

KLİMA SİSTEMLERİNDE BUZ DEPOLAMA YÖNTEMİNİN ÜÇLÜ ELEKTRİK TARİFESİNE GÖRE EKONOMİK ANALİZİ

Veli DOĞAN

ÖZET

Tüm dünya'da enerji tasarrufuna dönük çalışmalar yoğun olarak sürmektedir. Küresel ısınmanın büyük bir sorun olarak karşımıza çıkması ile birlikte bu çalışmaların yoğunlaşacağı bir gerçektir. Ülkemizde, Avrupa ülkelerindeki oranda olmasa da özellikle soğutma işlemlerinde enerjiyi etkin bir şekilde kullanabilmek için sistem arayışları hızlanmıştır. Elektrik idaresinin 3'lü tarife olarak bilinen "Puant" tarifesine geçmesi ile birlikte buz ve su depolama sistemleri ekonomik hale gelmiştir. Buz veya su depolama sistemleriyle ilgili bilgilere daha çok önem verilerek bu tip sistemlerin kullanılabilirliğini yaygınlaştırmak gerekmektedir. Puant tarifesi bu sistemlerin kullanılabilirliğini artırmak için yapılan en önemli teşviklerdendir. Bu yazıda su ve buz bankaları ile ilgili kısa bilgiler verildikten sonra, Antalya/Side mevkiindeki bir otele ait soğutma ihtiyacının, kısmen buz bankası metoduyla karşılanması halinde, ortaya çıkan ekstra maliyetler ve buz bankasının kullanılabilirliği araştırılmıştır.

GİRİŞ

Soğu veya ısı depolama (termal depolama) bir maddeye ısı yüklemek veya ısı almak anlamına gelir. Duyulur ve gizli ısı depolamak olarak ikiye ayrılır. Maddenin sıcaklığını değiştirerek yapılan depolama "duyulur ısı depolama", maddenin fazını değiştirmek suretiyle yapılan depolamaya da "gizli ısı depolama" denir. Isı depolama esnasında, depolama malzemesi olan maddenin sıcaklığı daima ısının daha sonra kullanılacağı ortam veya prosesten yüksektir. Soğu depolamada tam tersi depolama maddesinin sıcaklığı soğutma yapılacak olan ortam veya prosesten daima düşüktür.

Bizim bu yazıdaki amacımız buz depolama suretiyle soğutma yapılacak bir oteldeki enerji tasarrufunu irdelemek olduğundan depolama sistemleri ve bunların çalışma prensipleriyle ilgili konulara girilmeyecektir. Isı veya soğu depolanan madde olarak su kullanıldığından su ve buz depolama sistemleri bir birine çok yakın sistemlerdir. Su depolamada yalnızca duyulur ısı söz konusudur. Buz depolama sistemlerinde ise, suyun donmasına veya erimesine neden olan gizli ısı (fusion ısısı) ile buz veya su fazındaki duyulur ısı söz konusudur. Sonuç olarak buz depolama sistemlerinde duyulur ve gizli ısı depolamak mümkündür.

1. SOĞU DEPOLAMALI SOĞUTMA SİSTEMLERİ

1.1. Su Depolamalı Soğutma Sistemleri

Depolama ortamı olarak suyun kullanılmasında, suyun duyulur ısısından (4.184 kJ/kg.K) faydalanılır. Depoda depolanan soğu enerjisi, depolanan suyun sıcaklığı ile iklimlendirilecek ortamdan dönen suyun sıcaklıkları arasındaki farka (ΔT_s) bağlıdır. İyi tasarlanmış bir sistemde, sıcaklık farkı artırılarak depolanan soğu enerjisi veya ısıtma enerjisi artırılabilir. Su depoları hem sıcak hem soğu depolayacak şekilde düzenlenebilir. Suyun zararsız, kolay bulun ucuz bir madde olması gibi özellikleri 1980 den önce kurulan sistemlerde yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır.

Özellikle yangın riskine bağlı olarak yangın suyu depolarının büyük hacimlere ulaşması su depolama sistemlerine avantaj getirmiştir. Bu depolar yangın riskine karşı sürekli dolu olmak zorundadırlar. Depolar termal ısı depolama amaçlı kullanılmaları durumunda sadece yalıtım maliyeti gelmektedir. Su depoları mevcut ısıtma veya soğutma sistemine basit bir devre ile bağlanmaktadır. Devre boru, pompa, vanalar ve bir ısı eşanjöründen oluşmaktadır. Depodan sorunsuz bir şekilde ısı alınması ve uzman bir teknik elemana ihtiyaç duyulmaması bu sisteme büyük bir avantaj getirir. Ancak sadece duyulur ısı depolanabilmesi ve depolanma ve kullanma sıcaklıkları arasındaki sıcaklık farkının küçük olması depo hacmini büyütmemektedir, bu da su depolamalı sistemlerin en büyük dezavantajıdır. Su depolama sistemlerinin avantajları şu şekilde özetlenebilir:

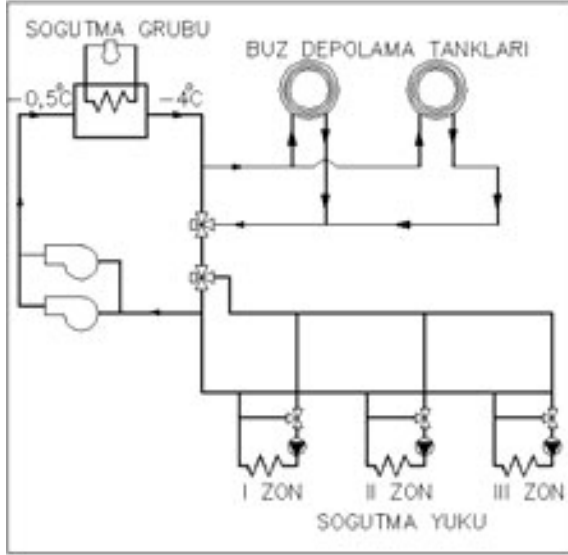
- Suyun soğutulması için özel bir su soğutma grubuna ihtiyaç yoktur. Standart su soğutucuları ilgili firmalara bildirilmesi durumunda 4 °C ye kadar rahatlıkla soğuk su üretebilirler.
- Yaygın kullanılan güvenilir bir sistemdir.
- Kullanılan mevcut sistemin kapasitesini artırmak için idealdir.
- Binada depo yerleştirilebilecek alan bulunabilir ise depo hacminin artmasıyla sistem daha ekonomik hale gelir.
- Depo aynı zamanda yangın için su deposu görevini görebilir.
- Hem sıcak hem de soğuk suyu depolayacak şekilde düzenlenebilir.

Soğutulmuş su genellikle 4 ile 7°C arasında değişen sıcaklıklarda depolanır. Mevcut soğutma ihtiyacının tamamını, veya belli saatlerde bir kısmını karşılayacak şekilde tasarlanırlar. Bu sistemler buz depolama tesislerinin gelişmesi ile birlikte daha az tercih edilmeye başlanmıştır. Yangın rezervi için su deposu olmayan binalarda depolama alanları ekstra yer kaybına yol açmakta ve depo imalat maliyetleri gelmektedir.

