



**Bu bir MMO  
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## **DENİZLİ BÖLGESİNDE BULUNAN ÇOK SİSTEMLİ OTEL PROJESİNİN SİSTEM SEÇİMİ**

**VELİ DOĞAN  
CEMRE DOĞAN İLHAN  
VEMEK S MÜHENDİSLİK**





# DENİZLİ BÖLGESİNDE BULUNAN ÇOK SİSTEMLİ OTEL PROJESİNİN SİSTEM SEÇİMİ

Veli DOĞAN  
Cemre DOĞAN İLHAN

## ÖZET

Bir yapının iklimlendirilmesi için ilk olarak karar verilmesi gereken nokta sistem seçimidir. Sistem seçimi çok derin bilgi ve detaylı çalışma ister. Yapının özelliği, sistem seçiminde en önemli parametredir. Sistem seçimini etkileyen diğer bir önemli parametre ise, yapı için temin edilebilecek enerji kaynakları ve alternatif enerji kaynaklarıdır. Yapı sahiplerinin istekleri ve işletmecinin bazı tercihleri de bazen sistem seçimini etkileyecek boyutta olabilmektedir. Bu yazıda Denizli yöresinde bulunan ve jeotermal sıcak su ile beslenmesi düşünülen otel için sistem seçimi irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji kazanım, Termal Otel, Sistem Seçimi

## ABSTRACT

The first step to air conditioning design of a building is the decision on the type of air conditioning system. System selection requires deep engineering knowledge, through understanding of the functionality of the building and a detailed study. Most important parameter affecting the system selection is the availability and potential usage of both conventional energy sources and the alternative energy sources for the specific site. Client's requests and the preferences of the Operating Company might also play an important role on the system selection decision. In this regard, this paper investigates the air conditioning system selection of a Hotel in Denizli city in Turkey, with available geothermal hot water source.

**Key Words:** Energy saving, Thermal Otel, Selection of system

## 1. GİRİŞ

Alternatif enerjilerin ne kadar önemli olduğu günümüzde herkes tarafından anlaşılmış durumdadır. Kullanım kolaylığına ve maliyetine göre, Mekanik sistemlerde farklı alternatif enerji kaynakları tercih edilmektedir.

Yazımızda Denizli bölgesinde işletmeye alınmış bir tesisin, kullanmış olduğu farklı alternatif enerji kaynaklarından ve bu kaynakların tesiste hangi sıra ile kullanılarak, nasıl bir fayda sağladığı ve sistem seçiminin nasıl yapıldığı aktarılacaktır. Yapıda kullanılan güneş enerjisi, termal su ısı ve VRF sistemlerinin ısı geri kazanımı değerlendirilecektir.

Peki, bahsi geçen alternatif enerjilerin cevap vermediği durumlar oluşacak mıdır? Oluşuyorsa bu durumlarda tesiste kullanılan diğer enerji türleri nelerdir?

## 2. PROJELENDİRME ESASLARI

1. Tesisin Özelliği ve enerji profili.
2. Tesiste kullanılabilir enerji kaynakları.
3. Tesiste kullanılabilir alternatif enerji kaynakları.
4. İşletmecinin istekleri.

### 2.1. Tesisin Özelliği

#### 2.1.1. Tesisin Hizmet Amacı

Tesisin türü, sistem seçimini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Söz konusu yapı, konut, hastane, otel, okul, ofis, spor kompleksi veya başka amaçlı bir yapı olabilir. Örneğin bu yapı bir hastane ise, özel klima sistemleri kullanmak zorunlu iken; bir konut, veya birçok farklı kişinin kullandığı bir ofis söz konusu ise enerji paylaşımının nasıl yapılacağı düşünülmelidir.

Yazımızda Denizli yöresinde bulunan bir otelin mekanik sistem seçimi irdelenecektir. Tesis otel olduğu için gün boyunca değişen bir enerji profili olacaktır. Enerji gereksinimi otelin doluluk oranına bağlı olarak da değişim gösterecektir.

