriyikli sistemler, buz eritme borularını evaporatör gibi kullanarak direkt buz üretir ve sekonder soğutucuyu kullanarak soğutma grubu yardımıyla indirekt buz üreticiler olarak ikiye ayrılabilir. Direkt sistemler ilk kullanılan sistemlerdir ve halen bazı besin endüstride sıkça kullanılmaktadır. İkincil soğutucu sistemler genellikle HVAC uygulamalarında kullanılır. Bu uygulamanın nedeni, tasarım basitliği, montaj ve bakım kolaylığı ve ihtiyaç duyulan

soğutma tesisinin küçük olmasıdır. Direkt sistemler sekonder sistemlere göre daha etkilidir. Çünkü bu sistemde ısı transferi işlemi bir adım eksiktir. Fakat böyle bir sistemin montaj ve bakımı için gerekli uzmanlık derecesi ticari bir ortamda kolayca elde edilemez. Bu tür uygulamalar gerekli uzmanlığın bulunabileceği gibi durumda uygundur. Direkt sistemler maliyeti ve çevre problemlerini artıran büyük miktarda soğutucu kullanırlar. Soğutucu akışkan olarak amonyak kullanılabilir ve dolayısıyla çevre problemleri minimuma indirgenebilir. Şekil 6.4' de direkt buz üreticili sistemlere ait sistem şeması görülebilir.

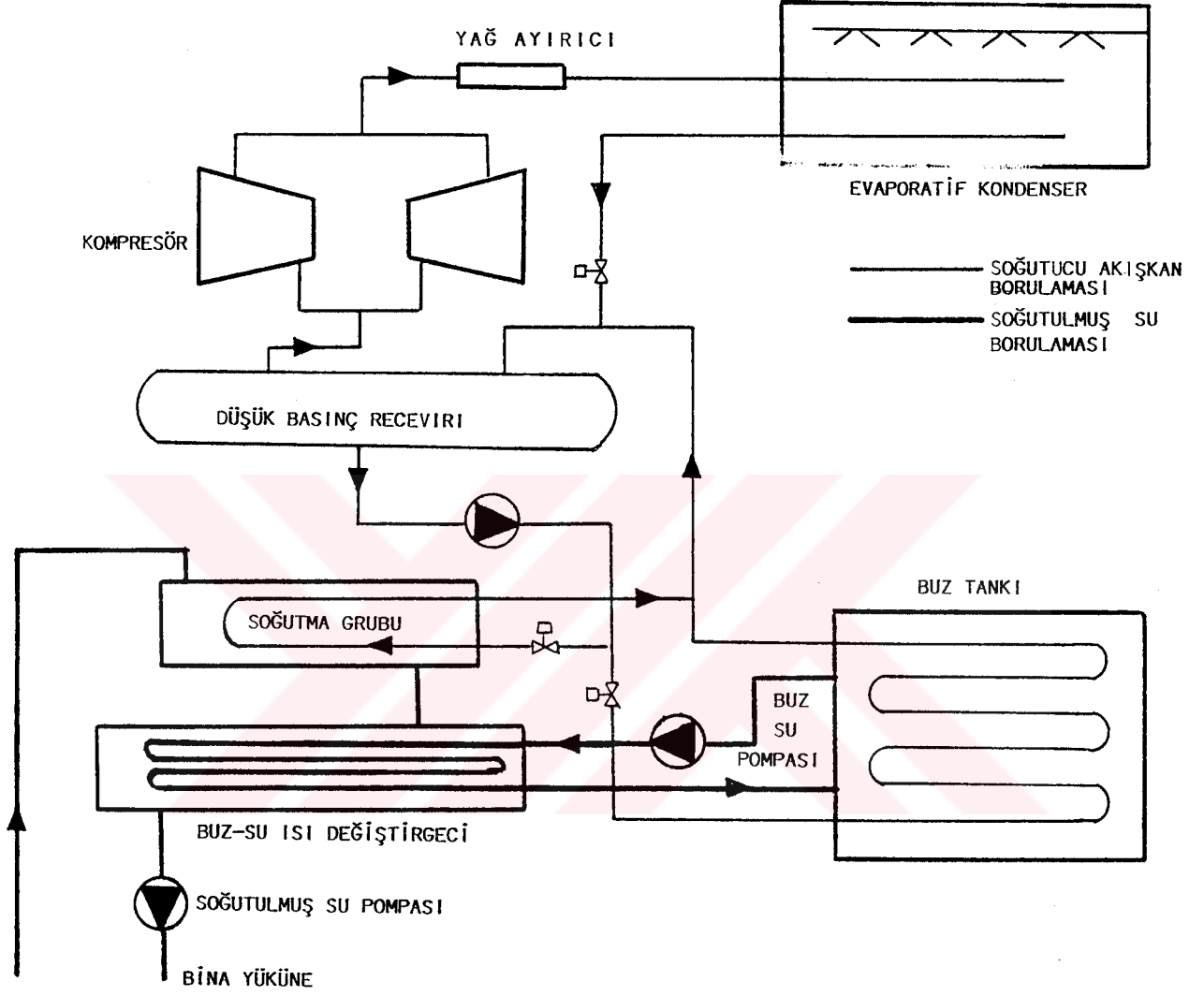
Sekonder soğutuculu sistemler doldurma sıcaklığına ( $-8^{\circ}\text{C}/ -3^{\circ}\text{C}$ ) göre seçilen standart soğuk su üreticileri kullanılabilir.  $-8^{\circ}\text{C}$  altında doldurma sıcaklığı ile çalışan sistemler özel dizayn edilmiş soğutma gruplarına ihtiyaç duyarlar. Pozitif deplasmanlı kompresörler (reciprocate veya vidalı kompresörler gibi), genellikle düşük şarj sıcaklığı veya oldukça geniş çalışma sıcaklığında kullanılabilir. Santrifüj tipi kompresörler  $-4^{\circ}\text{C}/ -3^{\circ}\text{C}$  de çalışan sistemler için kullanılabilir.

Şekil 6.5 ikincil soğutuculu sistemlerin şematik akış şemasını göstermektedir. Bu sistemde depolama tankı direkt olarak bina sistemine bağlanmıştır. Depolama tankı ile bina sistemi arasındaki basınç dengelemesi basınç regülasyon valfleri ile sağlanabilir.



Şekil 6.5 İkincil Soğutuculu Dış Serpantin Ergimeli Sistem Akış Şeması





ŞEKİL 6.4 DIŞ SERPANTİN ÜSTÜ ERİYİK BUZ DEPOLAMASI, DİREKT SOĞUTMA

## 6.4 DEPOLAMA TANKLARI

Dış serpantin üstü ergitmeli ısı depolama sistemleri genellikle betonarme veya çelikten yapılırlar. Çelik tanklar genellikle buz üreticili sistemlerle birlikte galvanizden ve izole edilmiş olarak fabrikasyon olarak temin edilebilirler. Tank ebatları depolama kapasitesine bağlı olarak dikdörtgen şeklinde imal edilirler. Depolamada kullanılan su fazla oranda hava içereceği için, çelik tanklarda korozyon olasılığı oldukça fazladır. Dolayısıyla tank malzemesinin kaplama kalitesi ve konstrüksiyon özellikleri çok önemlidir.

Sahada imal edilen tanklar içime prefabrik ısı değiştirgeçleri monte edilebilir. Bu tanklar toprak altı veya toprak üstü olarak kullanılabilir. Tank su giriş ve çıkışlarına rahat erişilebilmesi için tank etrafında 1 m'lik boşluk bırakılmalıdır. Birden fazla tanklı sistemlerde tank aralarındaki bağlantılar için ilave mesafeye gerek vardır.

Dış serpantin üstü ergitmeli birden fazla tanklı sistemlerde tanklar paralel olarak bağlanırlar. Seri bağlantı ise yüksek boşaltma sıcaklığı istenilen durumlarda sikülasyon suyunun tank içinde uzun süre kalması gerektiğinden kullanılabilir. Bununla birlikte tanklar arasındaki su sirkülasyonu tanklar arasındaki su seviyesi farkından dolayı olur. İki den fazla tanklı sistemler genellikle önerilmez.

## 6.5 KONTROL

Dış serpantin üstü eriyik buz depolama sistemleri depolamadaki buz seviyesini izlemek ve buz üretim çevriminin sonunda sinyal vermesi için otomatik kontrol sensörüne ihtiyaç duyar. Buz kalınlığı ölçüm sensörleri istenilen buz miktarının ne zaman yapıldığının belirlenmesi amacıyla kullanılırlar. Bu tür ölçüm sensörleri genellikle sıvı ve buz halindeki akışkanların kodüktivite farkından faydalanılarak çalışırlar.

Depolama oranı, tank içindeki suyun doldurma çevrimi sırasında donarak genişmesiyle ortaya çıkan seviye farkının ölçülmesi esasına göre çalışır. Tank içi su seviyesi, soğutulmuş su dağıtım pompalarının devreye girmesi esnasında etkilenir.

## 6.6 İŞLETME VE KONTROL STRATEJİLERİ

Dış serpantin üstü eriyik buz depolama sistemleri üç ana işletme stratejisi için uygundur. Tam depolama, kısmi depolama yük seviyelemeli, kısmi depolama ihtiyaç sınırlamalı. Kısmi depolamalı sistemleri yardımcı soğutma grubu, ısı değiştirgeciyle depolanmış sistemi takviye etmek için direkt soğutma sağlayabilir. Direkt soğutma ayrıca

düşük etkinlikle doldurma soğutma grubuyla veya kompresör aracılığıyla depolama tankından yapılabilir.

Dış serpantin üstü eriyik buz depolama sistemleri için kontrol stratejileri hergün mümkün olduğu kadar buz eritilmeli ve tüpler arası buz köprülerinin formasyonunu koruyabilmelidir.

Doldurma çevrimi başında çıplak boru üzerinde üretilen buz, en yüksek dönüş sıcaklığı ve en yüksek etkinlikle üretilir. Buda depolama maliyetini düşürür. Aynı şekilde, boru üzerinde en son üretilen buz ise en düşük emiş sıcaklığı ve en düşük etkinlikle üretilir. Etkinliği artırmak ve maliyeti düşürmek için hergün boru üzerindeki buzlar eritilmeli ve ertesi gün doldurma çevrimi çıplak borularla başlamalıdır. Eğer depolama kapasitesi kısmen kullanılacaksa doldurma çevrimi sınırlandırılarak sadece gereği kadar soğutmanın depolanması sağlanmalıdır.

Borular arası buz köprülerinin oluşması hergünkü deşarj işlemiyle önlenir. Köprü oluşması tankın fazla yüklenmesine neden olur. Bu sistemler için genellikle depolama öncelik kontrolü önerilir. Bu tür stratejiler genellikle bir sonraki günün ihtiyacının tahmin edilmesi yoluyla soğutma kapasitesinin tahminine ihtiyaç duyar.

Bazı durumlarda soğutma grubu öncelik kontrolü uygun olabilir. Bazı enerji ücretlerinde off-peak elektrik maliyeti, buzun hergün tamamen eritilme maliyetinden basit bir kontrolle daha düşük olabilir. Eğer off-peak enerji maliyeti çok yüksekse, soğutma grubu öncelik sıralaması maliyeti düşürebilir.

Tam depolama sistemleri sadece gereği kadar buz üretecek şekilde kontrol edilebilir. Tam doldurma gerekmediğinde, soğutma grubu kısmi kapasiteyle daha yüksek doldurma sıcaklığında çalıştırılarak doldurma etkinliği artırılabilir.

Normal doldurma işleminde, soğutma grubu tüm doldurma çevrimi içinde tam yükte olacak şekilde kontrol edilmelidir. Kısmi yükleme sistemin etkinliğini azaltabilir ve depolamanın eksik doldurulmasına neden olabilir.

Soğutma grubuna dönüş su sıcaklığı doldurma aşamasında düştüğü için, soğutma grubu su çıkış sıcaklığı sabit tutulduğunda soğutma grubu yüküde düşecektir. Soğutma grubu su çıkış sıcaklığı istenen en düşük doldurma sıcaklığında veya daha düşük olmalıdır.

## 6.7 BİNA SİSTEMİNE BAĞLANTI

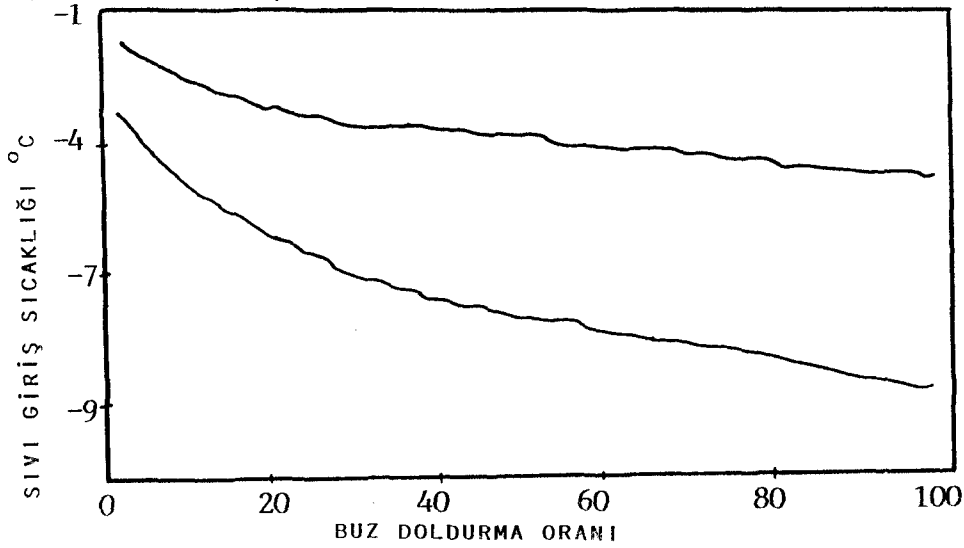
Dış serpantin üstü eriyik buz depolamalı sistemler açık, basınçsız tanklar kullanırlar dolayısıyla tank içinde suyun oksijen içermesinden dolayı korozyondan korunması önemlidir.

Depo tankını bina dağıtım sisteminden ayırmak için bir eşanjör kullanılmalıdır. Bu sayede bina sistemi konvansiyonel kapalı bir sistem haline geldiği için su arıtma işlemi daha basitleşir. Eşanjör çıkışı ile tank girişi arası borulaması için korozyon önlemleri alınmalıdır. Dış sistemden elde edilen 1°C- 2°C'lik boşaltma sıcaklığı, pompa, borulama ve pompa enerjisi maliyetlerini önemli oranda düşürmeyi sağlayabilen 13°C'lik veya daha yüksek soğutulmuş su sıcaklıklarında çalışmayı mümkün kılar.

## 6.8 DOLDURMA-BOŞALTMA KARAKTERİSTİKLERİ

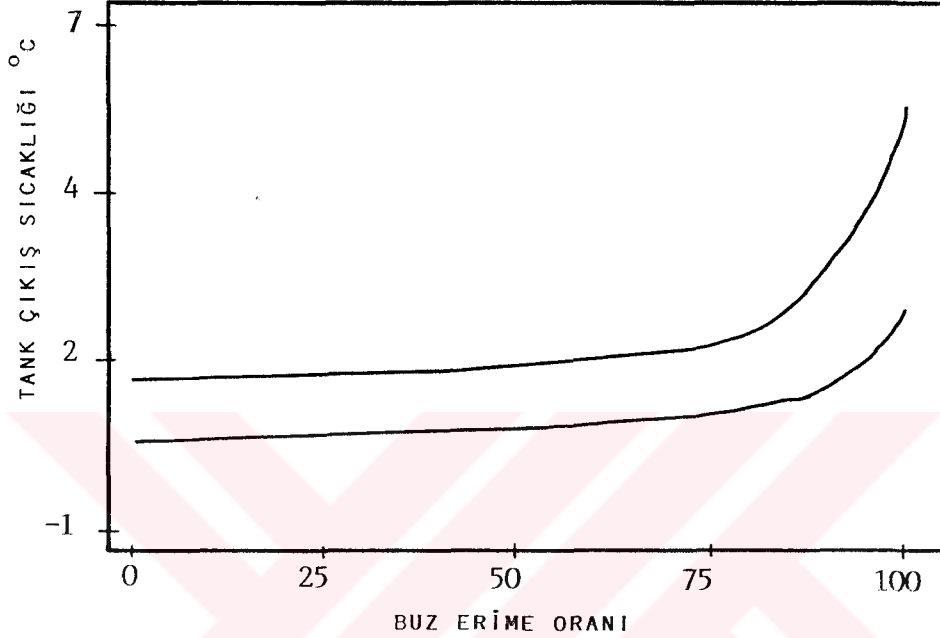
Dış sepantin üstü eriyik buz depolamalı sistemin doldurma sıcaklığı, doldurma oranı ve verilen zamanda borular üzerindeki buz miktarına bağlıdır. Daha yüksek doldurma oranlarına ihtiyaç duyan, kısa süreli doldurma çevrimi, istenen miktarda buz dondurmak için daha düşük doldurma sıcaklıklarını gerektirir. Isı transferi yapılacak buzun kalınlığı arttıkça, doldurma döngüsü boyunca doldurma sıcaklığı düşer.