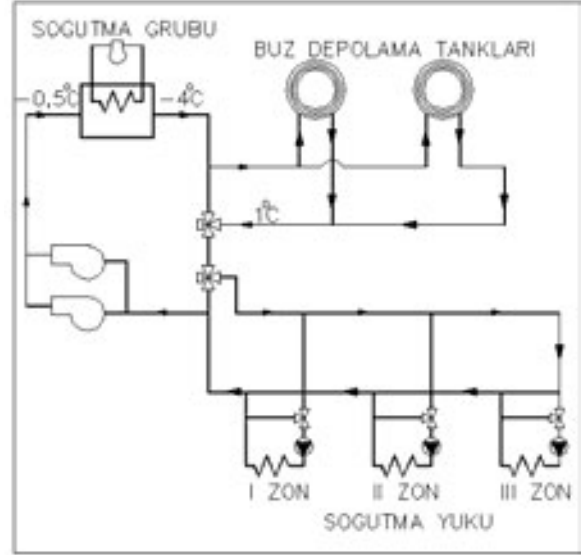
1.2. Buz Depolamalı Soğutma Sistemleri

Buzlu sistemlerde , suyun duyulur ısısından (0°C ile soğutulan ortamın sıcaklığı farkından dolayı aktarılabilen termal enerji) ve suyun erime gizli ısısından (335 kJ/kg) faydalanılır. Buzlu depolama sistemlerde su, donma noktasında (0°C) depolanır. Buz depolayan modüler tanklar ile soğutma sistemi arasında dolaşan karışımın sıcaklığı -0,5 ila -8°C arasında değişmektedir. Bu sıcaklıkta soğutmayı sağlayan özel su soğutucu gruplar kullanmak gerekir. Yeni nesil soğutucular gündüz 6-7°C sıcaklıkta soğuk su üreterek soğutmayı sağlarlar ve geceleri soğutma ihtiyacının olmadığı saatlerde buz üretimi yapabilirler. Buz özel olarak tasarlanmış modüler tanklarda depolanır. İhtiyaca göre bu tankların kapasite ve sayıları belirlenir. Geceleri depolanan bu buz gündüzleri soğutma grubuna yardımcı olarak devreye girebilir ya da tamamen soğutmayı sağlamak üzere tasarlanmış olabilir. (Şekil 1a). Elektrik bedelinin düşük olduğu bir saatte buz depolanmasını göstermektedir. Şekil 1b. İse depolanan buzun soğutma sistemini beslemesini göstermektedir.

Bu sistemler ilk başlarda soğutma sistemini küçülterek, daha küçük ve ucuz cihaz kullanımı ve dolayısı ile ilk yatırım maliyetini düşürmek amacı ile tasarlanmıştır. Ancak daha sonra geceleri enerji maliyetinin düşmesi ile büyük bir kullanım alanı bulmuştur. Elektrik dağıtan firmalar gündüz yoğun olan elektrik tüketimini karşılayamamaktadırlar. Elektrik tüketimini günün tüm saatlerine yayarak dengeleyebilmek için farklı zaman dilimlerine farklı fiyat tarifleri getirmişlerdir. Bu fiyat tarifleri sonucu geceleri buz depolayarak yoğun soğutma gereken gündüz saatlerinde kullanma fikri çok cazip hale gelmiştir. Buz depolama sistemleri gelişen teknolojiye paralel şekilde daha problemsiz ve güvenilir bir sistem olarak sulu depolamaya ciddi bir alternatif oluşturmuştur.



Şekil 1a. Buzun Depolanması



Şekil 1b. Buz Erimesi

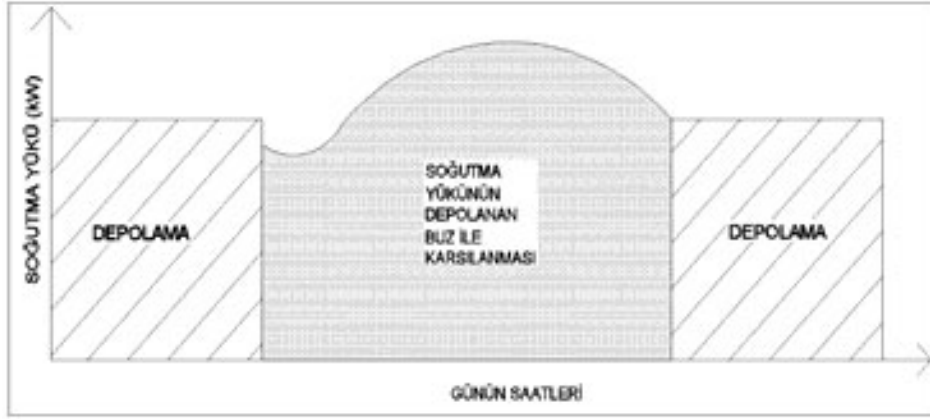
Buz depolamalı sistemler, değişik metotlarda çalışmaktadırlar. Gerek suyun donması gerekse erimesi esnasına soğutma grubundan beslenen bu tankların etkin ve sorunsuz kullanımı en önemli mühendislik problemini oluşturmuştur. Bu detaydan hareketle birçok farklı sistem geliştirilmiştir.[1] Bu buz yapma ve depolama yöntemleri konunun dağılması için burada anlatılmamıştır. Önemli olan yöntemler aşağıdaki üç maddede belirtildiği gibidir.

- Serpantinler Üzerinde Buz Depolayan Sistemler
- Kapsüllenmiş Buz Depolaması Yapan Sistemler
- Buz Toplama Metodu ile Depolama Yapan Sistemler

1.2.2. Buz Depolamalı Sistemleri İşletme (Yükleme) Yöntemleri

Buz depolamalı sistemlerde, depolamanın nasıl yapılacağına çıkartılan soğutma yükü profiline göre karar verilebilir. Buz depolamalı bir sistem genel olarak, "tam depolama" veya "kısmi depolama" olmak üzere iki değişik şekilde tasarlanabilir. Her iki yöntemde de soğutma ihtiyacının tamamının veya belirli bir bölümünün depodan karşılanacağı "en yüksek sıcaklığa sahip (peak)" periyoda karar verilir.

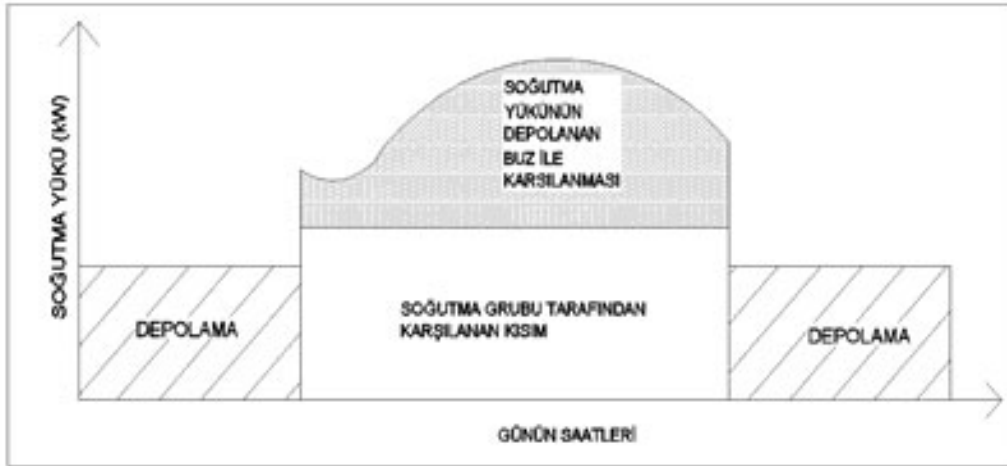
Tam depolamada, en yüksek (peak) soğutma ihtiyacının tamamı depodan karşılanır. Bu sürede soğutma grubu kapalıdır. Bu sürenin dışında ise, soğutma grubu, buz depolama işlemini gerçekleştirmek için çalışmaktadır. Tam depolamanın çalışma yöntemi Şekil 2.'de gösterilmektedir.[1]