#### 2.1.2. Tesisin Özel ve Genel Yapısı

Tesis 120 Odaya sahip beş yıldız statüsünde yaz kış aynı sıcaklıkta şifalı termal suya sahip olan, 693 metrekarelik bir alana sahip, PHYSIOTHERAPY & HEALTH ve SPA merkezli, toplam 4 toplantı salonu, eğlence ve sosyal alanlarıyla UNESCO tarafından Dünya Miras Listesinde yer alan Pamukkale'ye 3 km uzaklıktadır. [1]



Şekil 1. Termal otelin genel bir görünüşü [1].

Söz konusu tesis **termal** bir otel olduğu için otelin kış aylarında doluluk oranı daha yüksektir; bu veri, sistem seçiminde önemli bir parametredir. Doğal olarak bu tür tesislerin yaz aylarında doluluk oranı oldukça düşüktür.

Kış aylarında enerji tüketimi yaz ayları gibi gün içerisinde farklılık göstermeyecektir. Farklılıklar gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkına ve dış hava sıcaklığına bağlı olacaktır.

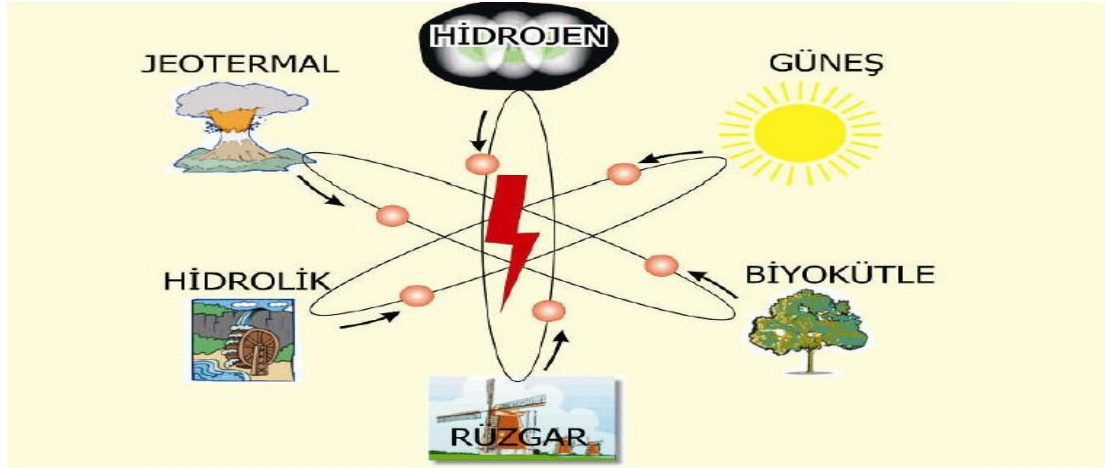
### 2.2. Tesiste Kullanılabilir Enerji Kaynakları

1. Tesisin bulunduğu bölgede doğalgaz mevcut olmakla birlikte henüz otelin yakın çevresinde doğalgaz altyapısı tamamlanmamıştır. Bir-iki yıl içerisinde doğalgaz altyapısının tamamlanacağı bildirilmiştir. Bu nedenle projelendirilme aşamasında sınırlanmış doğalgaz seçenek olabilir. Doğalgaz yakıtlı kazanlarla tesisin ısı gereksinimini karşılamak mümkündür.

2. Elektrik temininde bir sorun yoktur. Elektrik enerjisi soğutmada doğrudan enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

### 2.3. Tesiste Kullanılabilecek Alternatif Enerji Kaynakları

Tesisin bulunduğu bölgede faydalanabilecek alternatif enerji kaynakları analiz edilmelidir. Tesisimiz bulunduğu yer ve konum itibari ile birden fazla alternatif enerji kaynağından faydalanılabileceği, projelendirmenin ilk aşamasında saptanmıştır.