Stovall (1991) de direkt soğutuculu ve ikincil soğutuculu dış eritme sistemleri için geniş bir doldurma performans testi tanımlamıştır. Direkt soğutuculu sistemlerde emiş sıcaklığı -2°C ile -5°C arasında değişmektedir (13 saatlik doldurma çevrimi boyunca.) 7 saatlik bir doldurma çevrimi için ise -4°C ve -3°C arasında değişir. İkincil soğutuculu sistemler için ise sonuçlar benzerdir. Doldurma sıcaklıkları 14 saatlik bir doldurma çevrimi için -1.5°C ile -4°C arasında, 8 saatlik bir doldurma zamanı için -4°C ile -9°C arasında değişir. Bu sıcaklıklar direkt soğutma sistemiyle aynı da olsa, soğutma grubunun emiş sıcaklığından 1.5°C - 3°C daha düşük çalışması gerektiği dikkate alınmalıdır. Şekil 6.5 bu testin sonuçlarına dayanarak tipik doldurma sıcaklık aralığını gösterir.



Şekil 6.6 Doldurma Sıcaklık Aralığı

Stovall (1991) de aynı zamanda farklı boşaltma oranları ve giriş sıcaklıklarında boşaltma karakteristiklerinde test etmiştir. Sonuçlar şekil 6.7'de özetlenmiştir. Boşaltma sıcaklıkları, tank içi buzun %80'i veya daha fazlası eriyene kadar  $1.5^{\circ}\text{C}$  altında kalmaktadır. Aşırı yüklenmiş tanklarda yapılan boşaltma testlerinde, boşaltma sıcaklıkları normalden  $1^{\circ}\text{C}$  ile  $1.5^{\circ}\text{C}$  yüksek çıkmaktadır.



Şekil 6.7 Boşaltma Sıcaklık Aralığı

## 6.9 EBATLANDIRMA

Gerekli soğutma grubu ve depo kapasiteleri depolama döngüsü tasarım sırasında saatlik performansın simülasyonu ile belirlenmelidir. Havalandırma pompalarındaki ani ısı kazancı fazla yüksek değildir, fakat bütün doldurma - boşaltma çevrimindeki toplam ısı kazancı önemli boyutlarda olabilir. Sistem ebatlandırılmasında, bu ısı kazancı tank ısı kaybı olarak kabul edilmeli ve toplam depolama kapasitesi buna göre artırılmalıdır. İlk depolama ekipmanı seçimi, uygun doldurma zamanı ve gerekli depolama kapasitesi tespit edildikten sonra, imalatçı performans tabloları yardımıyla yapılabilir.

Direkt soğutma sistemleri soğutucu elemanların ölçülendirilmesi; kompresör, kondenser ve depolama tankının her saati için beklenen yük ve çevre şartlarındaki performanslarının göz önüne alınmasını gerektirir. Silver (1989) dış eriyik sistemlerd elemanların etkileşimleri ve performanslarının simülasyonu için bir bilgisayar modeli tanımlamıştır.

İkincil soğutma sistemleri için soğutma grubu seçimi, istenen depolama miktarı için ortalama giriş ve çıkış sıcaklıklarının istenen doldurma oranına göre tanımlanmasını gerektirir. Depolama tankı üreticileri verilen yük profili ve soğutma grubu çalışma sıcaklığı için depo performansı simülasyonu yaparak yardımcı olurlar. Bazı durumlarda istenen depo performansı istenen ölçüdeki tankla, borulama uzunluğu, boru sayısı ve konfigürasyonu ayarlanarak sağlanır.

İmalata esas eleman seçimi, mümkün olan depolama tankı seçimi için değişik doldurma sıcaklıklarında kompresör veya soğutma grubu kapasitesilerinden oluşan iteratif bir işlemdir.

## **6.10 İLK YATIRIM MALİYETİ**

Depolama tankıyla buz üreten sistemlerin monte edilmiş maliyeti 50 - 70 \$/ton aralığındadır. Daha detaylı maliyet analizi için imalatçılardan fiyat analizi alınmalıdır.

Buz üretim kapasitesi soğutma grubunun nominal kapasitesinin %60-70' i oranında olduğu için maliyet analizinde buna göz önüne alınmalıdır. Dış serpantin üstü eriyik buz üretim depolamalı sistemler, az soğutulmuş su dağıtımına uygun olduğu için su ve hava dağıtım ekipmanlarının maliyetlerinde önemli tasarruf sağlamaktadır.

## **6.11 İŞLETME MALİYETİ VE VERİMLİLİK**

Anlık soğutma grubu etkinliği, borular üzerinde üretilen buz miktarına, çevre şartlarına ve soğutma grubu tipine bağlı olarak değişir.

Buz üretme esnasında ortalama etkinlik ton başına 0.8 - 1.4 kw arasında beklenebilir. Direkt sistemlerde doldurma etkinliği sekonder soğutuculu sistemlere göre daha fazla direkt ısı transferi sebebiyle daha yüksektir. Mevsimlik etkinlik, kullanılan kontrol sistemlerine bağlıdır. Bölüm 6.6 da tartışıldığı gibi boru demetleri üzerinde kalınlık arttıkça etkinlik azalır. Kontrol yöntemleri seçimi direkt olarak toplam enerji tüketimlerini etkiler.

## **6.12 İŞLETME VE BAKIM**

Dış serpantin üstü eriyik buz depolamalı sistemlerin işletimi zamanla daha iyileştirilerek optimize edilebilir. Doldurmaya başlamadan önce borular üzerindeki buzun eritilmesini

sağlayan kontrol yöntemleri etkinliği arttıracaktır. Pratik olarak en yüksek sıcaklıkta doldurmada etkinliği artırır.

İkincil soğutuculu depolama sistemlerinde soğutma grubu bakımı, endüstriyel işletimde yaygın olmasına rağmen, ticari uygulamalar için pek tipik olmayan bir uzmanlık gerektirir. Şantiyedeki personel veya servis sorumluları, soğutucu ekipmanları hakkında yeterli eğitimi almış olmalıdırlar.

Depolama tankları bakım ihtiyaçları en az düzeydedir. Su seviyesini istenen seviyede tutmak için su beslemesi yapılmalıdır. Su ilavesi yapıldığı zaman, su seviyesi sensörleri tekrar kalibre edilmelidir. Stoval (1991) su seviye sensörlerinin havalandırma pompalarından etkilendiğini belirterek kalibrasyonun bu pompalar çalışırken yapılması gerektiğini söylemiştir. Fazla hava içeren su ile temas söz konusu olduğu için dış eriyik sistemlerde korozyon koruması çok önem kazanmaktadır.

### 6.13 COMISSIONING

Tasarım öncesinden başlaayıp, sistemin ilk yılki işletmesi boyunca devam eden bir prosesdir. Dış serpantin üstü eriyik buz depolamalı sistemleri proses performans değerlendirme fazı aşağıda tarif edilmiştir.

Aşağıdaki değerler performans değerlendirmesi boyunca test edilen değerlerdir.

- \*Toplam depolama kapasitesi
- \*Boşaltma sıcaklığı ve boşaltma oranı
- \*Doldurma kapasitesi
- \*Sıralama ve kontrol sıraları
- \*Enerji etkinliği ve maksimum talep

İkincil soğutuculu dış serpantin üstü eriyik buz depolamalı sistemlerin performans testinde soğutucunun özel ısı ve yoğunluğu ölçülmelidir. Böylece soğutucu sıcaklıkları ve debilerinden ısı transfer oranları hesaplanabilir.

Toplam depolama tankı kapasitesi tankı tam doldurup, başka soğutma olmadan yüke karşı boşaltarak ölçülebilir. Tankın boşaltma sıcaklığının soğutma grubu çıkış suyu sıcaklığının üstüne çıktığı noktada kullanılabilir soğutma ölçülmelidir.

Dış serpantin üstü eriyik buz depolamalı sistemlerin toplam kullanılabilir depolama kapasitesi boşaltılan soğutma oranından bağımsızdır. Boşaltma oranı ve sıcaklığı testleri, yükün tasarım aşamasının her saatinde yükün istenen boşaltma sıcaklığında karşılanabileceğini doğrular.



Sistemin doldurma kapasitesinin testi, tankın istenen zaman peryodunda doldurulabileceğini doğrular. Sistemin doldurma kapasitesinin testi, tankın istenen zaman peryadunda dodurulabileceğini doğrular. Soğutma grubu dizayn doldurma ayarında çalıştırılır ve tankta depolanan soğutma gözlenir.

Dış serpantin üstü eriyik buz depolama sistemlerinde doldurma zamanı doldurma sıcaklığına bağlıdır. Doldurma testi birkaç defa tekrarlandıktan sonra, tankı mümkün olan zamanda tam dolduracak en yüksek sıcaklık ayarı yapılabilir.

Soğutucu bazlı dış serpantin üstü eriyik depolamalı sistemlerin anlık buz üretme kapasitelerinin direkt ölçümü zordur. Su soğutmalı bir sistemde soğutma kapasitesi, elektrik güç girişi ve çıkan ısı arasındaki farktan hesaplanabilir. Zaman içindeki soğutma çıkışı, belli bir doldurma durumundaki tankla başlayıp durarak ve tanktan dağıtılan soğutmayı gözleyerek ölçülebilir.

Sıralama ve kontrol sıralaması testleri sistemin istenen şekilde çalıştığını doğrular. Test sırasında sistem anahtarlarının doğru zamanda mod değiştirmeleri pompaların start-stopları ve valflerin doğru sırayla işlemsi kontrol edilmelidir. Ayrıca su hareket pompasında doğru zamanlarda açılıp kapandığı kontrol edilmelidir. Soğutma grubu ayarları doldurma ve direkt soğutma moduna göre yapılmalıdır. Karıştırılmış soğutulmuş su sıcaklığının doğru ayar noktasında kontrol edilmesi gereklidir. Envantör sensörleri tam doldurma ve boşaltma şartlarındaki çıkış sıcaklıkları göz önüne alınarak kalibre edilmelidir.

Soğutma bazlı dış serpantin üstü eriyik buz depolamalı sistemlerin anlık etkinliklerinin ölçümü, anlık buz üretme kapasitesi ölçülemediği için zordur. Bir çevrim içindeki ortalama etkinlik belli sayıdaki tam çevrimlerdeki enerji girişi ve dağıtılan soğutma ölçülerek bulunabilir.



## 7.0 İÇ SERPANTİN ÜSTÜ ERİYİK BUZ DEPOLAMA SİSTEMLERİ

### 7.1 TEMEL ÖZELLİKLER

İç serpantin üstü eriyik buz depolamalı sistemler

\*Kapalı bir çevrim sistemi içinde, doldurma ve boşaltma sıvısı olarak ikincil bir soğutucu kullanılır. ( Etilen glikol gibi )

\*Boşaltma oranı ve kalan buz miktarına bağlı olarak  $2^{\circ}\text{C}$  -  $3^{\circ}\text{C}$  arası boşaltma sıcaklıklarını sağlar.

\* $-6^{\circ}\text{C}$  /  $-3^{\circ}\text{C}$  arasında soğutma grubu çıkış suyu sıcaklıklarına ihtiyacı vardır.

\*Modüler tanklar kullanılabilir.

### 7.2 GENEL TANIMLAR

İç serpantin üstü eriyik buz depolamalı sistemler, doldurma ve boşaltma ısı transferi sıvısı olarak, su dolu tank içinde bulunan serpantin içinde dolaştırılan ikincil bir soğutucu kullanır. Soğutma grubu tarafından  $-6^{\circ}\text{C}$  /  $-3^{\circ}\text{C}$  arasında soğutulan soğutucu sıvı yardımıyla serpantin üzerinde buz oluşur. Depolanan buzun boşaltılması için buzlar eritilerek, soğutucunun sıcaklığı gerekli oranda düşürülür.Şekil 7.1 tam bir iç serpantin üstü eriyik depolama tankını ve Şekil 7.2 ' de doldurma ve boşaltma proseslerini göstermektedir.Bu tür sistemler genellikle soğutma gruplarına seri olarak bağlanırlar.Soğutma grupları tanka gidişe veya dönüşe bağlanabilir.

Yükten dönüşe bağlanan soğutma grubu uygulamalarında kısmi depolama uygulanır.Binadan dönen ısınmış su tanklara girmeden önce soğutma grubunda soğutulur.Bu düzende yüksek işletme sıcaklıkları sebebiyle daha etkin soğutma grubu işletimi sağlanır.Fakat düşük boşaltma sıcaklıkları nedeniyle toplam depolama kapasitesinin kullanılabilir oranı düşer.

Binaya gidişte soğutma grubu kullanılması durumunda sıcak dönüş suyu önce tanklardan geçerek soğutma grubuna girmeden soğutulur.Bu tür düzenleme daha yüksek depolama kapasitesi sağlar, ayrıca sabit boşaltma sıcaklığı sağlar.Fakat soğutma grubu daha düşük boşaltma sıcaklığı ile çalıştığı için etkinliği düşer.Şekil 7.3 soğutma grubu bağlantılarının her iki bağlantı konfigürasyonları görülebilir.