Şekil 2. Tam depolama çalışma yöntemi

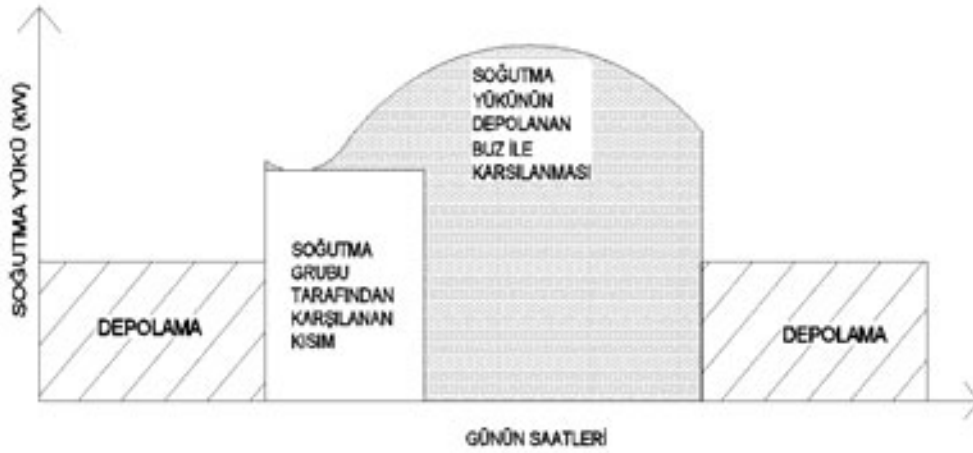
Kısmi depolama ise kendi içerisinde “yük seviyelemeli” ve “ihtiyaç sınırlamalı” olmak üzere iki gruba ayrılır.

Yük seviyelemeli kısmi depolamada, soğutma grubu 24 saat boyunca tam kapasitede çalıştırılır. Soğutma yükünün olmadığı ya da çok düşük olduğu saatlerde buz depolanır. Gün boyunca soğutma grubu sürekli gereken yükte çalışır, eğer fazladan bir soğutma ihtiyacı ortaya çıkarsa ihtiyaç duyulan fazladan soğutma depolanan buzdan karşılanır. Yük seviyelemeli kısmi depolamanın çalışma yöntemi de Şekil 3.' de gösterilmektedir.[2]



Şekil 3. Kısmi depolamada yük seviyelemeli çalışma yöntemi

İhtiyaç sınırlamalı kısmi depolamada, soğutma grubunun en yüksek (peak) soğutma yükünün olduğu zaman aralığında çalıştırılmasından kaçınılır. Grup, soğutma yükünün olmadığı veya çok az olduğu ve elektrik fiyatlarının en düşük olduğu gece saatlerinde buz depolar. Gündüz ise elektrik fiyatının en yüksek olduğu zaman aralığına kadar soğutma ihtiyacını karşılar. En yüksek (peak) soğutma yükünün olduğu ve elektrik fiyatının en yüksek olduğu zaman aralığında ise depolanan buz ile soğutma ihtiyacı karşılanır. İhtiyaç sınırlamalı kısmi depolamanın çalışma yöntemi de Şekil 4' da gösterilmektedir. [2]



Şekil 4. Kısmi depolamada ihtiyaç sınırlamalı çalışma yöntemi

1.2.3. Buz Depolamalı Soğutma Sistemleri İçin En Uygun Elektrik Tarifesi Uygulaması

Buz depolamalı soğutma sistemleri için en uygun tarife 3' lü tarife olarak bilinmektedir. 3' lü tarife, elektrik idaresinin "Puant tarifesi" adı altında uyguladığı tarifiedir. Puant tarifesi, gün içinde 3 ayrı periyotluk sürede, 3 ayrı fiyat uygulaması bulundurmaktadır. Antalya Elektrik Dağıtım İdaresinden alınan bilgilere göre, Puant tarifesinin saatlik dağılımları ve şu anda uygulanan elektriğin tüketiciye satış fiyatları A.B.D. doları olarak Tablo 1.'de verilmektedir.

Tablo 1. Puant tarifesi periyodik dağılımları ve tarife fiyatları

Saatler	Elektrik Fiyatları (\$/kWeh)	%5 Belediye Payı	%18 KDV	TOPLAM FİYAT (\$/kWeh)
06.00 17.00	0,1	0,005	0,018	0,13
17.00 22.00	0,2	0,01	0,036	0,25
22.00 06.00	0,04	0,002	0,0072	0,05

Buz ve su depolamalı sistemlerin ülkemizde kullanımı projelere yansıtılmayan bir konudur. Bunun birçok nedeni mevcuttur. Sadece 3' lü tarifeye geçmesi halinde normal zorunlu elektrik kullanım saatlerinin değişmemesi sonucu (aydınlatması asansör, bürolar vb.) toplamda yüksek bir elektrik faturası ile karşılaşılması durumudur. Fakat elektrik idaresi, bina sahiplerinin müracaatta bulunmaları halinde aynı iş yerinde iki farklı abonelik yapılmasının mümkün olduğunu belirtmektedir. Yani başvurulması durumunda aynı binaya hem 3' lü tarife hem de tekli tarife üzerinden elektrik bağlanması mümkün olabilmektedir. Bu durumda bütün sabit elektrik çeken klima santrali, pompa, fancoil gibi ünitelerle binanın standart elektrik harcayan bölümlerini birleştirerek tekli tarifeye, soğutma gruplarını ise 3' lü tarifeye bağlayarak, gerçek anlamda enerji tasarrufu sağlanabilecektir.[3]

1.2.4. Tesisin Soğutma Yükünün Belirlenmesi, Soğutma Grubu Seçimi

Antalya–Side mevkiinde bir beş yıldızlı otele ait soğutma yükleri detaylı olarak çıkartılmıştır. Mekanların yeterli konfor şartlarına soğutulabilmeleri için ihtiyaç duyulabilecek olan en yüksek değerler aşağıdaki gibi sıralanmıştır. Eğer bu yükleri, işletme faktörlerini ve çalışma zaman aralıklarını göznetmeden toplayacak olursak , tabloda görüleceği gibi Otele ait soğutma yükü 1.785,909 Wsh olarak bulunmaktadır.

Tablo 2. Mekanların ihtiyaç duydukları en yüksek soğutma yükleri ve toplamı[6]

MAHAL	SOĞUTMA YÜKÜ (kWS)
Lobby	170,091
Restaurant	220,926
Çok Amaçlı Salon	190,494
Cep Sineması	26,333
Mini Club	42,658
Alakart Restaurant	154,974
Yatak katları Fan-Coil Yükü	762,839
Genel Mekan Fan-Coil Yükü	217,594
Toplam Soğutma Yükü (kWsh)	1.785,909

Bu yükü soğutma grubu seçiminde direkt olarak kullanmak tamamen yanlış olur. Mekanların soğutma ihtiyaçları farklı zaman aralıklarında değişiklik gösterir. Otelin ihtiyaçları doğrultusunda ki çalışma saatleri ve o saatlerde ki soğutma yükleri, otelin soğutmaya ihtiyaç duyduğu aylar göz önüne alınarak saat saat tablolştırılmıştır. Tablo 2.'de otelin ağustos ayına ait soğutma yüklerinin saatlere göre dağılımı görülmektedir. Ağustos ayını göstermemizde ki amaç otelin soğutma ihtiyacının en yüksek (peak) olduğu ay olmasıdır.