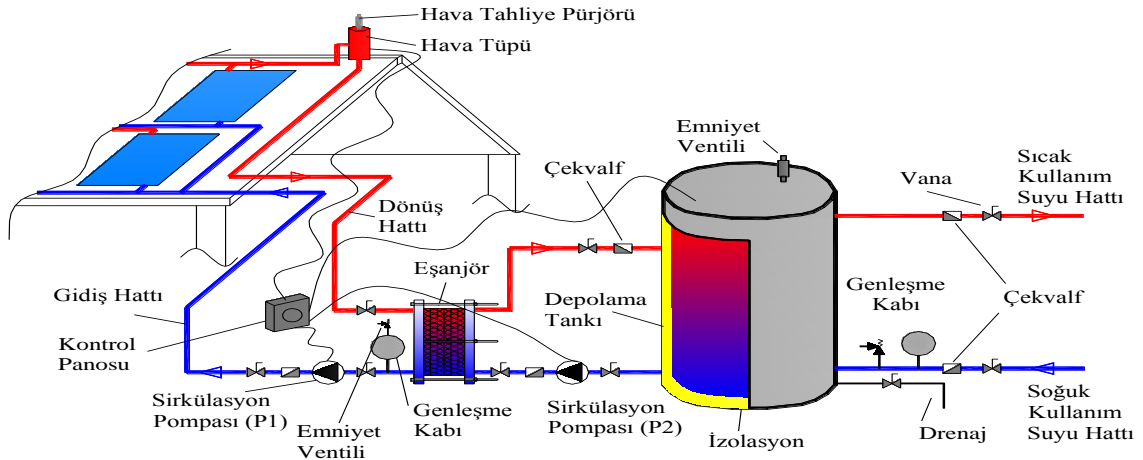
Şekil 2. Alternatif enerji kaynakları [2].

1. Otelin termal bir tesis olarak inşa edilmesinin sebebi bölgede jeotermal kaynakların bulunmasıdır. Bu kaynak sularının sıcaklığı maksimum 52°C olarak bildirilmektedir. Bu sıcaklıktaki suyun devamlılığı garanti edilmemekle birlikte ciddi bir enerji kaynağı olarak dikkate alınacaktır. Kış aylarında termal atık ısıdan “ısı pompası” vasıtasıyla yapıya ısı pompalanabileceği dikkate alınabilir.



Şekil 3. Jeotermal enerji bulunan bir saha [3].

2. Denizli yöresinde güneş enerjisi, yaz aylarında gerekli olan “sıcak kullanım suyunu” ısıtmaya yetecek durumdur. Ayrıca kış aylarında da güneşten ciddi bir ısı aktarımı söz konusudur.



Şekil 4. Güneş enerjisi sistem şeması [4].

İşletmeyi yapacak olan kişiler, mümkün olduğunca işletmesi basit, kolay ve az enerji tüketen sistemler isterler. Ancak bu istek kolay karşılanmaz, alternatif enerji kaynaklarının kullanımı ve bu kaynakların zaman zaman devreden çıkma ihtimalleri veya çıkma zorunluluğu sistem kurulumunu zorlaştırmakta ve karmaşık duruma getirmektedir.

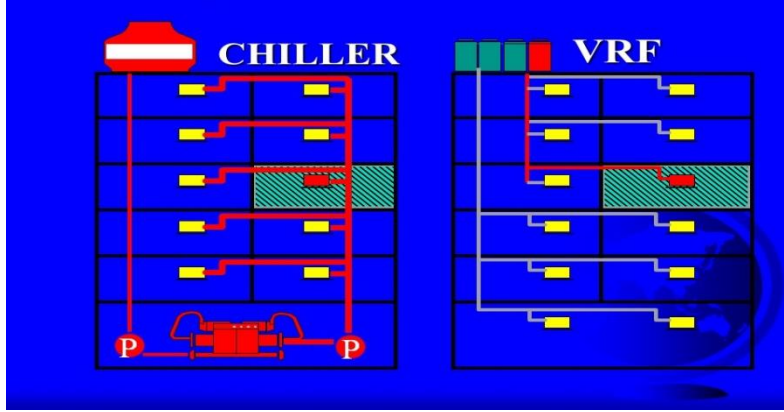
Örneğin işletmeci tarafından termal suyun sürekli sağlanamadığı ve üç gün kesilebileceği bildirilmektedir. Veya güneşin kış ayları ve mevsim geçişlerinde performansı bilinemez. Günlerce bulutlu bir hava olduğunda, sadece güneşe dayalı bir “sıcak kullanım suyu sistemi” tesise sıcak su sağlayamayacaktır.