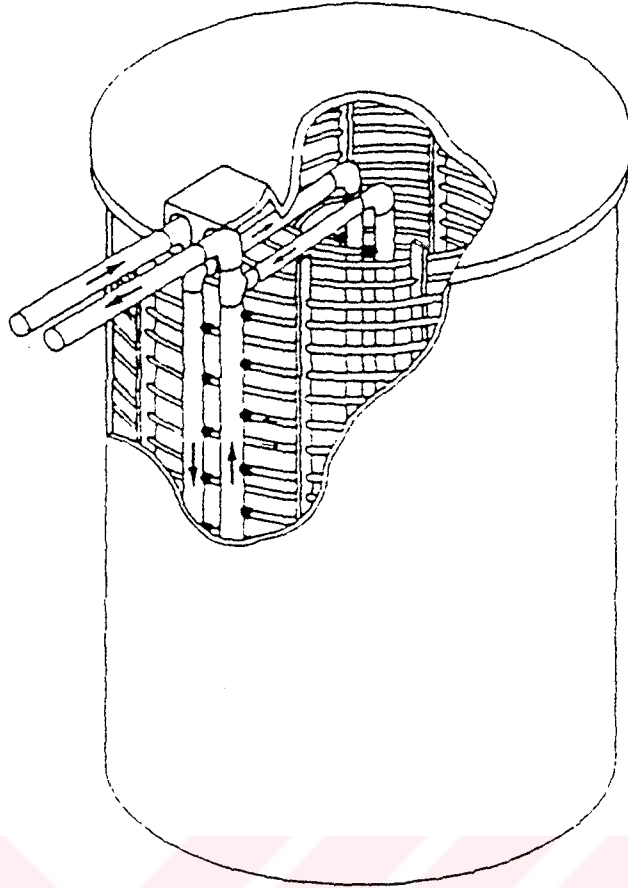


Fig. 7-1 Modular Internal Melt Ice Storage Tank

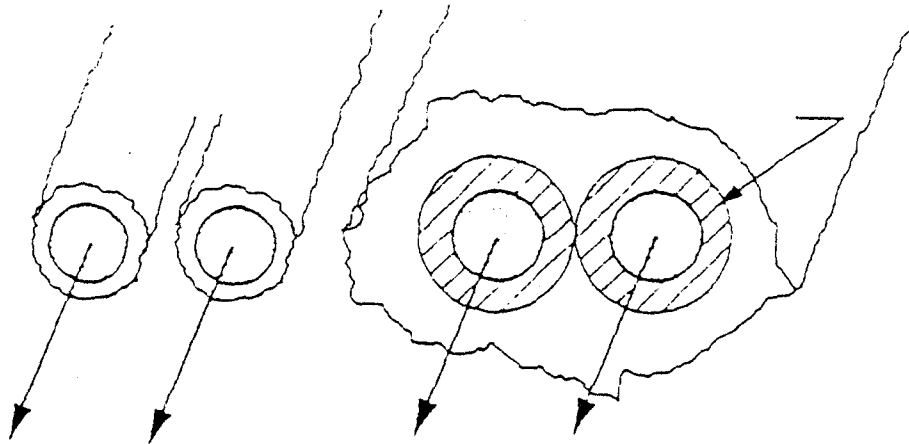
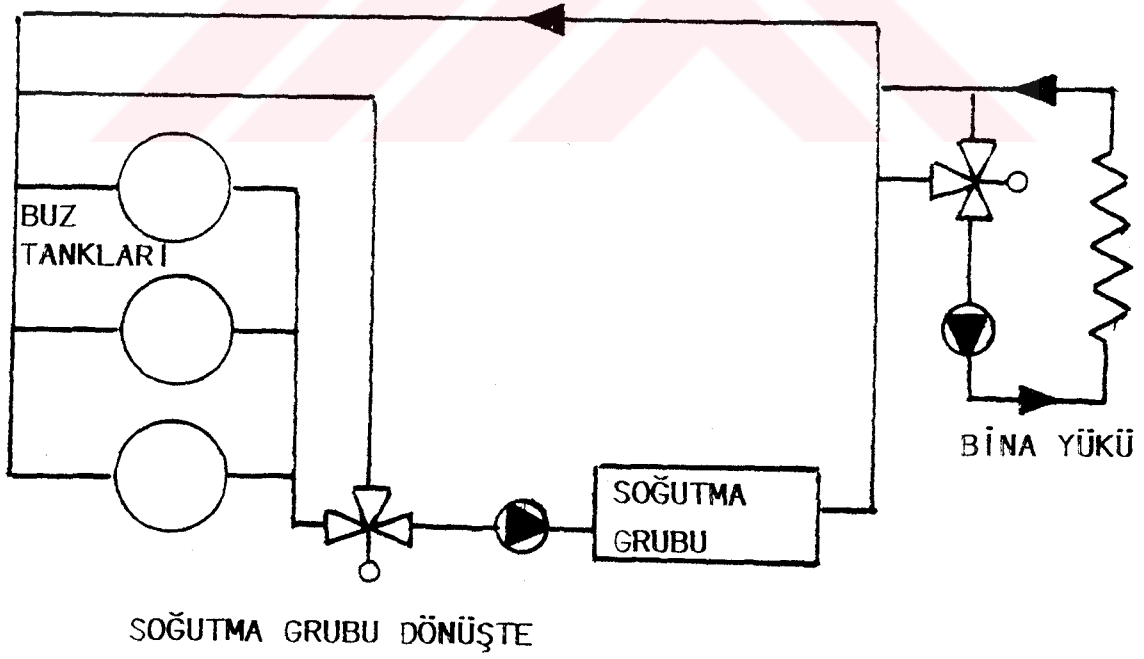
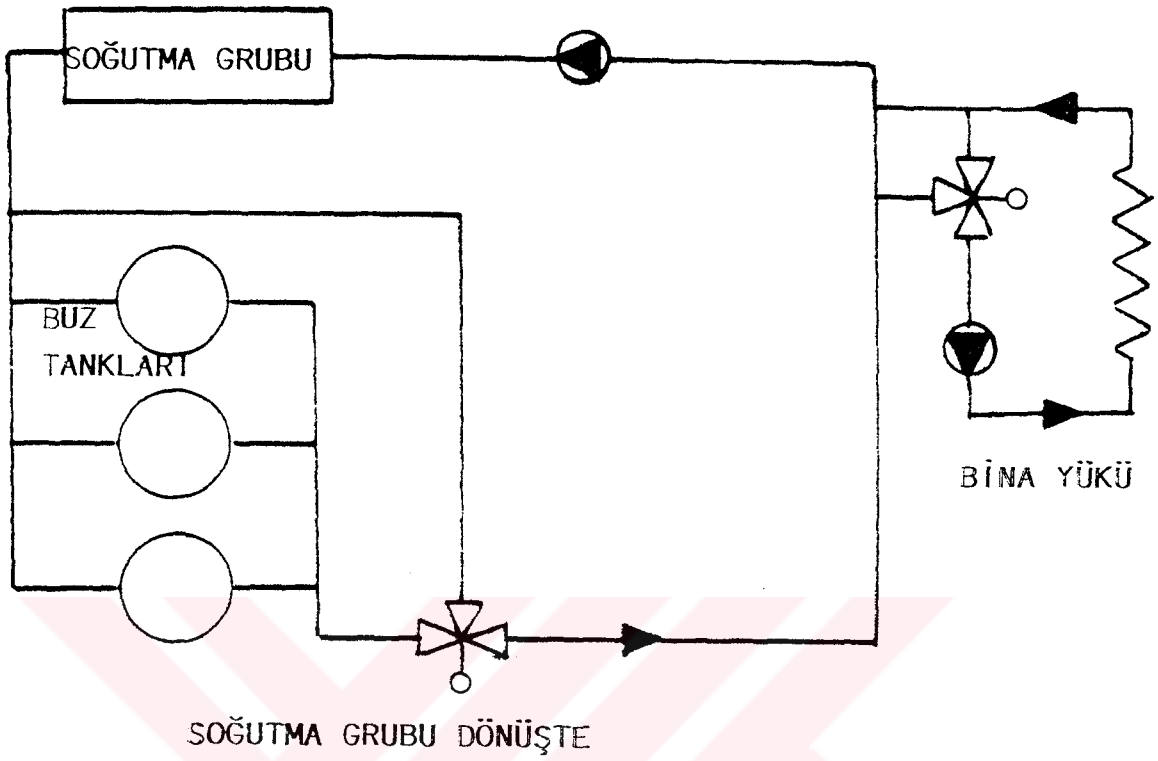


Fig. 7-2 Charge and Discharge of Internal Melt Ice Storage



Modüler tank uygulamalarında tanklar ters dönüştürülerek paralel olarak düzenlenilerek, tanklardan eşit akış sağlanır.

### 7.3 SOĞUTMA SİSTEMLERİ

İç serpantin üstü eriyik buz depolama sistemleri  $-6^{\circ}\text{C}$  /  $-3^{\circ}\text{C}$  soğutucu sıcaklığı sağlayan soğutma grupları kullanılır. Direkt soğutmada sağlaması gereken soğutma grupları özel uygulamalara bağlı olarak  $2^{\circ}\text{C}$  -  $3^{\circ}\text{C}$  arasında çalışır. Genellikle düşük doldurma sıcaklıkları ve geniş işletme sıcaklığı aralıkları nedeniyle pistonlu veya vidalı kompresörler kullanılır.

İstenen evaporatör sıcaklık aralığına göre seçilmiş radyal kompresörlerde kullanılabilir. Harmon ve Yoo(1991)  $-4^{\circ}\text{C}$  /  $-3^{\circ}\text{C}$ ' da buz üretim için santrifüj soğutma gruplarını tartışmışlardır.

### 7.4 DEPOLAMA TANKLARI

İç serpantin üstü eriyik buz depolama sistemleri çeşitli konfigürasyonlarda olabilir. 100-200 ton-saat (350-700 kwh) nominal kapasiteli modüler tanklar, plastik ısı eşanjörlü ve silindirik plastik veya dörtgen şekilli çelikten mamul olabilirler. Dörtgen şekilli çelik tankların ısı eşanjörleri galvanizlenmiş çelikten mamuldür.

Tanklar içeri veya dışarı konulabilir. Beton tanklar ya gömülür yada toprak üstüne yerleştirilebilir. Silindirik tank modülleri kaideler üzerine yerleştirilebilir. Modüler tank imalatçıları 1 m' lik bir üst boşluğu kontrol ve tamir kolaylığı açısından önerirler.

Modüler iç eriyik tankları eşanjör tüpleri arasındaki tüm suyu dondurmak için tasarlanmıştır. Tank fazla doldurulursa, tankın genişleme hacmindeki su da donar. Burada ısı transfer yüzeyi çok az olduğu veya olmadığı için burada buz oluşması halinde buz eritmek zor olur. Böyle bir buz oluşumu, ısı eşanjörlerinin alabileceği su hacmini azalttığı için, tankın depolama kapasitesini düşürür.

Bir üretici, bu potansiyel problemi tankın aktif kısmı ile genişleme hacmi arasına perfore bir izolasyon bölmesi koyarak çözmüştür. Su rahatlıkla genişleme hacmine geçebilmekte fakat izolasyon suyun donmasını engellemektedir.

## 7.5 KONTROL

Soğutma grubu kontrolleri genellikle soğutma grubu imalatçısı tarafından tedarik edilir. İç serpantin üstü eriyik buz depolama sistemleri genellikle envanter izleme elemanı ile birlikte alınır. Tank envanteri, buz oluşumu sırasındaki su seviyesinden ölçülür.

İç serpantin üstü eriyik depolama sistemleri, çıkış suyu sıcaklığını kontrol etmek amacıyla normalde depolama tankları etrafında bir by-pas kullanır. Bir üç yollu vana veya birbirine bağlanmış iki adet iki yollu vana ile istenen çıkış suyu sıcaklığına göre depoya by-pas eden soğutulmuş sıvı akış oranının kontrolü modüle edilir. Depodan elde edilen sıcaklık yükseldikçe, daha yüksek bir oranda akış tanklardan geçirilir. Böylece istenen karışım sıcaklıkları elde edilir.

Bu tür sistemlerde doldurma genellikle soğutucu akışkan çıkış sıcaklığı tasarlanan çıkış sıcaklığının 1°C altına düştüğünde durdurulur. Bu metod tam doldurmada envanter sensörlerinden daha güvenilirdir. Planlanan doldurma çevrimi sonunda buz üretimini durdurmak için zaman saati kontrolü sıkça kullanılır. Doğru ölçülendirilmiş bir sistemde normal koşullar altında doldurma zaman saatinin durdurmasından önce duracaktır.

## 7.6 İŞLETME VE KONTROL STRATEJİLERİ

İç serpantin üstü eriyik buz depolama sistemleri, tam depolama, kısmi depolama yük seviyelemeli veya kısmi depolama ihtiyaç sınırlandırmalı olmak üzere üç ana işletme stratejisi için uygundur. Soğutma grubu binaya gidişte düzenlemeli sistemler soğutma grubu öncelik kontrolü için çok uygundur. Bina yükünün soğutma grubu kapasitesinden az olduğu zaman, depolama tankları tamamen by-pas edilir. Yük arttığı ve soğutma grubu kapasitesini aştığı zaman, kontrol sistemi sıvı akışı depodan geçecek şekilde değiştirerek istenen besleme sıcaklığının elde edilmesini sağlar.

Soğutma grubu öncelik kontrolü soğutma grubu bina yükünden dönüş hattında olan uygulamalarda da uygulanabilir. Depo by-pas'ı, depo çıkış sıcaklığını maksimum soğutma grubu dönüş sıcaklığında tutmak için kullanılır. Yük soğutma grubu kapasitesini geçene kadar tüm akış depoyu by-pas eder. Yük soğutma grubu kapasitesini geçtiği anda uygun akış oranı depodan geçirilir.

Depolama öncelik kontrol sıralaması, genellikle uygulaması daha kompleks olan bir yöntemdir. Her gün ne kadar soğutma grubu soğutmasına ihtiyaç duyulacağını tahmin etmek için genellikle bir yük tahmini algoritmasına ihtiyaç vardır. Daha sonra soğutma

grubu kapasitesi yükün büyük bir kısmını veya tamamını depodan karşılamak amacıyla sınırlandırılır.

Genel olarak, bütün doldurma çevrimi boyunca tam yüklü tutabilmek için soğutma grupları doldurma esnasında kontrol edilmelidir. Kısmi yükleme sistem etkinliğini düşürebilir ve deponun eksik doldurulmasına sebep olabilir. Soğutma grubu çıkış sıcaklığı sabit tutulduğunda, doldurma esnasında soğutma grubu yüklemesinde düşecektir.

Soğutma grubu çıkış sıcaklığı istenen minimum doldurma sıcaklığına veya altına ayarlanmalıdır. Bu yaklaşımda soğutma grubu doldurma çevrimi boyunca tam yüklenmiş olacaktır.

## 7.7 BİNA SİSTEMİNE BAĞLANTI

İç serpantin üstü eriyik buz depolama sistemleri kapalı ve basınçlı sistemlerdir. Depolama çevrimi direkt bina dağıtım çevrimine bağlanabileceği gibi bir ısı eşanjörü yardımıyla ayrılabilir. Direkt bağlı sistemler, tüm bina içinde depolama çevrimini ikincil soğutucu ile çalışırlar.

Depolama ve dağıtım çevrimleri bir ısı eşanjörü ile ayrılmış ise soğutucu sıcaklığı  $-6^{\circ}\text{C}$ 'ya düştüğünde, dağıtım tarafı donmaya karşı korunmalıdır. Tipik olarak ısı eşanjörü etrafında bir şarj by-pas'ı çözüm olabilir. Birbirine bağlı iki adet iki yollu vanayla akış by-pas'dan geçirilmelidir. İki yollu vanaların üç yollu vanaya göre daha fazla tercih edilmesinin nedeni üç yolludan eşanjöre sızıntı ihtimalinin daha yüksek olmasıdır. Eşanjör donma koruması için primer taraf sıcaklığı  $+2^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düştüğünde sekonder pompaları çalıştırmak önerilebilir.

Bu sistemlerde düşük doldurma sıcaklığı ile çalışabildiği için depolamasız sisteme göre, pompa, boru, enerji maliyetlerinde düşüşler sağlanır.

Bu tür sistemler, paket rooftop direkt genleşmeli ( DX tipi ) klima ünitelerinin değişiklik gerektirdiği, tadilat işleri için çok uygundur. Mevcut kompresöre ve kondenser söküldükten sonra, DX soğutma serpantinleri ikincil soğutucuyla kullanmaya uygun yeni başlıklarla monte edilirler. Mevcut hava yönlendirici fanlar oldukları gibi kullanılabilir. Yeni bir hava soğutmalı soğutma grubu ve gerekli bağlantıları yapılmış buz depolama tankları monte edilir. Bu dönüşüm, sadece mevcut serpantin ve drenaj tavası iyi haldeyse pratiktir.

## 7.8 EBATLANDIRMA

İç serpantin üstü eriyik buz depolama sistemlerinde ebatlandırma, istenen uygulama için uygun buz üretme ve depolama kapasitesi seçimi gerektirir. Ölçülendirme için dizayn şartları çevrimindeki saatlik performansın detaylı simülasyonunu gerektirir.

İlk depolama ekipmanı seçimi, mümkün doldurma zamanı ve gerekli depolama kapasitesi tespit edildikten sonra imalatçı performans tabloları yardımıyla yapılabilir.

Soğutma grubu seçimi, istenen doldurma oranında verilen depolama kapasitesi için istenen minimum soğutucu sıcaklığının tespitini gerektirir. Depolama kapasitesi, dizayn yük profilinin her saati için istenen sıcaklıkta istenen boşaltma kapasitesine ulaşmayı garanti edecek şekilde seçilmelidir. Depo imalatçıları seçim prosesinde gerekli verileri sağlayabilirler ve hatta verilen yük profili ve soğutma grubu sıcaklıkları için depolama performans simülasyonu hizmeti de verebilir.

Son eleman seçimi çeşitli doldurma sıcaklıklarında soğutma grubu kapasitesinin değerlendirilmesinden oluşan iteratif bir prosesdir. Mümkün depolama tankı seçimi depolama performansı, her saatin boşaltma oranları ve doldurma sıcaklıkları açısından değerlendirilmelidir.

## 7.9 DOLDURMA - BOŞALTMA KARAKTERİSTİKLERİ

Bu tür sistemlerin doldurma sıcaklıkları, belli zamandaki doldurma oranı ve tankın doldurma durumuna bağlıdır. Daha kısa doldurma seçimi istenen su miktarını dondurma için daha düşük doldurma sıcaklıklarına ihtiyaç duyar. Isı transferi yapılacak buzun kalınlığı arttıkça, doldurma çevrimi içinde doldurma sıcaklıkları düşer. İmalatçılar, çeşitli doldurma oranları için gerekli minimum doldurma sıcaklıkları hakkında bilgi verebilir.

Stovall (1991), bir imalatçının iç eriyik depolama tankının doldurma performansı için geniş bir test tanımlamıştır. Doldurma sıcaklıkları tipik olarak doldurma döngüsü başlangıcından sonuna  $1^{\circ}\text{C} - 2^{\circ}\text{C}$  arasında düşer. Ortalam doldurma sıcaklığı, doldurma oranına bağlı olarak  $15^{\circ}\text{C} - 13^{\circ}\text{C}$  arasında değişir. Şekil 7.4  $2^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C}$  'lik soğutma grubu sıcaklık aralığıyla 8 - 16 saatlik doldurma çevrimlerindeki tipik doldurma sıcaklıklarını göstermektedir.

Stovall (1991), buz oluşumu başlamadan sıvı haldeki suyun süper soğutulması nedeniyle başlangıçta doldurma sıcaklıklarında dikkate değer bir düşüş gözlemiştir. Kristallenme başladıktan sonra ve tanktan sağlanan soğutma bırakıldıktan sonra, doldurma sıcaklıkları



tekrar normal seviyelerine çıkmaktadır. Böyle bir süper soğutma sadece doldurma başlangıcında tankta hiç buz olmadığı durumlarda söz konusudur.

Genelde olduğu gibi, doldurma başında tankta bir önceki çevrimden eritilmiş buz kalmışsa, kalan suyun dondurulması süper soğutmasız yapılır. Bu sistemlerde, boşaltma sıcaklığı sabit tutulduğunda oranında düzenli bir düşüş, oran sabit tutulduğunda ise sıcaklığında düzgün bir yükseliş gözlenir. Bunun sebebi buz erirken tüplerin etrafındaki suyun izolasyon etkisidir.