Tablo 3. Ağustos ayı için bir günlük soğutma yükleri

SAAT(h)	Cep sineması	Lobi	Çok Amaçlı Salon	Alakart Restaur	Restaurant	Disko	Mini Club	Genel Mekan	Yatak Katları	TOP. YÜK (kWs)
00.00	20,2	51,69	136,87	46,07	39,97	62,58	18,23	21,28	170,82	567,71
01.00	20,16	45,17	134,24	42,85	37,19	62,09	17,58	19,81	162,15	541,24
02.00	19,06	39,68	125,56	35,31	30,76	58,86	15,86	18,26	153,04	496,39
03.00	19,04	38,45	124,09	34,03	29,7	58,54	15,47	17,31	149,01	485,64
04.00	19,02	36,88	122,44	32,27	28,02	21,75	15,19	16,28	143,39	435,24
05.00	20,13	37,44	127,37	36,46	31,58	23,9	16,22	15,3	140,71	449,11
06.00	20,16	42,53	126,57	107,41	106,47	23,44	16,04	15,33	153,43	611,38
07.00	21,31	60,19	133,06	112,99	111,68	26,39	17,4	16,36	169,67	669,05
08.00	21,35	61,56	132,73	114,15	113,51	26,24	33,66	32,74	182,59	718,53
09.00	22,54	65,29	140,84	121,8	121,21	29,66	35,88	40,11	190,32	767,65
10.00	22,59	66,28	143,39	123,98	123,89	30,87	36,3	49,59	181,68	778,57

11.00	23,79	69,96	153,93	132,52	131,39	34,86	37,99	50,72	174,45	809,61
12.00	25,03	78,79	165,45	141,13	138,76	39,61	39,73	56,72	225,24	910,46
13.00	26,29	82,88	176,2	149,75	145,47	44,6	41,28	53,3	217,7	937,47
14.00	26,32	85,73	178,47	152,02	146,57	45,94	41,51	55,47	219,83	951,86
15.00	26,34	88,09	181,73	154,04	147,06	47,18	41,96	60,77	222,79	969,96
16.00	26,32	90,38	184,93	155,02	146,72	48,25	42,31	54,9	236,45	985,28
17.00	26,3	96,82	190,55	154,81	145,42	48,74	42,67	65,63	280,01	1050,95
18.00	25,07	92,65	182,25	147,72	138,77	45,64	41,4	65,59	279,22	1018,31
19.00	25,02	95,31	179,59	144,86	136,42	45,12	37,28	60,06	259,04	982,7
20.00	23,79	82,79	168,89	136,51	129,64	40,85	28,65	46,97	251,13	909,22
21.00	23,74	82,77	166,16	125,03	117,08	72,85	28,15	44,56	235,13	895,47
22.00	22,54	68,23	155,7	96,36	89,56	69,25	25,08	40,54	220,66	787,92
23.00	21,35	68,08	146,12	87,39	83,2	65,88	21,63	30,56	191,26	715,47
Bir Günlük Toplam Yük (kWsh)										18445

Ayrıca, genel anlamda otellerdeki çalışma saatleri ve bu saatlerde ki doluluk oranları Tablo 4.'de detaylı olarak görülmektedir.

Görüldüğü üzere Tablo 3.'de her mekan 24 saat boyunca çalışıyormuş gibi gösterilmiştir. Soğutma sistemi hesaplarında birçok hatalı seçimin ve uygulamanın yapılmasının en önemli nedeni direkt olarak Tablo 3.'de gösterilen yükleri hesaba almaktır. İşte bu tür hatalara düşmemek için çok dikkatli analizler yapılması gerekmektedir.

Bizim de yapmış olduğumuz analizler sonucunda, otelin mekânlarının hangi saatlerde çalışır durumda oldukları ve ne kadar doluluk oranlarına sahip oldukları tespit edildi. Tablo 4.'de görülen değerler ile otel hakkında yapmış olduğumuz analizler bize gerçek soğutma yüklerinin bulunmasına yardımcı olmuştur. Örneğin; genel mekanlar, restaurant, yemek salonu, mini club, cep sineması, çok amaçlı salon gece saatlerinde faaliyet göstermemektedir. Bu durumda, gece saatlerindeki soğutma yükleri hakkında Tablo 3. ün bize vermiş olduğu değerler bu mekanlar kullanılmadığı için geçersizdir Ayrıca diskotek kış aylarında ve mevsim geçişlerinde de çalıştığından merkezi sistemden ayrı klima edilmek zorundadır. Bu durumda, diskotek yüklerinin de toplam soğutma yükünden çıkartılması gerekmektedir.

Şu ana kadar verilen bilgilerden de anlaşılacağı gibi Tablo 3. ve Tablo 4. kullanılarak otelin için gereken soğutma yükü dağılımlarını gösteren profiller her ay için saat saat elde edilmiştir. Bu tablolar çok yer işgal edeceği için burada yalnızca en çok soğutma gerektiren ağustos ayı ile ilgili veriler Tablo 5. da verilmiştir [4]

Tablo 4. Mekanların saatlere göre kullanım durumları

MEKANLAR	SAAT	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	00.00	
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	20	0	0	0	20	40	75	75	100	100	100	100	50	20
3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	10	10	10	10	10	10	100	5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	80	20	20	20	10	5	
5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6											100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7							100	100	100	100	100	100	60	100	100	100	100	100	100	100	70	100	100	100	100	100
8							100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	10	10					30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	60	10	10
10	25	25	25	25	25	25	25	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	60
11																				100	100	100	100	100	100	20
12											70	80	90	50	50	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	20
13								30	10			50	75							70	50					
14										100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70	15	15	5		
15	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16	100	80	70	70	60	20												40	60	70	90	90	90	100	100	100
17	20	20								30	50	80		90	100	100	100	100	100	100	100	100	80	80	20	
18										100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19							100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Saat ve schedule bölümlerinin kesişimlerdeki rakamlar kullanım oranlarını ifade eder. Örneğin; 100 : %100 doluluk durumunda (tam kapasitede) 25 : % 25 doluluk oranında kullanım durumu

Tablo 5. Ağustos ayı soğutma yüklerinin saatlere göre dağılımı

SAAT(h)	Cep sinaması	Lobi	Çok Amaçlı Salon	Alakart Restaur	Restaur	Disko	Mini Club	Genel Mekan	Yatak Katları	TOP. YÜK (kWs)
00.00									170,8	170,820
01.00									162,2	162,150
02.00									153	153,040
03.00									149	149,010
04.00									143,4	143,390
05.00									140,7	140,710
06.00				107,4	106,5				153,4	367,310
07.00		60,2		113	111,7				169,7	454,530
08.00	21,35	61,6	132,7	114,2	113,5		33,66	32,74	182,6	692,290
09.00	22,54	65,3	140,8	121,8	121,2		35,88	40,11	142,7	690,410
10.00	22,59	66,3	143,4	124	123,9		36,3	49,59	136,3	702,280
11.00	23,79	70	153,9	132,5	131,4		37,99	50,72	130,8	731,138
12.00	25,03	78,8	165,5	141,1	138,8		39,73	56,72	168,9	814,540
13.00	26,29	82,9	176,2	149,8	145,5		41,28	53,3	119,7	794,905
14.00	26,32	85,7	178,5	152	146,6		41,51	55,47	120,9	806,997
15.00	26,34	88,1	181,7	154	147,1		41,96	60,77	122,5	822,525
16.00	26,32	90,4	184,9	155	146,7		42,31	54,9	130	830,628
17.00	26,3	96,8	190,6	154,8	145,4		42,67	65,63	154	876,206
18.00	25,07	92,7	182,3	147,7	138,8		41,4	65,59	153,6	847,021
19.00	25,02	95,3	179,6	144,9	136,4		37,28	60,06	142,5	821,012
20.00	23,79	82,8	168,9	136,5	129,6		28,65	46,97	188,3	805,588
21.00	23,74	82,8	166,2	125	117,1		28,15	44,56	176,3	763,838
22.00	22,54	68,2		96,36					220,7	407,790
23.00	21,35	68,1							191,3	280,690
Bir Günlük Toplam Yük (kWsh)										13428,8

Tablo oluşturulurken odaların o saatlerdeki gerçekçi doluluk oranları dikkate alınmıştır.