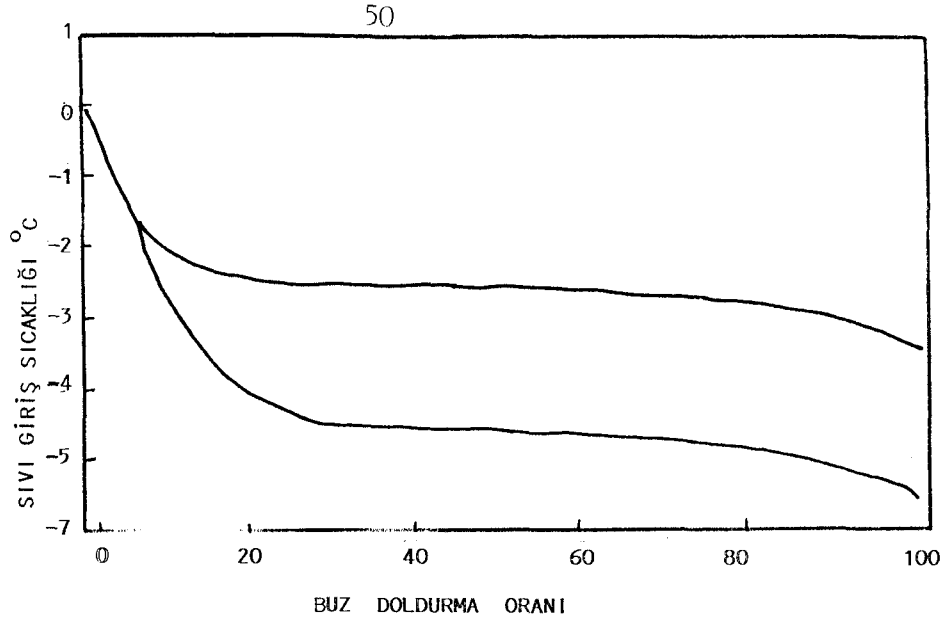
Stovall (1991), aynı zamanda çeşitli boşaltma oranları ve giriş sıcaklıklarında boşaltma karakteristiklerini de test etmiştir. Sonuçlar, boşaltma oranı ve giriş sıcaklığına bağlı olarak sıcaklık profiliyle, boşaltma periyodu boyunca, çıkış sıcaklıklarının düzgün artış gösterdiğini göstermiştir. Şekil 7.5 10°C'lik giriş sıcaklığı ile 6 - 8 saatlik çevrimler boyunca sabit boşaltma oranları için boşaltma sıcaklıklarının tipik aralığını göstermektedir.

Pratikte, soğuk depolama tankları nadir olarak sabit bir oranda boşaltılırlar. Gerçek boşaltma sıcaklığı profili, verilen bir uygulamada yük profiline bağlı olarak elde edilmiştir. Genellikle, maksimum boşaltma sıcaklığı tespitinde boşaltma çevriminin son bir kaç saatindeki yük en önemli veridir. Depolama kapasitesi her saatte istenen boşaltma sıcaklığı ve oranları elde edilebilecek gibi seçilmelidir. İstenen boşaltma oranı ve doldurma durumu için elde edilebilecek boşaltma sıcaklıkları tespitinde, iç eriyik buz depolama tank imalatçılarının sağladığı performans bilgileri kullanılabilir. Genellikle, nominal depolama kapasitesinin kullanılabilir oranı, düşük boşaltma oranları ve yüksek boşaltma sıcaklıklarıyla, daha yüksek olacaktır.

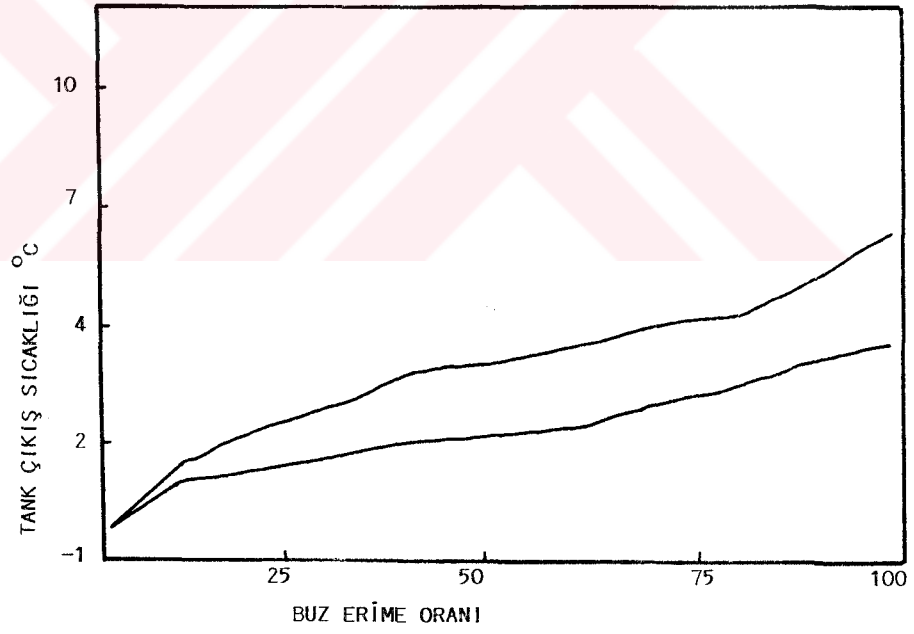
## 7.10 İLK YATIRIM MALİYETİ

Tank ve iç ısı transfer yüzeyi dahil, iç eriyik depolama tanklarının monte edilmiş maliyeti, 14 - 20 \$/kwh aralığındadır. Bu bilgiler, ilk ekonomik değerlendirme için kullanılışlıdır. Özel uygulamalar için imalatçılardan detaylı bilgi istenebilir. Seçilen bir soğutma grubunun buz üretme kapasitesi, nominal kapasitenin % 60 - 70 arasındadır. Dolayısıyla soğutma grubu maliyetleri hesaplanırken bu göz önüne alınmalıdır. Bu tür sistemler, su ve hava dağıtım ekipmanı maliyetini düşüren, düşük soğutulmuş su besleme sıcaklıklarıyla çalışmayı mümkün kılar.





ŞEKİL 7.4 BUZ DOLDURMA SICAKLIK ARALIĞI



ŞEKİL 7.5 BOŞALTIMA SICAKLIK ARALIĞI

## 7.11 İŞLETME MALİYETİ VE VERİMLİLİK

İç serpantin üstü eriyik buz depolama sistemleri doldurması için soğutma grubu etkinliği 2.9 - 4.1 ( COP ) aralığındadır.Etkinlik, soğutma grubu tipine ve gerekli doldurma sıcaklığına bağlı olarak değişir. Eger soğutulmuş akışkan depolama tankına akmadan önce, bina yükünü karşılamak için kullanılıyorsa, akışkan sıcaklığı artar ve soğutma grubu depolamaya gereken doldurma sıcaklığını sağlamak için daha düşük sıcaklık ve düşük etkinliklerle çalışmak zorunda kalır.

Direkt soğutma modunda etkinlik değişik dizayn alternatifleri için değişen soğutma grubu giriş ve çıkış sıcaklıklarına bağlıdır. Soğutma grubu bina yükünden dönüş hattında olan sistemlerde yüksek soğutma grubu etkinliği fakat düşük kullanılabilir nominal depolama kapasitesi yüzdesi sağlar. Bu sistemin tersinde ise depolama kapasitesi kullanılabilir oranı yüksektir fakat düşük işletme sıcaklığı nedeniyle soğutma grubu etkinliği düşer. Bu sistemin direkt soğutma etkinliği , aynı besleme sıcaklıklarına ait depolamasız sisteminki ile aynıdır.Diğer sistem depolamasız sistemle karşılaştırıldığında daha yüksek sıcaklıklar ve etkinliklerle çalışır.

## 7.12 İŞLETME VE BAKIM

Bir iç serpantin üstü eriyik buz depolama sisteminin işletimi zaman içinde iyileştirilerek optimize edilebilir.Sistemin soğutucu ekipman bakımı, depolamasız sistemlerdekinin benzeridir. Depolama tanklarının bakım ihtiyacı en az düzeydedir. Tank içi su seviyesi en az senede bir kez kontrol edilmeli ve gerekli durumlarda su eklenmelidir. Tank seviye sensörleri belirli aralıklarla, özellikle tam doldurma ve boşaltma şartlarında kalibre edilmelidir.

## 7.13 COMMISSIONING

Ön dizayn aşamasında başlayan ve sistem işletmesinin ilk yılı boyunca devam eden bir sürekli prosesdir. Performans değerlendirilmesinde aşağıdaki değerler test edilir;

- \* Toplam depolama kapasitesi
- \* Doldurma kapasitesi
- \* Boşaltma oranı ve boşaltma sıcaklığı
- \*Sıralama ve kontrol zamanları
- \*Maksimum ihtiyac ve enerji verimliliği

Bu tür sistemlerin kullanılabilir soğutucunun boşaltıldığı orana bağlıdır. Kaldığı dizayn depolama kapasitesini değerlendirmek için sistemi dizayn yük profiline karşı test etmek esastır. Kısmi depolama sistemleri için, bütün sisteme dizayn yükü yapmak fizible değilse depo soğutma grubundan ayrı şekilde test edilmelidir.



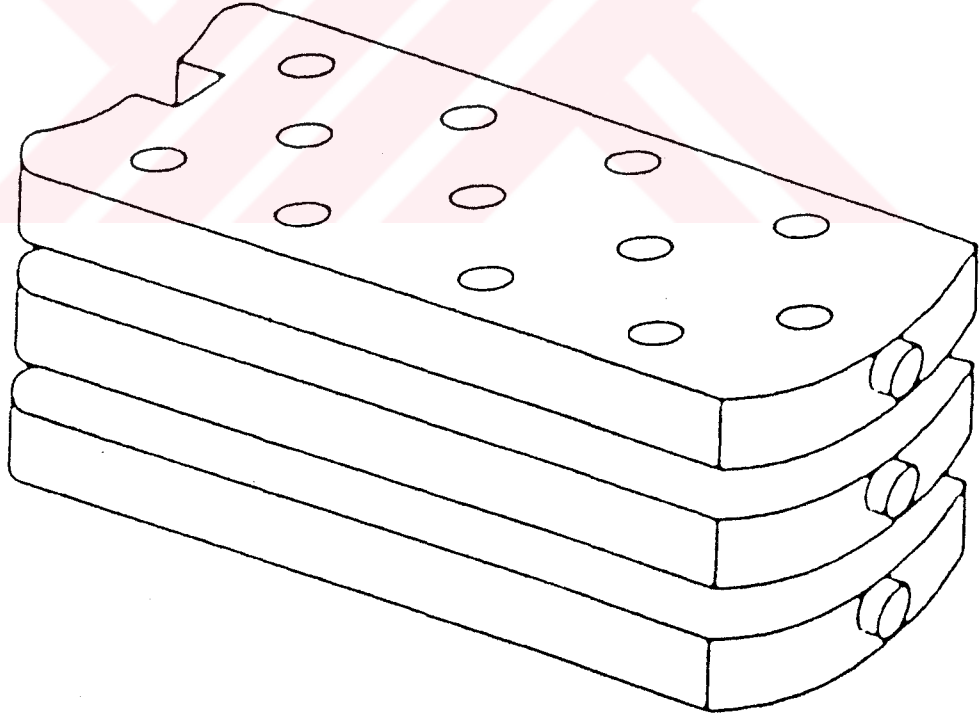
## 8.0 ENCAPSULATED BUZ

### 8.1 TEMEL ÖZELLİKLER

- \*Encapsulated, Buz depolamalı sistemler;
- \*Depolama için ikincil soğutucu akışkan olarak etilen glikol kullanılır.
- \*Depolama için yaklaşık olarak  $0.019 - 0.023 \text{ m}^3 / \text{KWh}$  ihtiyaç vardır.
- \*Küçük veya büyük soğutma yüklerine uygulanabilir.
- \*Soğutma gurubu depolama sıcaklığı olarak  $-6^\circ\text{C} / -3^\circ\text{C}$  'ye ihtiyaç vardır.

### 8.2 GENEL TANIMLAMALAR

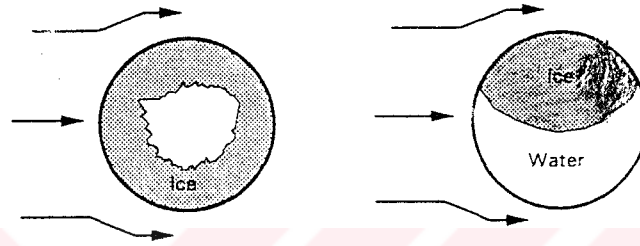
Şekil 8.1 ' de görüldüğü gibi bir encapsulate buz depolama sisteminde içinde su bulunan plastik taşıyıcılar ikincil bir soğutucu akışkan içine daldırılır. Donma ve çözülme plastik kapların içinde olur.



Şekil 8.1 Encapsulated Buz Taşıyıcıları

Depolamanın doldurulması  $-6^{\circ}\text{C}$  /  $-3^{\circ}\text{C}$  'deki soğutucu akışkanın tank içinde sirkülasyonu ile olur. Taşıyıcıların içindeki su gizli ısıyı vererek donar. Depolamanın boşalımı ise ılık soğutucu akışkan yükün ısını tanka taşır, soğur. Soğutulmuş akışkan direkt olarak veya ısı değiştirici kullanarak yükü karşılar.

Şekil 8.2 ' de küre şeklindeki taşıyıcıların doldurma - boşaltma çevrimlerindeki durumları görülebilir.



Şekil 8.2 Encapsulated Buz Depolamada Doldurma - Boşaltma

Encapsulated buz taşıyıcılar genellikle 2 türde imal edilirler. Dikdörtgen taşıyıcılar genellikle 17 Litre - 4.2 Litre hacimde veya 10 mm çapında küre taşıyıcılar olarak yüksek yoğunluğuktaki polietilen malzemeden yapılırlar. Dizaynında genleşmeye ve donma esnasında oluşacak basıncı karşılayacak şekilde yapılırlar.

Küre şeklindeki taşıyıcılar deionize su ve nucleating agent ile fabrikada doldurulurlar.

Encapsulated buz depolanmasında açık basınçsız veya basınçlı tanklar kullanılır. Açık tank sistemlerinde genellikle donan taşıyıcıların batmasını engellemek amacıyla koruyucu ızgaralar veya bariyerlere gerek vardır.

Küre şeklindeki taşıyıcılar basit olarak montaj aşamasında tankın içine konulabilir, simetrik şekillerinden dolayı ısı taşıyıcı akışkan tankın içinde rahat dolaşmasını sağlarlar. dikdörtgen taşıyıcılar ise tankın içine elle istif edilirler.

Bu taşıyıcıların genleşme - büzülme hareketleri ve sirkülasyon akışkanın kuvvetinden dolayı istenmeyen akışkan geçişlerinden oluşabilecek by-pass ve kimyasal yapılarında değişikliklerden tank içine istiflemeleri gerekmektedir.

Encapsulated buzlu sistemler tipik olarak depolama tankı soğutma grubuna seri alt akışlı olarak bağlanırlar. boşaltma süresince tank soğutma grubunun paralel çalışmasında mümkündür.

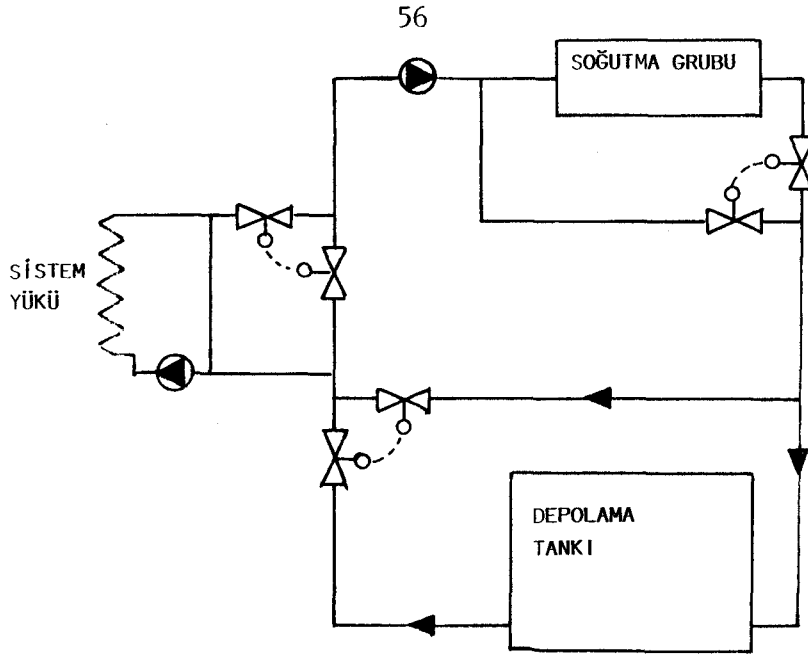
Kısmi depolamalı üst akışlı soğutma grubu uygulamalarında bina yükünden dönen sıcak akışkan soğutma grubunda tanka girmeden önce ön soğutma yapılır. Bu düzenleme yüksek işletme sıcaklığından dolayı daha verimli soğutma grubu işletmesi sağlar. Bununla birlikte, düşük depolama boşaltma sıcaklığı karakteristikleri bölüm 8.9 da ayrıntılı olarak açıklanacaktır. Alt akışlı soğutma uygulamalarında, sıcak dönüş suyu soğutma grubuna girmeden önce soğutulmak için depolama tankına akar. Bu uygulama sayesinde yüksek kullanılabilir depolama kapasitesi ve sabit boşaltma sıcaklığı temin edilir. Bununla birlikte soğutma grubu, üst akışlı uygulamaya göre düşük çıkış sıcaklığı ve daha düşük verimle çalışır. Şekil 8.3-8.4 tipik bir üst-alt akışlı soğutma grubu uygulamalarının şematik diyagramlarıdır.

### 8.3 SOĞUTMA SİSTEMİ

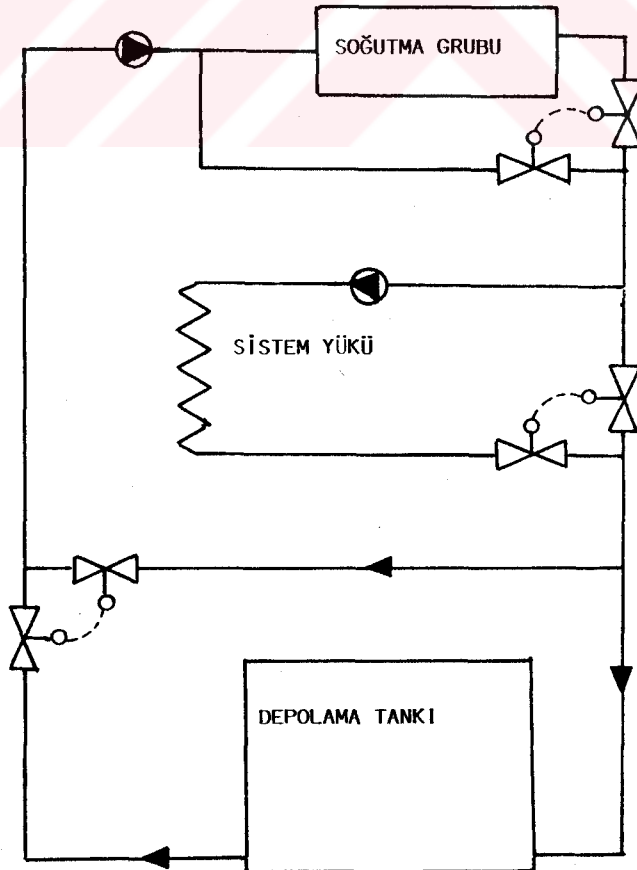
Encapsulated buzlu ısı depolama sistemlerinde,  $-6^{\circ}\text{C}$  -  $3^{\circ}\text{C}$  akışkan sıcaklığı sağlayan standart soğutma grupları kullanılır. Soğutma grupları, özel uygulamalara bağlı olarak  $2^{\circ}\text{C}$  -  $6^{\circ}\text{C}$  de direkt soğutma yapabilmelidirler. Düşük doldurma sıcaklığı ve oldukça geniş sıcaklık işletmelerinde pistonlu, döner ve vidalı tip kompresörler kullanılır. Santrifüj kompresörlerde bu amaçla kullanılabilir.

### 8.4 DEPOLAMA TANKLARI

Depolama tankları genellikle çelik veya betonarmeden bina içine veya dışarısına yerleştirilirler. Çelik tanklar atmosfere açık-kapalı ve basınçlı olabilir. Beton tanklar toprak altına yer kazanmak için yerleştirilebilirler. Tank yüzeyleri, taşıyıcı kapların boşaltma-doldurma süresince hareketlerinden ötürü oluşabilecek aşınmayı engellemek için pürüzsüz olmalıdırlar. Tank yüzeylerinin taşıyıcılara zarar vermemesi için yapılması uygundur. Çelik tanklara korezyona karşı üretilen giydirilmelidir. (uygulamalıdır) Taşıyıcıları tanka yerleştirmek ve servis için menhol yapılmalıdır. Dikdörtgen taşıyıcılı sistemler için tankın orta seviyesine iki geçişli sağlayabilmek için yatay şaşırtmalar monte edilebilir. Bu yaklaşım, soğutucu akışkanın tank içinde daha fazla kalarak ısı transferinin artmasını sağlar. Bu da tank girişi-çıkışı arasında aşırı basınç düşüşüne sebep olur. Küre şeklindeki



ŞEKİL 8.3 ENCAPSULATED BUZ DEPOLAMASI, SOĞUTMA GRUBU DÖNÜŞTE



ŞEKİL 8.4 ENCAPSULATED BUZ DEPOLAMASI, SOĞUTMA GRUBU GİDİŞTE

taşıyıcı sistemlerde akışkanın iyi dağılımını sağlamak için birde fazla giriş-çıkış borusu kullanılır.

Bu boru grubunun dizaynı seçilen taşıyıcı tipine,tankın ebatına ve şekline göre değişiklik gösterir.(Taşıyıcı imalatçıları boru grubu dizaynı hakkında yeterli bilgiyi verirler.)Dikdörtgen taşıyıcı sistemler genellikle,basınçlı silindirik(dik),çelikten imal edilmiş tanklar kullanılırki bunlarda toprağa gömülebilir.Isı taşıyıcı akışkan istif edilmiş taşıyıcıların arasında dikey olarak akar.(Küresel taşıyıcılarda her hangi bir şekilde kullanılabilir.)

## 8.5 KONTROL

Açık tanklı sistemlerde,su seviyesinin değişimi,statik basınç hissedicinin su sütünü yüksekliğini hissetmesiyle veya diğer değişik tipteki seviye göstergeleriyle ölçülür.Basınçlı tank sistemlerinde,taşıyıcıların donarken genişmesiyle akışkan ikinci bir tanka akar.Bu tank ana tankın genişleme tankı gibi görev yapar.İkinci tanktaki seviye sensörünün verdiği sinyale göre depolama kontrolü yapılabilir.Küre şeklindeki taşıyıcılarda bu şekilde güvenli ölçüm yapmak zordur.Dolayısıyla sağlıklı ölçüm yapabilmek için debinin-sıcaklığın ölçülmeleri gereklidir.

Enkapsüle buzlu sistemlerde genellikle boşaltma sıcaklığının kontrol edilebilmesi için tank baypass vanası kullanılır.üç yollu karışım vanası veya iki yollu vanada soğutulmuş akışkanın tank baypassını modüle etmek için kullanılabilir.Enkapsüle buz depolamasını n doldurulması genellikle,soğutucu akışkan depodan çıkış sıcaklığının 1°K aşığına kadar düşüşüne izin verilir.



## 9.0 ÖTEKTİK TUZ FAZ DEĞİŞİM MADDELİ SOĞUK DEPOLAMA

Ötektik tuz faz değişim maddeli sistemler;

\*Bilinen soğutma ekipmanlarını standart sıcaklıklarda kullanır,dolayısıyla yeniden yapılanan binalar için daha idealdir.

\*Yüksek depolama boşalım sıcaklığına sahiptirler.

\*Yaklaşık olarak depolama kapasitesi  $0.048 \text{ m}^3/\text{kwh}$  dir.

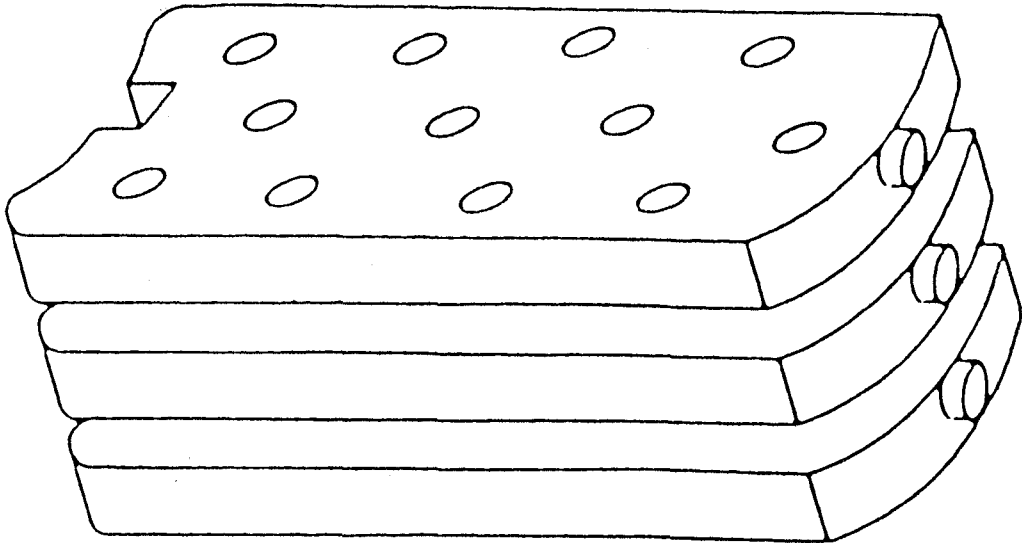
\*Doldurma durumunda genişmez yer değiştirmez.

### 9.1 GENEL TANIMLAMA

Bir ötektik tuz karışımı belirli sıcaklıkta sıvı halden katı hale geçebilen kimyasal karışımdan oluşmaktadır.Su belirli miktardaki soğutma yükünü  $0 \text{ C}'$ de sıvı halden katı hale geçerken depolar,ötektik tuz ise kendi faz değişim sıcaklığında depolar.

Ötektik tuz faz değişim maddeleri 1800 yılından günümüze kadar ısı depolama sistemlerinde kullanılmaktadırlar.Fakat soğuk depolama amaçlı olarak kullanılması yenidir.

Ötektik tuzun genel yaygın olan karışımı inorganik tuz,su ve stabilizatörden oluşur.Erime ve donma sıcaklığı  $8.3^{\circ}\text{C}'$ dir.Bu madde plastikten dikdörtgen şeklindeki taşıyıcıların içine konur ve depolama tankının içine istiflenir.Şekil 9.1 de taşıyıcılara ait bir örnek görülebilir.



Şekil 9.1 İstiflenmiş Ötektik Tuz Depolama Taşıyıcıları

Su ısı transfer akışkanı olarak ötektik tuz taşıyıcıları arasında sirküle ettirilerek ısı transferi soğutma grubundan depolama ortamına veya sisteme yapılır.

8.3°C'de faz değişimi olan ötektik tuz bilinen soğutma gruplarıyla (çalışma aralığı 4°C - 6°C) kullanılabilir. Buda mevcut bulunan sistemin soğuk depolamada kullanılması için herhangi bir değişikliğe gerek olmadan kullanılmasını sağlar.

Tipik 9°C - 10°C' deki boşaltma sıcaklığı birçok HVAC uygulaması için oldukça yüksektir.

Ötektik tuzlu sistemler Şekil 9.2 ve 9.3 deki sistemlere adapte edilebilirler. Şekil 9.2 deki sistemde çalışma prensibinde tam depolama işletme sistemi veya depolamanın boşalma sırasında ilave soğutma yükünün olmayacağı durumlardır. Şekil 9.3 deki sistemde ise depolamadan çıkan su soğutma grubundan geçirildikten sonra sisteme verilir. Depolama pompası ise devreye seri olarak bağlanır. Ötektik tuz formülasyonu 5°C'de sıvı halden katı ,katı halden sıvı hale geçer ve bu karışımın formülünü geliştirmek amacıyla sürekli çalışılmaktadır. 6°C-7°C boşaltma sıcaklığı diğer alışılmış sistemler ve HVAC uygulamaları için uygundur. Bunun yanında bazı alışılmış sistemler 2°C'de üretim yapabilirlerki bu sıcaklıkta ötektik tuz karışımlarının donma sıcaklığının altındadır. Düşük sıcaklıkta çalışan soğutma grupları ihtiyaç halinde glycol gibi ikincil bir soğutucu akışkan kullanabilirler. Ötektik tuzlu sistemler, buzlu sistemlerde depolama sıcaklığının daha aşağıya çekilmesi amacıyla kullanılabilir. Katkılar kullanılarak buz depolama sıcaklığı -2 °C / -11°C aralığına kadar düşürülebilir. Tablo 9.1 de ötektik tuz karışımlarının faz değişim sıcaklıkları görülebilir.

### 9.3 SOĞUTMA SİSTEMLERİ

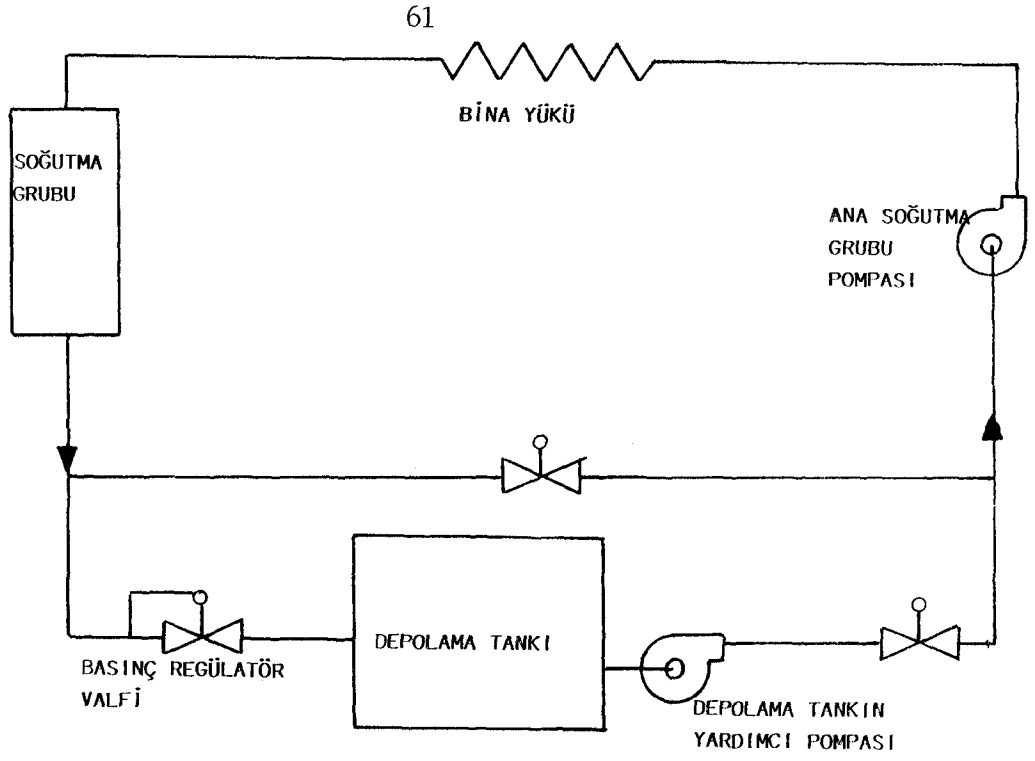
Ötektik tuzlu sistemlerde konvensiyonel soğutma grupları kullanılabilirki bunların çalışma sıcaklıkları 4°C- 6°C'dir. Ötektik tuzlu sistemler genellikle büyük depolama ihtiyacı olan sistemlerde kullanılırlar. (Santrifüj tip soğutma grupları gibi.) Bununla birlikte pistonlu veya vidalı soğutma grupları kullanılabilir. Absorbsiyon tipi soğutma grupları ötektik tuzlu sistemleri doldurmak amacıyla kullanılabilir. Bununla birlikte absorbsiyon tipi grupların verimi 6°C'nin altında oldukça düşer.

Ötektik tuz depolaması genellikle mevcut soğutma sistemine monte edilebilir. Birçok uygulamada mevcut soğutma grubunda değişiklik gerekmez. Mevcut konvensiyonel sisteme ötektik tuzlu depolamanın ilavesiyle CFC dışı soğutucu akışkan kullanılması kolaylaşır.

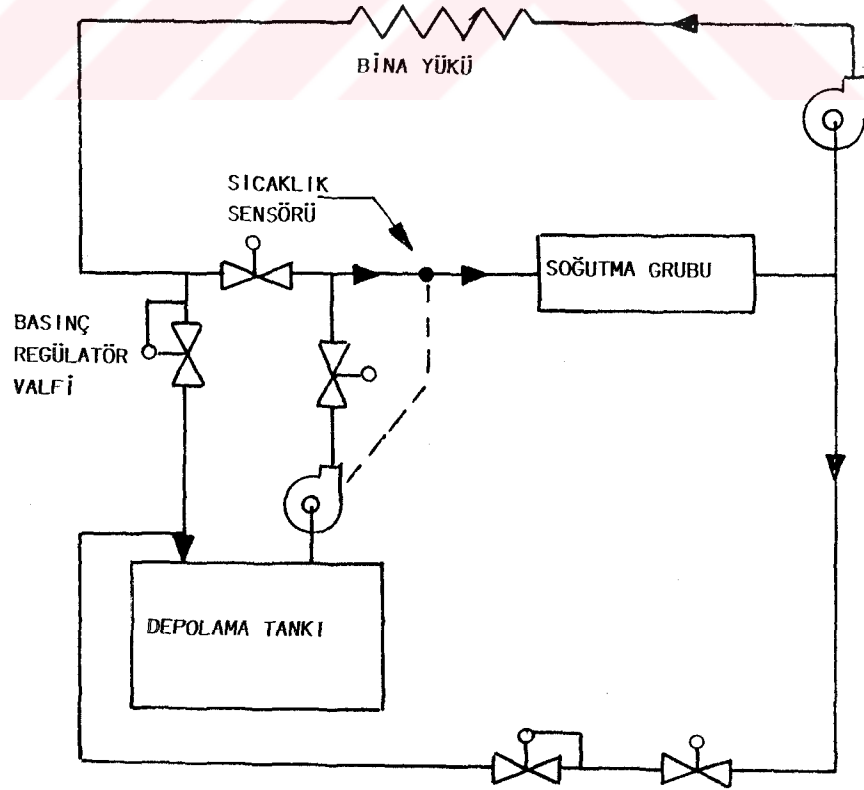
Table 1. Thermophysical properties of some selected PCMs and the related prices.