Örneğin; Yatak katları için;

Saat 09.00 – 12.00 ve 20.00 – 21.00 arası için = 0,75
 Saat 13.00 – 20.00 arası için = 0,55

Yukarıdaki tabloda; ağustos ayına ait saatlik soğutma yükleri, mekanların doluluk oranları göz önüne alarak bulunmuştur. Bilindiği gibi otel için soğutma grubu seçiminde eşdeğer kullanım faktörü diye adlandırılan bir değer dikkate alınır. Aynı saatte soğutma yapılan tüm mekanların yüzde yüz kullanılmayacağı dikkate alınarak, cihazlar belirli bir faktörle çarpılarak küçük seçilir. Bu faktör soğutma grubu seçiminde 0.85 olarak alınmıştır. Ancak bir veya birkaç mekan için bu faktörü 0.85 yerine "1" almak doğru olacaktır. Grubun hangi saat dilimlerinde hangi kapasitede kaç saat çalışması gerektiğini saptamak gerekir. Otel teknik servis kayıtlarında yapmış olduğumuz incelemede soğutmanın gece 02.00 ila 05.00 saatleri arasında iki saat ve 09.00 ila 14.00 saatleri arasında 4 saat hiç yapılmadığı izlenmiştir. Gerçekçi bir yaklaşım için bu saatlerdeki soğutma değerleri dikkate alınmamıştır, alınsa da bizim yapacağımız hesaba bir etkisi olmayacaktır. Bazı otellerde gruplar hiç durmadan 24 saat çalışmaktadır.

Bu kullanım faktörü de dikkate alınarak grubun hangi saatte ne kadar soğutma yapması gerektiği Tablo 6. verilmiştir. Yine bu tablodan otelin gerçekte ihtiyacı olan soğutma grubu seçimi yapılabilir.

Tablo 6. Puant tarifesine göre Tablo 1. de görüleceği gibi üç bölüme ayrılmıştır. 06:00 ve 17:00 saatleri arası birinci Peryotu, 17:00 ve 22:00 saatleri arası 2. Peryotu, 22:00 ve 06:00 ise 3. Peryotu göstermektedir.

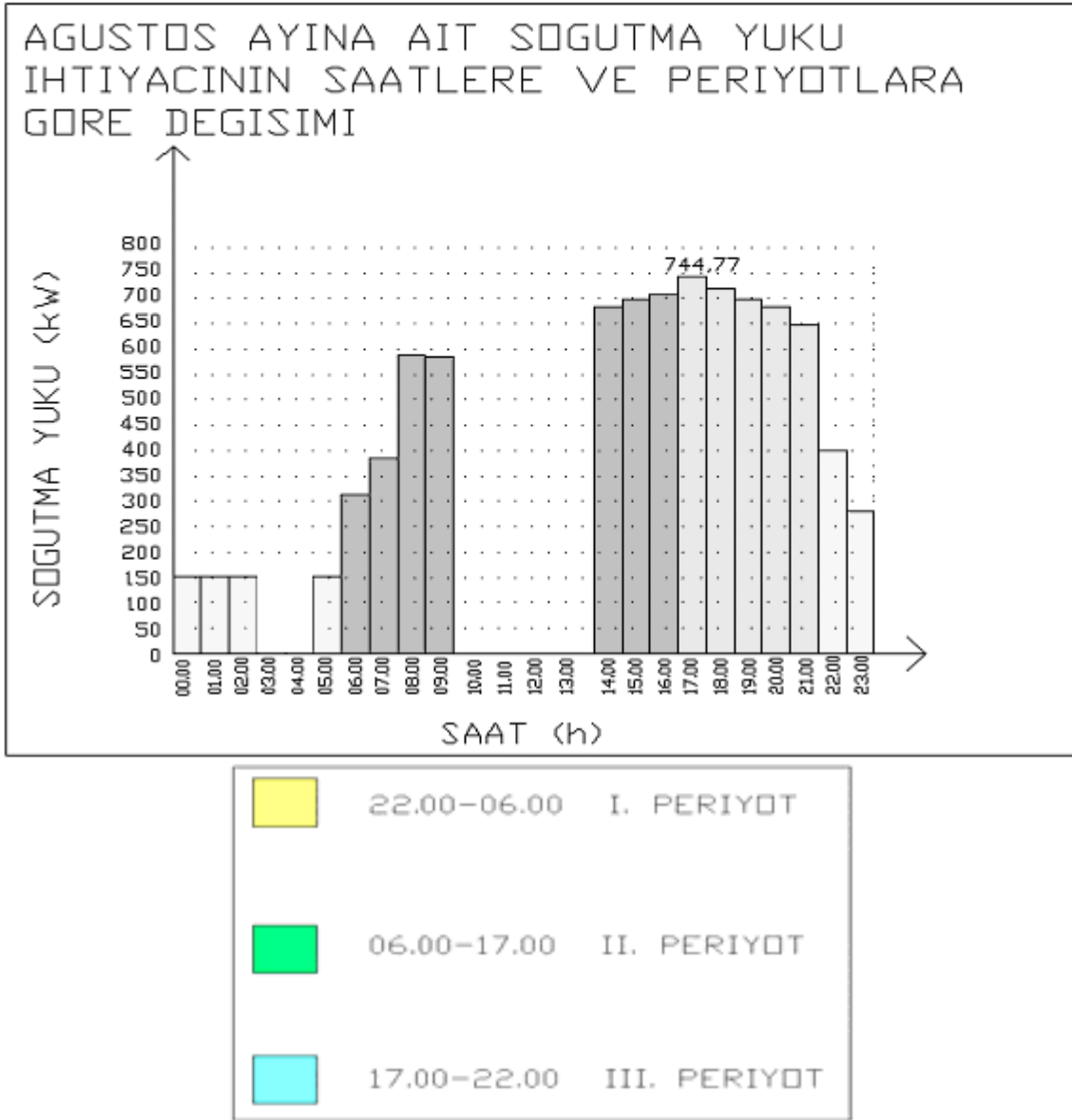
Soğutma Grubu

En yüksek soğutma ihtiyacı Tablo 6. da görüleceği gibi , ağustos ayında saat 5 de yaklaşık 744 kW's dir. Soğutma grubunun minimum bu soğutma yükünü karşılaması gerekmektedir.

Soğutma grupları ara yüklerde daha büyük performans değerine ulaşmaktadırlar, yani daha az enerji tüketip daha fazla soğutma yapmaktadırlar (Yüksek COP). Bu bilgide göz önüne alınarak 744 kW'e yerine 1.000 kW'e kapasitede soğutma grubu seçilmiştir.

Tablo 6. Ağustos ayında, peak soğutma yükü ihtiyacının olduğu gündeki yük dağılımlarının puant tarifesine göre gösterimi.