PCM	m.p (°C)	d (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg°C)	k <sub>pcm</sub> (W/m°C)	Hf (kJ/kg)	Price (£/kg)
KCl	770	1980 1770	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	357.2	14
NH <sub>4</sub> Cl	185	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	74.76	7.3
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1070	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	178.6	16
NaCl	800	2700 1720	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	473.5	5.3
MgCl <sub>2</sub>	714	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	448.6	51.8
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·12H <sub>2</sub> O	36	1520	1.69 <sup>2</sup> 1.94 <sup>2</sup>	0.514 <sup>3</sup> 0.476 <sup>3</sup>	264 <sup>4</sup>	0.25 <sup>6</sup>
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	15.8
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	884	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	62.3	7
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O	49	1690 1660	1.45 2.36	0.57	209 <sup>4</sup>	10
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	117 <sup>4</sup>	1560 <sup>2</sup> 1440 <sup>2</sup>	1.57 2.82	0.694 <sup>5</sup> 0.57 <sup>5</sup>	172 <sup>3</sup>	11.9
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	90	1460	2.24 3.65	0.611 <sup>5</sup> 0.49 <sup>5</sup>	159 <sup>4</sup>	11.5
CaCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	29.5	1710 1680 <sup>3</sup>	1.43 2.28	1.088 <sup>5</sup> 0.54 <sup>5</sup>	193 <sup>4</sup>	0.07 <sup>6</sup>
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O	32	1480 <sup>3</sup>	1.76 3.28	0.54 <sup>3</sup>	251 <sup>4</sup>	0.11 <sup>6</sup>
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	48	1640	1.49	- <sup>1</sup>	200.2	16.4
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·10H <sub>2</sub> O	32 <sup>4</sup>	1440	1.86 3.32	- <sup>1</sup>	247 <sup>4</sup>	0.12 <sup>6</sup>
MgSO <sub>4</sub>	1130	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	33.3
n-eicosene (Paraffin)	36.7 <sup>2</sup>	856 <sup>2</sup> 778 <sup>2</sup>	2.01 <sup>2</sup> 2.21 <sup>2</sup>	0.15 <sup>2</sup>	247 <sup>2</sup>	- <sup>1</sup>
Acetic acid	16.7 <sup>2</sup>	1050 <sup>2</sup>	1.96 <sup>2</sup> 2.04 <sup>2</sup>	0.18 <sup>2</sup>	187 <sup>2</sup>	- <sup>1</sup>

The prices in the table were taken from Sigma Catalogue (1993) except (<sup>6</sup>) and the nonmarked values were from Monegon Report (1980). In the table, m.p, d, Cp, and k are of meaning melting point, density, specific heat, and thermal conductivity, respectively. First values in double figured rows are for solid phase and the last ones are for liquid phase, <sup>1</sup>: data not available, <sup>2</sup>:Hale et al. (1971), <sup>3</sup>:Abhat (1983), <sup>4</sup>:Lane (1983), <sup>5</sup>:Lane (1980), <sup>6</sup>: Gultekin *et al.* (1991).



ŞEKİL 9.2 ÖTEKTİK TUZLU SİSTEM ŞEMASI SOĞUTMA GRUBU DÖNÜŞTE



ŞEKİL 9.3 ÖTEKTİK TUZLU SİSTEM ŞEMASI, SOĞUTMA GRUBU GİRİŞTE

Ötektik tuz depolama sistemi mal sahiplerine ilave kapasiteyi oldukça düşük maliyetle sağlarlar.Elverişli dolum sıcaklıkları sayesinde faz değişim maddeleri mevcut soğutma gruplarıyla uyumludurlar

#### 9.4.1 DEPOLAMA TANKLARI

Genel olarak depolama tankları betonarmeden ve dikdörtgen şeklindedir.Tanklar toprak üstü ve altı olaraktan imal edilebilirler.Genel olarak park alanlarının,teras veya giriş yollarının altında olacak şekilde imal edilirler

.Tankların ebatlandırılmasında 20.7 kwh/m<sup>3</sup> kriteri dikkate alınır.Bu değerlere giriş ve çıkış başlıkların hacmide dahildir. Her bir tankınboyutlandırılması sonucunda sistemin ihtiyacına göre bu değer değişiklik gösterebilir.Dikkate alınan kriterler yükleme ihtiyacı, suyun karakteristiği ve depolama tankının monte edildiği ortamın şartlarıdır.

Tankın su sızdırmazlığının çok iyi olması, ötektik tuz taşıyıcı plastik kapların tankın içine yerleştirilmesinden sonra her hangi bir su kaçağında müdahale imkanının çok zor olmasından dolayı gerekir.Genellikle 3 mm kalınlığındaki (sert ve esnek) çok katmanlı poliüratan izolasyon maddeleri yeterlidir.Uygulanan flexible izolasyon maddesi küçük çatlak ve çekmelere dayanaklı olmalıdır.Ötektik tuzlu depolama sistemlerinde genellikle ısı yönünden izole edilmezler.Bir çok uygulamada ısı izolasyonu olarak kuru toprak kullanılmaktadırki buda yeterli olmaktadır.Islak toprakla yapılanda ise kayıpların fazla olmasından dolayı izolasyona gerek vardır.

Tanka giriş ve çıkış başlıkları karşılıklı olarak monte edilirler.Su yatay olarak 5-10mm/s hızla bir geçiş yaparlar.Başlıklar PVC borudan yapılmış ve üzerine nozül monte edilmiştir.

Borunun çapı ve nozüllerin dağılımı su debisine, tankın genişliğine ve sistemin ihtiyacına bağlıdır.

#### 9.4.2 TAŞIYICILAR

8.3°C'de faz değiştiren maddeler hava geçirmeyen polietilenden imal edilmiş dikdörtgen kapların kapların içine konur.Bu kapların tankın içine yerleştirirken dikkat edilmesi gerekenler; yer değiştirmenin olmaması ve gereken su akımının sürekli kalmasıdır.Bu maddeler suyun özgül ağırlığında 1.5 kat daha ağır olduklarından dolayı yüzmezler.Ayrıca donduklarında genişmezler dolayısıyla taşıyıcılarda herhangi bir

gerilim oluşmaz.Yüksek özgül ağırlığından dolayı birbirine bağlı taşıyıcılar donma ve ergime sırasında tank içinde yer değiştirmezler.

## 9.5 KONTROL

Boşaltma sıcaklığı kontrolü tipik olarak soğutulmuş su akışkanın tanka by-pass edilmesiyle sağlanır.Depolama pompası değişken debili olabileceği gibi pompa üzerindeki kısma vanasıyla boşaltma tanka yapılabilir.Ayrıca statik basınç kontrolü için basınç düşürücü vanalarlada kullanılabilir.

Depolama miktarı direkt olarak ölçülemez,faz değişim maddeleri dondukları zaman hacimlerinde değişiklik olmadığından dolayı.Depolama miktarı dolun ve boşaltmanın sürekli olarak izlenmesi sayesinde yapılabilir.Bu hesaplama içinde debi ölçerle ve depo giriş-çıkış sıcaklığının ölçülmesiyle sağlanır.

## 9.6 İŞLETME VE KONTROL STRATEJİLERİ

Faz değişim depolama sistemlerinin tam depolama, kısmi depolama yük kontrollü,kısmi depolama ihtiyaç limitleme üzerindeki fonksiyonları daha önce incelenmişti.Bunula beraber tam depolama uygulamaları 9°C - 10°C'deki boşaltma suyunu kullanabilmelidir. Bu boşaltma sıcaklığı bazı kısmi depolama uygulamaları içinde sınırlama getirir.Yükteki bu oran, yük-depolama nisbi sıcaklık farkına bağlı olarak depolamadan karşılanır.Örneğin 6°C gidiş-11°C dönüş suyu sıcaklığına göre çalışan mevcut soğutma grubunda depolama yükün %50' sinden fazlasını karşılayamaz.(11-6)/(11-1)

Çünkü 1° C'nin altına inildiğinde sistemde donma olması kaçınılmazdır.

Düşük yüklerde sistemin ihtiyacının büyük bir kısmının depolamadan karşılanması yapılabilir ve dolayısıyla dönüş suyu sıcaklığı artar.

Bir çok binanın dizayn sıcaklığı her ne kadar 6°C'de olmasına rağmen düşük yükler daha yüksek sıcaklıklarda karşılanır.Bununla birlikte eğer soğutulmuş su sıcaklığı 9°C-10°C' nin aşağısında ise nem alma ve diğer işlemleri gerektirir.:mekanik soğutma sisteminin boşaltma sıcaklığını artırmak için çalıştırılması gerekmektedir.Bu tür uygulamalar; dizayn şartlarında tam yük durumunda yüksek sıcaklıkta su kullanılır, kontrol sistemlerinin optimizasyonu ve borulaması zaten mevcuttur.

Düşük sıcaklıkta su isteyen sistemlerde ise soğutma grubu boşaltma sıcaklığını düşürmek için tank sisteme paralel bağlanır.(soğutmak için)Tam depolama işletim sistemi bu tür uygulamalar için uygun değildir.Çünkü soğutma grubu boşaltma anında sürekli çalışmak

durumundadır. Soğutma grubu veya depolama önceliği kontrol planı yapılırken kontrol depolama sistemi işleminin maksimum yükten daha az olmasına dikkat edilir.

Soğutma grubunun önceliğini yerine getirebilmek için karışım sıcaklığını aşması durumunda bir miktar dönüş suyu depolama tankına ön soğutma için gönderilir.

Depolama önceliğinde ise daha önceden günlük toplam yükün hesaplanması soğutma grubunun daha verimli çalışması ve depolamanın aşırı boşalmasını engellemek için gerekmektedir. Özellikle doldurma çevriminin sonunda sıcaklık yaklaşık olarak 3 °K artar. Soğutma grubunun doldurma çevrimi esnasında mümkün olduğunca maksimum yükte çalışması sistemin soğutma etkinliğinin artması yönünden önemlidir. Kısmi yükler sistemin etkinliğini düşürdüğü gibi doldurma çevrimi sonunda tankın tam olarak doldurulmasını engeller. Soğutma grubuna dönüş suyu sıcaklığının doldurma çevrimi sırasında düşmesi, eğer soğutma grubu çıkış suyu sıcaklığı sabit olarak tutulabilirse soğutma grubu yükünü de düşürür.

Bazı uygulamalarda ise gece yüklerini karşılamak için depolama çıkış suyu kullanılabilir.

## 9.7 BİNA SİSTEMİNE BAĞLANMASI

Ötektik tuz depolama sistemleri depolama tankları olaraktan açık ve basınçsız tanklar kullanmaktadır. Tankın izolasyonu yüksek boşalım sıcaklığından dolayı pratik değildir. Fakat izole edilmesinde fayda vardır. Eğer tank içindeki su seviyesi binanın dağıtım sisteminin ihtiyacı olan statik basıncı sağlayacak kadar değilse statik basınç basınç regülatör vanası konularak korunur ve bir çek valfin tanka dönüş hattına konulması gerekmektedir. Bu valflerin konuş amacı tanka olabilecek kontrolsüz akışın önüne geçmek içindir. Kesme valfi, sistemin durması sırasında su koçuna engel olmak amacıyla kullanılabilir. Depolama çevrim pompası tank ve borulamadaki basınç düşüşlerini karşılamalıdır. Depolama akış kontrolü genellikle kısma valfleri ile kontrol altına alınsa bile yüksek kapasiteli pompa seçilmesinin sonucunda gereksiz enerji tüketilmektedir.

Elleson(1993), ötektik tuzlu depolamalı sistemler sayesinde, daha önce atıl depolama pompası enerjisinin soğutulmuş suyun sisteme dağıtılmasında kullanılabilmesini ve dolayısıyla pompaj enerjisinden kayda değer bir azalma meydana gelmiştir.

Ötektik tuzlu (8.3°C) sistemlerin büyük avantajlarından biriside, soğutma kulesi sayesinde free cooling yapabilmesidir. Yaş termometre sıcaklığı 4°C - 7°C altına düştüğü zaman, soğutma kulesinden sağlanan su sıcaklığı, soğutma grubunu çalıştırmadan sistemin soğutulması için yeterli olmaktadır. Uygun filitreleme ve su şartlarının iyileştirilmesi ile elde edilen bu soğuk su doğrudan soğutma çevriminde kullanılabilir. Hatta ısı değıştirgeci



sayesinde bu işlem daha sağlıklı olmaktadır. Soğutma grubu sayesinde gece sağlanan free cooling yaş termometre sıcaklığı düşük iken ertesi gün için kullanılmak üzere depolanabilir.

Elleson (1993) tarafından Arizona'da free cooling'i depolamak için uygulanan ötektik tuzlu sistemde, gece soğutma yükü neredeyse free cooling tarafından sağlanan ısının tamamı kadardı ve çok az kısmı depolanabiliyordu. Bununla birlikte soğutma yüküne göre uygun seçilen soğutma kulesi kapasitesi, depolamasız sisteme göre enerji ve yatırım maliyetlerinin azalmasını sağlar.

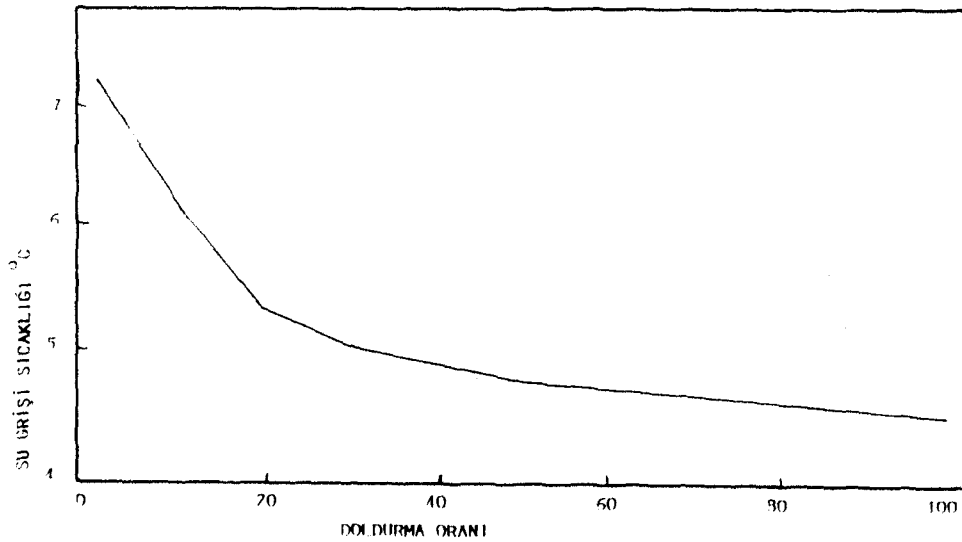
## 9.8 EBATLANDIRMA

Ötektik tuzlu soğuk depolamalı sistemlerin ebatlandırılmasında istenilen uygulama için her ne kadar gerekli depolama hacmi ve kapasitesi önemli ise de her saat depolamadan olan boşaltma sıcaklığı da önemlidir. Doldurma analizi soğutma grubu kapasitesi ve soğutma grubuna giriş-çıkış suyu sıcaklığına bağlıdır.

Ötektik tuzlu depolamalı sistemlerin ebatlandırılmasında  $0.048 \text{ m}^3/\text{kwh}$  kriter olarak alınabilir. Tankın içindeki su hızında 5- 10 mm/s arasında alınmalıdır.

## 9.9 DOLDURMA - BOŞALTMA KARAKTERİSTİKLERİ

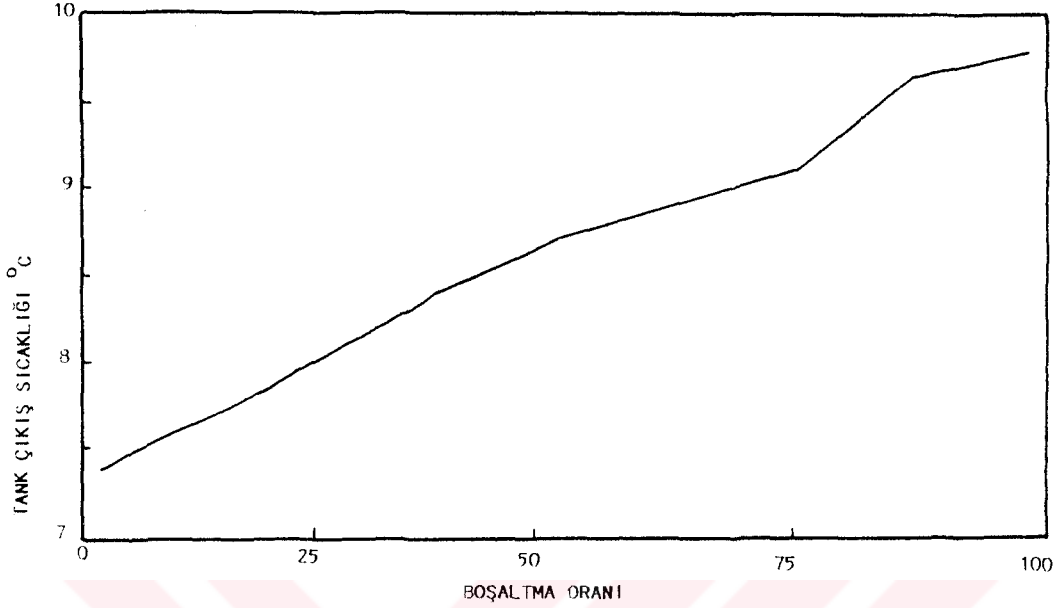
$4^\circ\text{C}$ -  $6^\circ\text{C}$  arasındaki doldurma sıcaklıkları genellikle ötektik tuzlu depolamalı sistemleri doldurmak için idealdir. Tank giriş suyu sıcaklığına bağlı olarak Şekil 9.4 de doldurma profili verilmiştir.