SAAT	CEP SİNEMA	LOBİ	ÇOK AMAÇLI SLN	YEMEK SALONU	REST.	MINI CLUB	GNL MKN	YTK KATLARI	TOPLAM YÜK(kWs)	ORT. YÜK (kW's)	ÇALIŞMA SÜRESİ (SAAT)
00.00								170,820	170,820	170,820	1
01.00								162,150	162,150	162,150	1
02.00								153,040	153,040	153,040	1
03.00								149,010	149,010	SOĞUTMA GRUBU KAPALI	
04.00								143,390	143,390		
05.00								140,710	140,710	140,710	1
06.00				107,410	106,470			153,430	367,310	367,310	1
07.00		60,190		112,990	111,680			169,670	454,530	454,530	1
08.00	21,350	61,560	132,730	114,150	113,510	33,660	32,740	182,590	692,290	588,447	1
09.00	22,540	65,290	140,840	121,800	121,210	35,880	40,110	142,740	690,410	586,849	1
10.00	22,590	66,280	143,390	123,980	123,890	36,300	49,590	136,260	702,280	SOĞUTMA GRUBU KAPALI	
11.00	23,790	69,960	153,930	132,520	131,390	37,990	50,720	130,838	731,138		
12.00	25,030	78,790	165,450	141,130	138,760	39,730	56,720	168,930	814,540		
13.00	26,290	82,880	176,200	149,750	145,470	41,280	53,300	119,735	794,905		
14.00	26,320	85,730	178,470	152,020	146,570	41,510	55,470	120,907	806,997	685,947	1
15.00	26,340	88,090	181,730	154,040	147,060	41,960	60,770	122,535	822,525	699,146	1
16.00	26,320	90,380	184,930	155,020	146,720	42,310	54,900	130,048	830,628	706,033	1
17.00	26,300	96,820	190,550	154,810	145,420	42,670	65,630	154,006	876,206	744,775	1
18.00	25,070	92,650	182,250	147,720	138,770	41,400	65,590	153,571	847,021	719,968	1
19.00	25,020	95,310	179,590	144,860	136,420	37,280	60,060	142,472	821,012	697,860	1
20.00	23,790	82,790	168,890	136,510	129,640	28,650	46,970	188,348	805,588	684,749	1
21.00	23,740	82,770	166,160	125,030	117,080	28,150	44,560	176,348	763,838	649,262	1
22.00	22,540	68,230		96,360				220,660	407,790	407,790	1
23.00	21,350	68,080						191,260	280,690	280,690	1
Bir Günlük Toplam Yük (KWsh)										8.900,075	



Şekil 5. Ağustos ayında, en yüksek (peak) soğutma yükünün oluştuğu gündeki yük dağılımlarının puant tarifesine göre gösterilmesi

1.2.5. Depo Boyutlandırması Ve Çalışma Periyotlarının Belirlenmesi

İlk olarak elektrik sarfiyat ücretinin en yüksek olduğu, 3. periyottaki soğutma ihtiyacının tamamı buz depolayarak karşılanılmaya çalışılacaktır. Ağustos ayı için periyotlara göre toplam soğutma ihtiyaçları ve bu ihtiyaçlara karşılık gelen elektrik sarfiyatları Tablo 7.' de gösterilmiştir.

Tablo 7. Ağustos ayı için periyotlara göre toplam soğutma ihtiyaçları ve bu ihtiyaçlara karşılık gelen elektrik sarfiyatları

1. Periyot	Çalışma Saatleri	Evaporatör Şartları (°C)	Kondenser Şartları (°C)	Grubun İhtiyacı Olan Soğutma Yüğü(kWs)	Soğutma Yüğünde Çekilen Elektrik(kWe)	Çalışma Süresi(h)	Çalışma Süresince Çekilen Elektrik (kWeh)
	22.00	7\12	28-33		407,790	46,124	1
23.00	7\12	280,690			34,382	1	34,382
00.00	7\12	170,820			22,920	1	22,920
01.00	7\12	162,160			21,840	1	21,840
02.00	7\12	153,040			20,520	1	20,520
05.00	7\12	140,710			18,860	1	18,860
TOPLAMLAR				1.315,210	164,646	3	164,646

2. Periyot	Çalışma Saatleri	Evaporatör Şartları (°C)	Kondenser Şartları (°C)	Grubun İhtiyacı Olan Soğutma Yüğü(kWs)	Soğutma Yüğünde Çekilen Elektrik(kWe)	Çalışma Süresi(h)	Çalışma Süresince Çekilen Elektrik (kWeh)
	06.00	7\12	28-33		312,213	36,773	1
07.00	7\12	35-40	386,350		44,022	1	44,022
08.00	7\12	35-40	588,446		82,284	1	68,333
09.00	7\12	35-40	586,849		81,812	1	69,333
14.00	7\12	35-40	685,947		108,393	1	108,393
15.00	7\12	35-40	699,145		111,874	1	111,874
16.00	7\12	35-40	706,033		114,031	1	114,031
TOPLAMLAR				3.964,983	465,158	6	438,728

3. Periyot	Çalışma Saatleri	Evaporatör Şartları (°C)	Kondenser Şartları (°C)	Grubun İhtiyacı Olan Soğutma Yüğü(kWs)	Soğutma Yüğünde Çekilen Elektrik(kWe)	Çalışma Süresi(h)	Çalışma Süresince Çekilen Elektrik (kWeh)
	17.00	7\12	35-40		744,774	126,840	1
18.00	7\12	35-40	719,967		118,638	1	118,638
19.00	7\12	35-40	697,860		111,535	1	111,535
20.00	7\12	35-40	684,749		108,077	1	108,077
21.00	7\12	28-33	649,261		89,005	1	89,005
TOPLAMLAR				3.496,611	465,090	4	465,090

Tüm bu çalışmalar sonucunda 3. periyot için toplam soğutma ihtiyacı ağustos ayı için Tablo 7.'de görüldüğü gibi, 3.496,611 kWsh /gün olarak hesaplanmıştır.

Bu durumda bir gecelik toplam depolama kapasitesi 3.496,611 kWsh/gün olan bir buz depolama ünitesine gereksinim vardır.

3.496,611 kW_sh/gün 'lık depolamayı sağlayacak olan soğutma grubu, en ucuz fiyat tarifesi olan sürede buz üretecektir. Bu durumda soğutma grubu 8 saat buz üretebilir.

Soğutma grubu kapasitesi = $3.496,611 / 8 = 437,076$ kW dir. Görüldüğü gibi seçmiş olduğumuz grup bu değer çok üzerindedir ve buz üretimini yapabilecek durumdadır. Aynı zamanda bu grup gece ihtiyaç duyulan soğutma yüklerini de rahatlıkla karşılayacaktır.

1.000 kW' lık soğutma grubuna, otelin 3. periyottaki soğutma ihtiyacını karşılayabilmesi için gerekli elektrik gücü 554,095 kW_h/gün' dir.

Bu gücün parasal değeri Tablo 1. Puant tarifesine göre;

$$554,095 \text{ kW}_h/\text{gün} \times 0,25 \text{ \$/kW}_h = 138,52 \text{ \$/gün}$$

Aynı grubun 1. periyotta (elektrik fiyatlarının düşük olduğu periyotta) buz üretmesi için gereken süre, 3. periyottaki toplam soğutma ihtiyacının, 1.000 kW' lık soğutma grubunun buz üretme kapasitesine bölünmesiyle bulunur. Buz üretme kapasitesi, soğutma grubunu üreten firmanın vermiş olduğu katalogdan 763 kW olarak okunur. Grup düşük sıcaklıkta su ürettiği için daha fazla elektrik çekecek ve daha az soğutma yapacaktır.