Şekil 9.4 Ötektik Tuz Doldurma Sıcaklık Profili



Boşaltma sıcaklığı ,boşaltma peryodu boyunca 7°C'den 10°C'ye kadar tanktaki gizli ısının atılması boyunca artar.Şekil 9.5 tipik boşaltma sıcaklık profilini göstermektedir.



Şekil 9.5 Ötektik Tuz Boşaltma Sıcaklık Profili

## 9.10 İLK YATIRIM MALİYETİ

Genellikle ötektik tuzlu depolamalı sistem üreticileri depolama tankını ve içeriklerini monte ederler.Böyle bir sistemin anahtar teslim maliyeti \$28- \$43 kwh arasında ebada ve yöreye göre değişiklik gösterir.Soğutma ekipmanları depolamasız sistemde olduğu gibi aynıdır ve fiyat olarak karşılaştırılabilir.

Yeni yapılan bina uygulamalarında ötektik tuzlu bir sistem için seçilen soğutma grupları depolamasız bir sisteme nazaran daha ufak kapasitede ve dolayısıyla daha ucuzdur. Ne zaman mevcut bir sistemi büyütmek veya depolamaya çevirmek istenirse mevcut soğutma grubu genellikle kullanılır ve ilave soğutma kapasitesi basit olarak bir tank ve gerekli bağlantılarla sağlanabilir.Bazı durumlarda ötektik tuz depolama sisteminin maliyeti daha ucuz olabilir.

## 9.11 İŞLETME MALİYETİ VE VERİMLİLİK

Ötektik tuzlu depolamalı sistemler ,depolamasız sistemlerde olduğu gibi soğutma grubu soğutma etkinliği ile kıyaslanırlar.

## 10.0 SOĞUTMA GRUBU VE SOĞUK DEPO EBATLANDIRMASI

### 10.1 TEMEL ÖZELLİKLER

Soğutma grubu ve deponun ebatlandırılabilmesi için dizayn yük profili ve elektrik ücret tarifesinin bilinmesi gereklidir. Tablo 10.1' de Amerika' da elektrik dağıtım şirketlerinin soğuk depolamaya uyguladıkları elektrik ücret tarifesi görülebilir. Bazı uygulamalarda, yük profilinin hesabı aynı karakterde bulunan binalar dikkate alınarak yapılır. Bununla birlikte gerçekçi yük profili, sistem ebatlandırması için gereklidir.

Hesaplamanın temel prensibi soğutma grubu kapasitesinin bina için gerekli olan soğutma yüküyle aynı olmasıdır. Bu eşitliğide şöyle yazabiliriz ;

$$\text{Toplam Soğutma Yükü} = \text{Toplam Soğutma Grubu Yükü} \quad (1)$$

$$\text{Toplam Soğutma Grubu Yükü} = H_{\text{CHRG}} * C_{\text{HRG}} + H_{\text{DCOMP}} * C_{\text{DCOMP}} + H_{\text{DCOFFP}} * C_{\text{DCOFFP}} \quad (2)$$

$H_{\text{CHRG}}$	= Depoyu doldurma süresi
$C_{\text{HRG}}$	= Depoyu doldurma kapasitesi
$H_{\text{DCOMP}}$	= On - Peak süresince direkt soğutma süresi
$C_{\text{DCOMP}}$	= On - Peak süresince direkt soğutma kapasitesi
$H_{\text{DCOFFP}}$	= Off - Peak süresince direkt soğutma süresi
$C_{\text{DCOFFP}}$	= Off - Peak süresince direkt soğutma kapasitesi

### 10.2 SOĞUTMA GRUBU EBATLANDIRMASI

Nominal soğutma grubu kapasitesi ise aşağıdaki şekilde hesaplanabilir ;

$$\text{Nominal soğutma grubu kapasitesi} = \frac{\text{Toplam Soğutma Yükü}}{H_{\text{CHRG}} * C_{\text{Rchrg}} + H_{\text{DComp}} * H_{\text{DComp}} + H_{\text{DCoffp}} * C_{\text{RDCoffp}}} \quad (3)$$

$H_{\text{CHRG}}$	= Depoyu doldurma süresi
$C_{\text{Rchrg}}$	= Depoyu doldururken soğutma grubu kapasite oranı
$H_{\text{DComp}}$	= On - Peak süresince direkt soğutma süresi
$H_{\text{DComp}}$	= On - Peak süresince direkt soğutmada kapasite oranı
$H_{\text{DCoffp}}$	= Off - Peak süresince direkt soğutma süresi
$C_{\text{RDCoffp}}$	= Off- Peak süresince direkt soğutmada kapasite oranı

# An **itsac** Thermal Storage Technical Bulletin

June 1994

File Code: R 4008

## SUBJECT: UTILITY INDUCEMENT PROGRAMS FOR COOL STORAGE (UPDATE)

The following is an up-dated listing of utility inducement programs, last published in April 1993. There are numerous changes from last year, either in programs or personnel. The listing is organized alphabetically by utility, and includes the primary contact persons for the respective utilities, with phone numbers. Key: F.S. = Feasibility Studies.

<u>Utility/Contact/Phone</u>	<u>Inducement Per kW of Load Shift/Other</u>	<u>Maximum Per Project</u>
Alabama Power J. Gregory Reardon (205) 250-4448	\$100 F.S. = Up to \$5,000	None
Atlantic Electric Gustav Foster (609) 627-6313	\$150 F.S. = 50% if installed, subtracted from incentive payment	None
Arizona Public Service John Duncan (602) 250-3288	\$125--w/Standard Rate \$75--w/TOU Rate	None
Baltimore Gas & Electric Kathy Proctor (410) 265-4232	\$200 F.S. = 50% up to \$15,000	None
Boston Edison Francis Hendrigan (617) 424-2316	Programs all on hold to catch up with resources, and to re-evaluate; not accepting new projects	--
Burlington Electric Loren Doe (802) 865-7341	For feasible projects--payment to provide 3 year simple payback	None
Central Power & Light Robert Knowles (512) 881-5746	\$200 F.S. Case by case consideration	None
Cincinnati Gas & Electric Robert Bolubasz (513) 287-2655	\$250 F.S. = 50% up to \$2,500	None
City of Anaheim, CA George DeHart (714) 254-4257	\$200 F.S. = 50% up to \$5,000	None
City of Austin, TX David Yordy (512) 499-2282	\$350-first 250 kW plus \$250-251 to 650 kW plus \$125-over 650 kW F.S. = 50% to \$5,000	None
City of Denton, TX Corrie Gil (817) 383-7138	\$250-first 500 kW plus \$125-over 500 kW	None

INTERNATIONAL **itsac** THERMAL STORAGE ADVISORY COUNCIL

3769 Eagle Street, San Diego, California 92103  
(619) 295-6267

	New	Retrofit	
City of Pasadena, CA	Up to 200 kW \$300	\$325	\$250,000
Moudood Aslam (818) 405-4731	201 to 500 kW \$200	\$225	or 25% of installed cost
	over 500 kW \$100	\$125	
	F.S. = \$100/ton to \$5,000		
City of Riverside, CA	\$200		None
Mike Vernon (909) 782-5475	F.S. = 50% up to \$5,000		
Commonwealth Edison	Pilot program--\$250, commenced		None
Mark Hegberg (708) 684-3763	7/1/94--10 projects authorized		
Consolidated Edison	Specific program discontinued.		--
Timothy Lynch (212) 460-6513	Included in general CEMI plan, aimed at kWh savings, @ \$200/kWh, plus 10 cents first year kWh savings		
Consumers Power	Program suspended pending additional funding		--
Sarah J. Welton (517) 788-1591			
Detroit Edison	\$250		\$200,000
Edward Henderson (313) 237-9228	F.S. = May co-fund, case by case		
Duke Power Company	Pilot Program to 1996--\$200		None
Chris Sharpe (704) 382-8709	F.S. = Customized		
Duquesne Light Company	DSM Program pending approval		--
John Zbihley (412) 393-6313			
El Paso Electric	Up to \$190; F.S. = 50% to \$2,500; 50% up to \$5,000 if installed		None
Ken Valoucin (915) 543-5953			
Entergy Corporation (Merger with Gulf States)	No incentives; experimenting with DSM program		--
Jerry Rider (501) 377-4464			
Florida Power Corporation	\$150		None
John Schinter (407) 646-8535	Not to exceed 50% of total cost		
Florida Power & Light	\$280/ton shifted refig. load		None
Rex Noble (305) 552-2936	F.S. = Flat \$2,500		
Houston Lighting & Power	\$300		None
Alan Ahrens (713) 660-3821	Reduced peak period for TES		
Indianapolis Power & Light	Up to \$240		None
George Plattenburg (317) 261-8393	F.S. = 50% up to \$5,000		
IES Utilities, Inc. (Merger of Iowa Electric & Iowa Southern)	\$250 or operate under interruptable rate schedule		None
Cris Mettes (515) 437-5345	F.S. = under study		
Israel Electric & Power	Lesser of 25% cost, or up to \$177.50/kWh, or low interest loan		None
Uri Leitner 972-04-548548			

Jersey Central Power & Light Richard Aicher (201) 455-8325	\$300 F.S. = Lesser of 50% or \$30/kW, not to exceed \$15,000	\$250,000												
Lincoln Electric System Doug Bantam (402) 473-3396	Interruptible rate-4 summer months, \$5.90/kW rebate if interrupted	--												
Los Angeles Dept of Water & Power Reynaldo Reyes (213) 481-5783	Incremental cost, not to exceed DWP avoided cost	None												
Madison Gas & Electric Randy Popp (608) 252-5650	\$400 (approx.), up to 10% of incremental cost	None												
Metropolitan Edison Ronald Weitz (215) 921-6252	No set incentives; case by case evaluation under custom program F.S. = EPRI consultants	--												
Midwest Power Scott Ayres (515) 242-4251	Negotiated up to \$300 F.S. = 50% up to \$5,000	None												
Nevada Power Mike Brinkley (702) 367-5113	Pilot program--\$200 to \$400 (Depends on payback); F.S. = 50% up to \$5,000	None												
New England Power Service Michael McAteer (508) 366-9011	Custom application, up to incremental cost F.S. = Provide technical assistance	None												
Northern States Power Kristofer Leaf (612) 330-6087	\$250 F.S. = 75% up to \$15,000	None												
Ohio Edison William Miller (216) 384-4596	\$350 per kW; separate metered TOD rate for storage-8 hr peak	None												
Oklahoma Gas & Electric B. H. Prasad (405) 272-3459	\$200-first 500 kW plus \$125-next 1,000 kW F.S. = \$1,500 or \$2,500 by size	Nominal \$225,000												
Orange & Rockland Utilities William Atzl (914) 577-2963	Customized application only F.S. = 75% up to \$5,000	None												
Pacific Gas & Electric John Goodin (415) 973-4413	50% of incremental costs up to: <table border="0"> <thead> <tr> <th><u>kW Shift</u></th> <th><u>New</u></th> <th><u>Retrofit</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-300</td> <td>\$250</td> <td>\$300</td> </tr> <tr> <td>301-1,000</td> <td>\$200</td> <td>\$200</td> </tr> <tr> <td>1,001-above</td> <td>\$150</td> <td>\$150</td> </tr> </tbody> </table> F.S. = 50% up to \$3,000	<u>kW Shift</u>	<u>New</u>	<u>Retrofit</u>	0-300	\$250	\$300	301-1,000	\$200	\$200	1,001-above	\$150	\$150	None
<u>kW Shift</u>	<u>New</u>	<u>Retrofit</u>												
0-300	\$250	\$300												
301-1,000	\$200	\$200												
1,001-above	\$150	\$150												
Pennsylvania Electric Anthony Garaventa (814) 533-8072	Individual Determination based on Total Resource Cost Test F.S. = 66.67% up to \$5,000	None												
PECO Energy Company Greg Byrd (215) 841-6892	TES rate rider-reduced peak period F.S. = 50% up to \$5,000	--												

Potomac Electric Power Lloyd Williams (202) 872-2467	\$350, included in DSM Program F.S. = 50% up to \$5,000	None
Public Service Electric & Gas Jose Torres (201) 430-7249	Standard energy savings offer- for kWh savings by time period	--
PSI Energy Mac Stewart (317) 838-1096	Negotiated up to PSI avoided cost Initial F.S. paid by PSI Eng. Study = 50% up to \$8,000	None
Sacramento Municipal Utility Gary Becker (916) 732-6427	Up to \$400 average kW (not peak), not to exceed incremental cost F.S. = up to \$10,000	None
Salt River Project Don Boyd (602) 236-5858	Program in process of revision	--
San Diego Gas & Electric Don Wood (619) 654-1129	Must pass TRC > 1.0. Amount determined by cost effectiveness; aim is average 1.7 year payback	None
Southern California Edison Edward Steudtner (909) 394-8867	\$200--Conditional on Total Resource Cost Ratio > 1.0 Must be installed in 1994, then program ends to be replaced with energy efficiency test.	None
South Carolina Electric & Gas William Eisele (803) 748-3220	\$300 F.S. = 50% up to \$5,000	None
Tampa Electric Harold Schultz (813) 228-4219	\$200--Summer only load shift \$250--Summer & winter load shift 25 kW minimum shift to qualify	None
TU Electric Janet Freeman (214) 954-5164	\$250--first 1,000 kW, plus \$125--over 1,000 kW	None
United Illuminating John Cox (203) 926-4542	\$450 (to max \$400 shifted ton), plus 20 cents per kWh calculated energy savings, or minus 20 cents per kWh increase	None
Wisconsin Electric Power Janet Lynch (414) 221-3832	\$300, plus \$40/kW for commission- ing, plus 8 cents per kWh calculated load shift 1st year, or minus 20 cents per kWh increase F.S. = 50% up to \$5,000	None

Yapılan hesaplamada eğer bulunan nominal soğutma grubu kapasitesi direkt soğutmanın olduğu saatlerin yükünden her hangi birinden büyükse hesaplama yeniden yapılmalıdır. Bu hesaba ait bir örnek bölüm 10.4' de görülebilir.

Tam depolamalı sistemler için  $C_{DCOMP} = 0$  dir. Yine aynı şekilde yük seviyelemeli sistemde  $C_{DCOMP} = C_{DCOFFP}$  alınmalıdır.

Soğutma grubu çıkış suyu sıcaklığına bağlı olarak direkt soğutma grubu kapasite oranı değişiklik gösterir. Örneğin 3 C çıkış suyu sıcaklığı için bu oran % 80 ile % 90 arasında değişir.

### 10.3 SOĞUK DEPO KAPASİTE HESABI

Soğuk depo kapasitesi hesabında aşağıdaki eşitlikten faydalanılabilir.

$$\text{Depo kapasitesi} = \text{Toplam Soğutma yükü} - ( TC_{DCOMP} + TC_{DCOFFP} + TH_{DCCHRG} ) \quad (4)$$

$TC_{DCOMP}$  = On - Peak peryodta direkt soğutmada toplam kapasite

$TC_{DCOFFP}$  = Off - Peak peryodta direkt soğutmada toplam kapasite

$TH_{DCCHRG}$  = Doldurma peryodu sırasında direkt soğutma kapasitesi

Bununla birlikte daha hassas bir hesaplama için seçilen soğuk depolama tipine bağlı olarak doldurma ve boşaltma karakteristiklerine göre hesaplamalar yapılmalıdır.

### 10.4 ÖRNEK HESAPLAMA

Örnek olarak bir alışveriş merkezi alınmıştır. Bu bölümde aşağıdaki işletim stratejileri için hesaplamalar yapılacaktır.

- \* Günlük tam depolama
- \* Günlük kısmi depolama ,yük seviyelemeli
- \* Günlük kısmi depolama ,ihtiyaç sınırlamalı

Tablo 10.2'de hesap yapılacak yere ait bilgiler bulunmaktadır. Soğutma grupları elektrik ücret tarifesine göre 10.00 ile 18.00 arasında çalışacağı düşünülmüştür.