Grubun buz depolamak için çalışması gereken süre:

$$3.496,611 (\text{ kW}_h/\text{gün}) / 763 (\text{ kW}_s) = 4,582 \text{ h/gün}$$

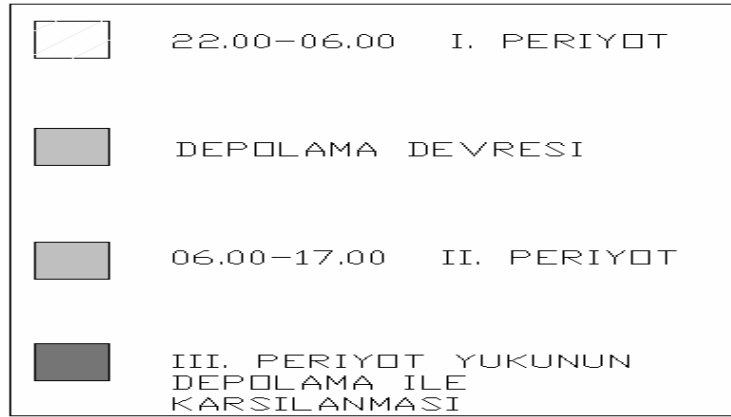
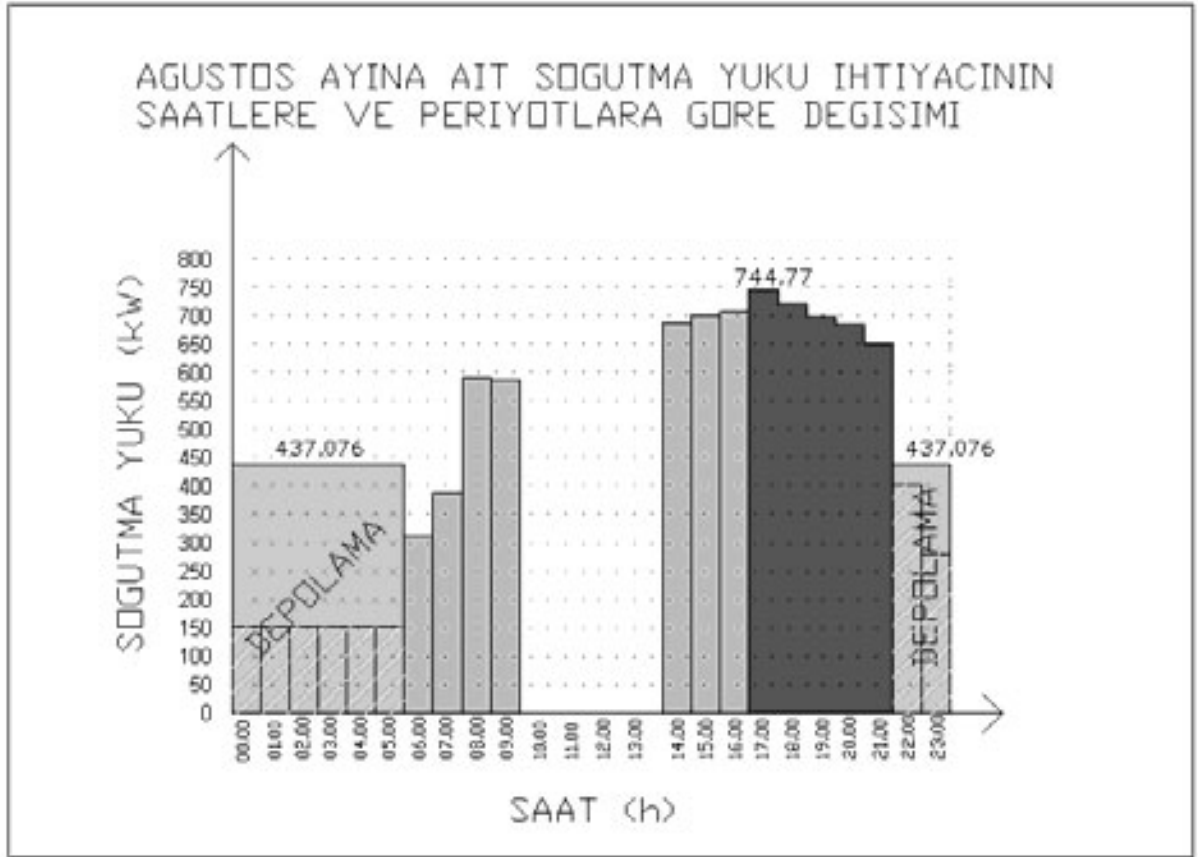
Böyle bir durumda, 763 kW_s kapasiteyle buz üretmek için gereken elektrik 157 kW_e' dir.

1. periyotta çekilen toplam elektrik enerjisi;

$$157 \text{ kW}_e \times 4,582 \text{ h/gün} = 719,374 \text{ kW}_h/\text{gün 'dir.}$$

Parasal değeri ise Tablo 1. Puant tarifesi ne göre;

$$719,374 \text{ kW}_h/\text{gün} \times 0,05 \text{ \$/kW}_h = 35,97 \text{ \$/gün 'dir.}$$



Şekil 1

Şekil 6. 1. periyot aralığında buz depolanması ve 3. periyot aralığında depolanan buz kullanarak soğutma ihtiyacının karşılanması

Sonuç itibarıyla; normal şartlar altında 1000 kW_s soğutma kapasitesi, 763 kW_s buz üretme kapasitesi olan ve depolama esnasında 157 kW_e elektrik enerjisi harcayan bir soğutma grubu seçilmiştir.

Tank Boyutlandırması

Depolanması düşünülen **3.496 kW_sh/gün** soğutmaya sağlayacak kapasitede, yaklaşık her biri 9.000 litre su alabilecek hacimde 4 adet buz depolama tankı seçilmiştir. Depo bağlantıları ve sistemin boyutlandırması bu çalışmanın dışındadır. Maliyet araştırmak amacı ile sistem basit bir şekilde boyutlandırılmış ve fiyat analizi yapılmıştır.

5. SİSTEMİN MALİYET ANALİZİ

Aşağıdaki çalışmalar sistemlerin yıllık işletme maliyetlerini belirlemek amacı ile yapılmıştır. Soğutma gerektiren her ay için yapılan çalışmalar tablolarda listelenmiştir. Soğutma yapılan ayların, 3. Periyotlarındaki ve buz depolama işlemi yapılan 1.Periyotlarındaki elektrik masrafları toplamaları Tablo 8. ve Tablo 9. da gösterilmiştir.

Tablo 8. Soğutma yapılan ayların 3.Periyotlarındaki elektrik masrafları

Soğutma Yapılan Aylar	3.Periyotta çekilen elektrik gücü (kWeh)	3. Periyot elektrik masrafları(\$/gün)	Aylık toplam elektrik masrafları (\$/ay)
Nisan	374,379	93,595	2.807,85
Mayıs	419,311	104,828	3.249,67
Haziran	489,939	122,485	3.674,55
Temmuz	537,828	134,457	4.168,17
Ağustos	554,095	138,524	4.294,24
Eylül	492,168	123,042	3.691,26
Ekim	407,943	101,986	3.161,57
Soğutma yapılan aylardaki toplam masraf (\$/yıl)			25.047,31

Tablo 9. Soğutma yapılan ayların buz depolanan 1. Periyotlarındaki elektrik masrafları

Soğutma Yapılan Aylar	1.Periyotta çekilen elektrik gücü (kWeh)	1. Periyot elektrik masrafları (\$/gün)	Aylık toplam elektrik masrafları (\$/ay)
Nisan	500,982	25,05	751,50
Mayıs	653,082	32,65	1.012,15
Haziran	697,988	34,85	1.045,50
Temmuz	707,837	34,90	1.059,750
Ağustos	719,374	35,97	1.081,90
Eylül	694,752	34,74	1.042,20
Ekim	640,919	32,04	993,24
Soğutma yapılan aylardaki toplam masraf (\$/yıl)			6.986,24