SAAT	ELEKTRİK ÜCRET SINIFI	SOĞUTMA YÜKÜ ( KW )	SOĞUTMA MODU
1	OFF - PEAK	0	DOLDURMA
2	OFF - PEAK	0	"
3	OFF - PEAK	0	"
4	OFF - PEAK	0	"
5	OFF - PEAK	0	"
6	OFF - PEAK	0	"
7	OFF - PEAK	0	"
8	OFF - PEAK	2974	Doldurma Çevrimi Esnasında Karşılıyor
9	OFF - PEAK	9233	BOŞALTMA VE DİREKT SOĞUTMA
10	OFF - PEAK	10465	"
11	ON - PEAK	11803	"
12	ON - PEAK	12837	"
13	ON - PEAK	13460	"
14	ON - PEAK	13724	"
15	ON - PEAK	13573	"
16	ON - PEAK	13031	"
17	ON - PEAK	12081	"
18	ON - PEAK	10743	"
19	ON - PEAK	0	DOLDURMA
20	ON - PEAK	0	"
21	ON - PEAK	0	"
22	ON - PEAK	0	"
23	OFF - PEAK	0	"
24	OFF - PEAK	0	"

Tablo 10.2 Hesaplamaya Ait Örnek Veriler

ON - PEAK YÜK = 101256 kwh

OFF - PEAK YÜK = 22669 kwh

TOPLAM SOĞUTMA YÜKÜ = 123925 kwh



### 10.4.1 GÜNLÜK TAM DEPOLAMA

Günlük tam depolamalı sistemlerde tüm on - peak soğutma yükü depolamadan karşılanmaktadır. Depolama sistemi için doldurma kapasitesi nominal kapasiteye eşittir. Örnek olarak soğutulmuş su depolama sistemi için 3 nolu eşitlik aşağıdaki gibi yazılabilir ;

$$\text{Nominal soğutma grubu kapasitesi} = 123.925 \text{ kwh} / 16 h_{\text{chrg}} = 7.745 \text{ kw} \quad (3a)$$

$$\begin{aligned} \text{Depolama kapasitesi} &= 123.925 \text{ kwh} - [(2 h_{\text{dc}} * 7.745 \text{ kw}) + 2.974 \text{ kwh}_{\text{chrg}}] \\ &= 105.600 \text{ kwh} \end{aligned} \quad (4a)$$

Değişik kapasiteler için doldurma çevrimi esnasında yük direkt soğutmadan karşılanıyorsa, örnek olarak glkol bazlı buz depolama sistemlerinde, hesaplamalarda bu kapasite farkının hesaba dahil edilmesi gerekiyor. Örnek olarak , doldurma kapasite oranı 0.7 ve direkt soğutma kapasite oranı 1.0 olan sistem için hesaplama aşağıdaki gibi yapılabilir ;

$$\begin{aligned} \text{Nominal Soğutma Grubu Kapasitesi} &= 123.925 \text{ kwh} / [(14h_{\text{chrg}} * 0.7) + (2 h_{\text{DC}} * 1.0)] \\ &= 10.502 \text{ kw} \end{aligned} \quad (3b)$$

Bulunan bu değer saat 9 ve 10 deki doldurma çevrimi esnasındaki direkty soğutma yükünden daha büyük çıktığı için yeniden hesap yapılması gerekir. Saat 9.00'daki yük 9.233 kw ve 10.00'daki 10.465 kw dır. Bu değerler bulunan kapasitenin % 88 ve % 99'una isabet etmektedir. Bulunan bu faktörler aşağıdaki (3b) eşitliğine konulursa ;

$$\begin{aligned} \text{Nominal Soğutma Grubu Kapasitesi} &= 123.925 \text{ kwh} / [(14h_{\text{chrg}} * 0.7) + 0.88 + 0.99] \\ &= 10.619 \text{ kw} \end{aligned} \quad (3b)$$

Bulunan bu değer ilk değerden 117 kw daha fazladır. Saat 9.00 ve 10.00'daki kapasiteninde % 88 ve % 99'una isabet etmektedir.

Soğuk depolama kapasitesi ise aşağıdaki şekilde hesaplanabilir ;

$$\begin{aligned} \text{Depolama Kapasitesi} &= 123.925 \text{ kwh} - [ 9.233 \text{ kwh} + 10.465 \text{ kwh} + 2974 \text{ kwh} ] \\ &= 101.300 \text{ kwh} \end{aligned} \quad (4b)$$

Direkt soğutma kapasitesi saat 9.00 ve 10.00'daki yüklere eşit oldu ve bu yükler gerçek soğutma grubu kapasitesinden daha küçüktür.

#### 10.4.2 GÜNLÜK KISMİ DEPOLAMA, YÜK SEVİYELEMELİ

Bu depolama sisteminde, on-off peak' deki direkt soğutmada kapasite oranı eşittir. Depolama için ise doldurma kapasitesi nominal kapasiteye eşittir, soğuk su depolamasında olduğu gibi.

$$\begin{aligned} \text{Nominal Soğutma Grubu Kapasitesi} &= 123.925 \text{ kwh} / [ ( 14h_{\text{chrg}} * 1.0 ) + ( 10 h_{\text{DC}} * 1.0 ) ] \\ &= 5.164 \text{ kw} \end{aligned} \quad (3c)$$

Bulunan bu soğutma grubu kapasitesi saat 8.00' daki yükten daha az çıktı. Dolayısıyla saat 8.00 'daki yük depolamadan ve soğutma grubundan karşılanacaktır.

$$\begin{aligned} \text{Depolama kapasitesi} &= 123.925 \text{ kwh} - [(10 h_{\text{dc}} * 5.164 \text{ kw} * 1.0 ) + 2.974 \text{ kwh}_{\text{chrg}} ] \\ &= 69.300\text{kwh} \end{aligned} \quad (4c)$$

Eğer direkt soğutma kapasitesi nominal kapasiteye eşit olsaydı ve doldurma kapasitesi nominal kapasitenin % 70' ine eşit olsaydı, örneğin glikol esaslı buz depolama sisteminde, 3 nolu eşitlik şöyle yazılabilirdi ;

$$\begin{aligned} \text{Nominal Soğutma Grubu Kapasitesi} &= 123.925 \text{ kwh} / [ ( 14h_{\text{chrg}} * 0.7 ) + ( 10 h_{\text{DC}} * 1.0 ) ] \\ &= 6.259 \text{ kw} \end{aligned} \quad (3d)$$

Gerkli depolama kapasitesi ise ;

$$\begin{aligned} \text{Depolama kapasitesi} &= 123.925 \text{ kwh} - [(10 h_{\text{dc}} * 6.259 \text{ kw} * 1.0 ) + 2.974 \text{ kwh}_{\text{chrg}} ] \\ &= 58.400 \text{ kwh} \end{aligned} \quad (4d)$$

### 10.4.3 GÜNLÜK KISMİ DEPOLAMA, İHTİYAÇ SINIRLANDIRMALI

İhtiyaç sınırlandırılmalı sistem, yük seviyelemeli sistem gibi benzer çalışır tek farkı soğutma kapasitesi on-peak periyod boyunca sınırlandırılır. Aynı soğutma kapasite oranını kullanarak (yük seviyelemeli) % 50 on-peak kapasite sınırlandırılmasıyla nominal soğutma grubu kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanır;

Nominal Soğutma Grubu Kapasitesi =

$$= 123.925 \text{ kwh} / [ ( 14h_{\text{chrg}} * 0.7 ) + ( 8 h_{\text{DCComp}} * 0.5 ) + ( 2 h_{\text{DCComp}} * 1.0 ) ]$$

$$= 7.843 \text{ kw} \quad ( 3e )$$

Depolama kapasitesi =

$$= 123.925 - [ ( 8 h_{\text{DCComp}} * 7.843 * 0.5 ) + ( 2h_{\text{DCoffp}} * 7843 * 1.0 ) + ( 2974_{\text{chrg}} ) ]$$

$$= 73.900 \text{ kwh} \quad ( 4e )$$

Aşağıdaki Tablo 10.3' da yukarıda yapılan hesaplamaları özetlersek ;

İŞLETME STRATEJİSİ	DEPOLAMA TİPİ	S.G.KAPASİTESİ KW	DEPO KAPASİTESİ KW
Tam depolama	Soğutulmuş su	7.745	105.600
Tam depolama	Glokol buz	10.619	101.300
Yük seviyelemeli	Soğutulmuş su	5.164	69.300
Yük seviyelemeli	Glokol buz	6.259	58.400
İhtiyaç sınırlıdm.	Glokol buz	7.843	73.900

## 10.5 DEPOLAMA TİPİNİN VE İŞLETME STRATEJİLERİNİN SEÇİLMESİ

Depolama tipinin ve işletme stratejisinin seçilmesinde ekonomik verilerin yanında, depolama için yeterli alanın olması, ileride gelebilecek ilave yüklere imkan tanınması, bina sistemine bağlanması ve yeterli yetişmiş personel bulunmasına bağlıdır.

Genel olarak, günlük depolamalı yük seviyelemeli sistem imalat ve işletme yönünden en ekonomik olanıdır. İlk yatırım maliyeti olarak ihtiyaç sınırlandırmalı ve tam depolamalı sistemler diğerlerine göre pahalıdır. Çünkü daha büyük kapasiteli soğutma grubu ve sistemlerine gerek duyarlar.

Depolama için yer problemi özellikle depolama tipi ve işletme stratejisi seçiminde önemli bir faktördür. Yerin sınırlı olduğu durumlarda büyük depolama hacmi gerektiren sistemlerin seçilmesi imkansızdır. Örnek olarak ötektik tuz veya soğutulmuş su depolaması, işletme tipi olarakta tam depolamalıının seçilmesi gibi.

## 10.6 SONUÇ

Aşağıdaki durumların herhangi birinde ekonomik olarak soğuk depolamaya başvurulabilir.

a-Endüstride maksimum soğutma yükünün ortalama yükten oldukça fazla olduğu durumlarda

b-Maksimum-minimum yük zamanları arasındaki elektrik maliyetlerinin farklı olduğu durumlarda

c-Elektrik gücünün sınırlı olduğu yerlerde

d-Soğuk hava dağıtım sistemlerinin gerekli veya avantajlı olduğu durumlarda

e-Isı geri kazanımının veya fazla soğutma kapasitelerinin olduğu durumlarda

f-Soğutma sistemlerinin çok pahalı olduğu durumlarda

g- Soğuk depolamaya uygun tankların olması durumunda

h-Mevcut soğutma sistemlerinin büyütülmesi durumunda

Ofis binalarının soğutulmasını ele aldığımızda genellikle maksimum yük,24 saatlik ortalamanın üzerine 1 veya 2 sefer çıkar.Bazı endüstri uygulamalarında da bu durum söz konusudur.Örnek olarak bir pastörize süt üretim tesisini verebiliriz.Soğuk depolama sistemi soğutma ihtiyacını,deplasız sisteme göre daha geniş yelpazeye yayabilir ve dolayısıyla enerji tüketimi ve ilk yatırım maliyetini düşürebilir.

Ayrıca istenilen yükün hepsini minimum yük periyod zamanında üretebilir.

Soğuk depolama sistemi,mevcut sistem ihtiyacı karşılayamayacak duruma gelip,büyütülmesi gerektiğinde yeni bir sistem kurmanın maliyetinin çok aşağılarında kurulabilir.Örnek olarak eski bir binanın restore edildiği durumlarda,binaya ilave kısımların yapıldığında veya binaya daha sonra ilave soğutma yüklerinin eklendiği durumlar verilebilir.

Bazı yeniden yapılanma durumlarında,özellikle endüstri uygulamalarında,mevcut olan tankların bu sistem için uygun olabilir.Ayrıca tesiste mevcut olan yangın depolarıda kullanılabilir.Fakat Türkiye koşullarında inşaat maliyetlerini düşürmek amacıyla içme suyu tanklarıyla yangın tankları yekpare olarak yapılmaktadır.Soğuk depolama bilgi işlem sistemleri için veya diğer kritik önemli uygulamalarda

rezerv soğutma yapmak amacıyla kullanılabilir.Soğuk depolamanın buzlu sistem olarak teşkil edilmesi durumunda soğuk hava dağıtım sistemi uygulanabilir(6-9 C).Buda daha önce belirtildiği gibi ekipmanların ve dağıtım sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerini , işletme maliyetlerini düşürdüğü gibi binanın faydalı kullanım alan katsayısının artmasına şaft ebatlarının küçülmesine sebep olur.

İlk yatırım maliyeti depolamasız sisteme göre ucuz görükmesine rağmen , bunula birlikte kullanılan teknolojiye ve seçilen sistem-ekipman türlerine göre daha pahalı olabilir.İlk yatırım maliyetine soğutma ekipmanı , depolama tankı , kontrol , hava ve su dağılım ekipmanları dahildir.Depolama sisteminde soğutma ekipmanları diğer alışılmış sisteme göre küçük ve daha ucuzdur.Gerçek yatırım maliyeti kullanılan teknoloji , seçilen sistem ve ekipman türlerine göre değişiklik gösterir.Genellikle dağıtım sistemleri ilk yatırımı soğuk depolama yapılarak düşürülebilir.Birçok depolama teknolojileri soğutma suyunun sıcaklık farkını arttırma avantajını taşır.Buda boru ve ekipmanların ebatlarını ve dolayısıyla ilk yatırım maliyetlerinin düşmesini sağlar.Mekanik sisteme bağlı elektrik işletme masraları soğuk depolama sistemi kullanılarak düşürülebilir.A.B.D.'de bu gibi durumlarda \$100-500kwh lik teşvik verilmektedir.Bu oran maksimum-minimum yük arasındaki farka , maksimum yük peryodunun zamanlamasına bağlı olarak bölgedeki elektrik dağıtım kurumunca belirlenmektedir.Ayrıca işletme maliyetini düşürmek genellikle soğutma yükünün yük profiline bağlıdır..



## KAYNAKLAR

Al-Marafie, A.M.R.1987, Stratification behaviour in a chilled water storage tank. International Journal of Refrigeration 10 (6): 364-66

Andrepoint, J.S 1990, Thermal energy storage continues to gain momentum. Commercial/Industrial Energy Expo 90, November.

Andrepoint, J.S.1992 Chilled water storage case studies: Central plant capacity expansions with O&M and capital cost savings. The International District Heating and Cooling Association (IDHCA) Fifth Annual College/University Conference, February

Bjorklund, A.E.1987 Heat recovery and thermal storage at a state office building.  
ASHRAE Transactions 93 (2): 832-49.

CBI.1989. Transient temperature profiles of North Mesquite High School. Oak Brook, IL: Chicago Bridge and Iron Co.

Cordailat, B.and R.T.Tamblyn. 1988 french office tower pioneers with thermal storage. ASHRAE Transactions 94 (1):1861-61 Reprinted in ASHRAE Technical Data Bulletin, Cool Storage Applications 5(3):61-62.

Cottone, A.M. 1990 Featured performer: Thermal storage Heating/Piping/Air Conditioning (August):51-55.

Fiorino, D.P.1990. Thermal energy storage retrofit project at a large manufacturing facility, In Energy & Environmental Strategiesfor the 1990 s. Ch.82, 485-509.

Fiorino, D.P.1992. Thermal energy storage program for the 1990's. Energy Engineering 89 (4):23-33.

Fiorino, D.P.1993.Energy conservation with thermally stratified chilled water storage. ASHRAE Journal 35 (5):22

Gray, B.F., C.A.Johnson, G.J.Schoenau, et al. 1988. Energy consumption and economic evaluation of thermal storage and recovery systems for a large commercial building. ASHRAE Transactions 97 (2):412-24.

Hensel, E.C., N.L. Robinson, J.Buntain, et al. 1991. Chilled-water thermal storage system performance monitoring. ASHRAE Transactions 97 (2):1151-60.

Hiller, C.C.and D.Limaye.1986 Chilled water storage system design and operating recommendations. EPRI Proceedings: International Load Management Conference, Section 44, June.

Hiller, C.C.1987. Stratified chilled water storage techniques. EPRI Seminar Proceedings: Commercial Cool Storage, State of the Art, EM-5454-SR, October.

Hopkins, K.J.and J.W. Schettler. 1990. Thermal storage enhances het recovery. Heating/Piping/Air Conditioning (March):45-50

Schepers, O.1992.University hits a home run with underground thermal storage. Consulting-Specifying Engineer (November): 34-37

Tamblyn, R.T.1985. College Park thermal storage experience ASHRAE Transactions Technical Data Bulletin: Thermal Storage (January): 95-103.

Tamblyn, R.T.1987. Chilled water storage goes to college. EPRI Seminar Proceedings: Comercial Cool Storage, State of the Art, EM-5454-SR, October.

YÜKSEKÖĞRETİM ENSTİTÜSÜ  
MANTASYON BİRİMİ



## ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 01 EYLÜL 1968

Doğum Yeri : ANTALYA

1974 - 1978 yılları arasında Antalya Devrim İlkokulunu bitirdim.

1979 - 1982 yılları arasında Antalya Merkez Ortaokulunu bitirdim.

1982 - 1985 yılları arasında Antalya Lisesini bitirdim.

1986 - 1990 yılları arasında Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirdim.

1990 - 1991 yılları arasında Yıldız Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans İngilizce Hazırlık 1 sınıfını bitirdim.

1991 - 1995 yılları arasında Isısan Tesisat İnşaat Taahhüt. A.Ş. firmasında Şantiye Şefi olarak çalıştım.

1995 - Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulunda İklimlendirme - Soğutma Programında Öğretim Görevlisi olarak çalışıyorum.