Tablo 10. Buz Depolamalı Sistem kurulum masrafları

1 adet buz yapma kapasitesine sahip soğutma grubu için fiyat farkı	13.000 \$ x 1 adet	13.000 \$
4 adet buz depolama tankı ve aksesuarı	11.500 \$ x 4	46.000 \$
Diğer bağlantı elemanları, pompalar ve borular	15.500 \$	15.500 \$
Toplam kurulum maliyeti		74.500 \$

Buz bankası sistemini kurmak için, klasik sistemle kıyaslandığında 74.500 \$ fazladan para harcanacağı; ilgili firmaların katalog bilgilerinden alınan veriler doğrultusunda Tablo 10. da hesaplanmıştır. Soğutma yapılan ayların, 3. Periyotlarındaki ve buz depolama işlemi yapılan 1.Periyotlarındaki elektrik masrafları toplamaları Tablo 8. ve Tablo 9. da gösterilmiştir. İlk yatırılan paranın faizi ve malzemelerin amortisman giderleri dikkate alınmaksızın basit bir geri ödeme süresi hesabı yapılırsa;

Bu durumda bir yıla ait soğutma yapılan aylardaki toplam elektrik masraflarındaki azalma miktarı:

3. periyotlardaki elektrik maliyeti	: 25.047,31 \$ / yıl (Bkz. Tablo 9.)	
1. periyotlardaki elektrik maliyeti	: 6.986,24 \$ / ay (Bkz. Tablo 10.)	
3. ve 1. periyot arasında ki fark	= 25.047,31 \$ / yıl - 6.986,24 \$ /yıl	= 18.061,07 \$ / yıl
Basit Geri Ödeme Süresi	= 74.500 \$ / 18.061,07 \$ / yıl	= 4,12 yıl

Endüstride üretim ve işletim tesislerinin seçiminde en önemli kıstas ekonomikliktir. Endüstriyel bir sistemde mümkün olan teknik alternatifler arasında en ekonomik olanının seçilmesi istenir. Ekonomik olan sistemin seçimi için, detaylı maliyet analizi yapılacak olursa:

Değişik parametreleri göz önüne alarak projenin ekonomikliğini incelerken, hangi yöntemin kullanılması gerektiğini elimizdeki parametreler belirler. Bu tesis için yıllık değer metodu kullanılarak, uygulanması gereken sistemin ekonomikliği araştırılmıştır. [6]

Sistemlerin Kurulum Maliyetleri;

Klasik sistemin sistemin ilk yatırım maliyeti: 217.000 \$

Buz depolamalı sistemin ilk yatırım maliyeti: 217.000 \$+ 74.500\$ =291.500 \$

Her iki sistemin 15 yıl'lık işletme ömrü olduğu, hurda değerlerinin 15 yıllık süre sonunda sıfır ve geçerli yıllık faiz oranı %20 kabul edilmiştir

Yıllık eş değer maliyet değerinin gösterimi CAW dır.

$$C_{AW} = \left[\sum_{t=0}^n C(t)(1+i)^{-t} \right] \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (1)$$

$$C_{AW} = C_{PW} (a/p, i, n) \quad (2)$$

Burada CPW şimdiki değer maliyetini göstermektedir.

(a/p) = Amortisman faktörü

i = Yıllık faiz oranı

Yıllık Eşdeğer Metodu Hesapları

I. Alternatif için Yıllık Eşdeğer

$$C_{AW} = 217.000\$(a / p, \%20,15) + 25.047,310\$$$

$$C_{AW} = 217.000\$ \left[\frac{0,2(1+0,2)^{15}}{(1+0,2)^{15} - 1} \right] + 25.047,310\$$$

$$C_{AW} = 71.459,725\$$$

II. Alternatif için Yıllık Eşdeğer

$$C_{AW} = 291.500\$(a / p, \%20,15) + 6.986,240\$$$

$$C_{AW} = 291.500\$ \left[\frac{0,2(1+0,2)^{15}}{(1+0,2)^{15} - 1} \right] + 6.986,240\$$$

$$C_{AW} = 69.332,871\$$$

Yıllık maliyet değeri düşük olan II.alternatif tercih edilir.

SONUÇ

Avrupa Birliği'ne girme sürecinde çaba gösteren Türkiye sanayileşme ve dolayısıyla ekonomik büyümenin getirdiği enerji tüketimi her geçen gün artmaktadır. Enerji tasarrufu anlamında yapılması gereken çalışmaların artması gerekmektedir. Bu çalışmada da; enerjinin genel bir değerlendirilmesi yapılarak, buz depolamalı soğutma sistemi yönetiminin genel özellikleri verilmeye çalışılmıştır. Örnek otel için ekonomik değerlendirmeler yapılarak, önceki bölümlerde özetlendiği gibi bu sistemi kurmak için ilaveten harcanan para 74.500 \$' dır. Soğutma grubunun soğutma yapılan Nisan ayı ile Ekim ayı arasındaki süre boyunca elektrik giderlerinde sağlanan tasarruf ise yaklaşık 18.000 \$' dır. Elektrik giderlerinde yapılan tasarruf sayesinde sistem kendini geri ödeyebilmektedir. Ayrıca sistemin, kurulumunun kolay olması ve kurulum için su depolamalı sistemlere göre büyük bir alana ihtiyaç duymaması diğer sistemlere göre oldukça önemli bir avantajdır. Gündüz yerine geceleri elektrik kullanımını yaygınlaştırmak homojen elektrik tüketimine katkı sağlayacaktır. Yani en büyük katkı elektrik üretiminde zorluk çeken yetkili kuruluşlara dolayısıyla Türk ekonomisine olacaktır. Olaya yalnız firmanın enerji tasarrufu veya ucuz soğutma yapmak anlamında bakmamak gerekir. Bu tür sistemlerin yaygınlaşması için bilgi ve tecrübelerin paylaşılması çok önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] Yılmaz Tuncay "1997. Su veya Buz Depolama Yöntemleriyle İklimlendirme" III.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi 1999 – İZMİR
- [2] DUNHAM-BUSH Company. "ICE-CEL. Catalogue". U.S.A. www.dunham-bush.com/pdfs/6074D.pdf
- [3] KorunTunç " Buz Tanklı Sistemlerde Türkiye İçin Bir Adım Daha." Termodinamik Dergisi, Ocak 2003
- [4] Doğan Veli "Klimada sistem seçimi seminer notları" Antalya -2000
- [5] Meridyana otele ait "Mekanik Tesisat Hesap Raporu"- Vemeks Mühendislik Antalya-2006
- [6] Aybers, N., Şahin, B., 1995. Enerji Maliyeti. Yıldız Tek. Üniversitesi, 299s, İstanbul



ÖZGEÇMİŞ

Veli DOĞAN

1958 Malatya doğumludur. 1980 yılında Ege Üniversitesi Makine Fakültesini Makine Mühendisi olarak bitirmiştir. 1982 yılında İTÜ Makine Fakültesinde Enerji dalında mastır yapmıştır. 1986 yılına kadar yurt içi ve yurt dışında özel sektörde çalışmıştır. 1986 yılında Vemeks Mühendislik Ltd. Şti.'ni kurmuştur. 9 Temmuz 2001 yılında doktora çalışmasını tamamlamıştır. Halen Yurt içinde ve Yurt dışında HVAC konusunda proje ve taahhüt yapan Vemeks Mühendislik Ltd. Şti.'nin yöneticisi olarak çalışmalarına devam etmektedir.