## 2.4. İşletmecinin İsteği

Çoğu işletmeci geçmişteki tecrübelerine istinaden daha önce kullanmış oldukları bir sistemde ısrar edebilirler. Genellikle yapı sahipleri kendi işletme bünyelerinde bulunan teknik elemanların bu yöndeki görüşlerini dikkate alırlar. Bu projemizde işletmenin bizden isteği olabildiğince alternatif enerji kaynaklarına yönelmemiz doğrultusundadır.

## 3. ISITMA VE SOĞUTMA SİSTEMİ SEÇİMİ

Yönetmeliklere göre 2.000 m<sup>2</sup> den büyük yapılarda merkezi ısıtma zorunluluğu olması, sistem seçiminde önemli bir kriterdir. Fakat mekanik tesisat projeleri şekillenirken, ısıtmadan çok soğutma sistemleri tartışma konusudur. Merkezi soğutma sistemi olarak kabul edilen VRF sistemleri, klasik merkezi soğutma (chiller) sistemlerine ciddi bir alternatif olmuştur (Şekil 5.). Bu nedenle bu iki sistemden hangisinin bu tesise uygun olduğu bu başlıkta tartışılacaktır.



Şekil 5. Basitçe Soğutma Grubu ve VRF sistemleri

### 3.1. Fan-Coil Sistemi

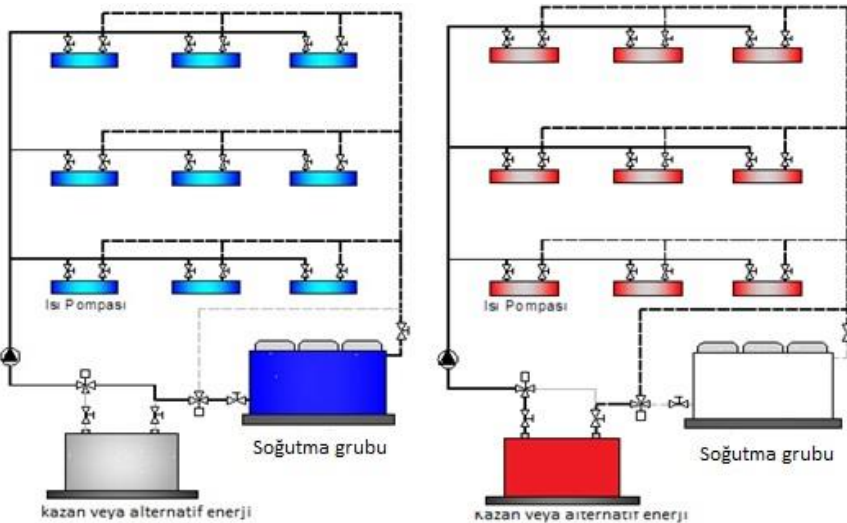
Fan-coillerde akışkan olarak doğrudan su kullanılmaktadır. [Prensip](#) olarak; cihazlara gönderilen akışkan sıcak olduğu zaman ısıtma yapan, soğuk olduğu zaman soğutma yapan cihazlardır. Üfleme ise içinde bulunan fan yardımı ile yapar. Pompa sistemi vasıtası ile gönderilen akışkan serpantinlerden geçerken serpantinin arka tarafında bulunan fan üfleme yapar. Böylece odanın havası istenilen konfor şartına getirilmiş olur. Genellikle piyasada bulunan Fancoil'ler iki tiptedir; klasik yani iki borulu veya dört borulu. [7]

#### 3.1.1. Fan-Coil Sistemi Tesisimiz için uygun mudur?

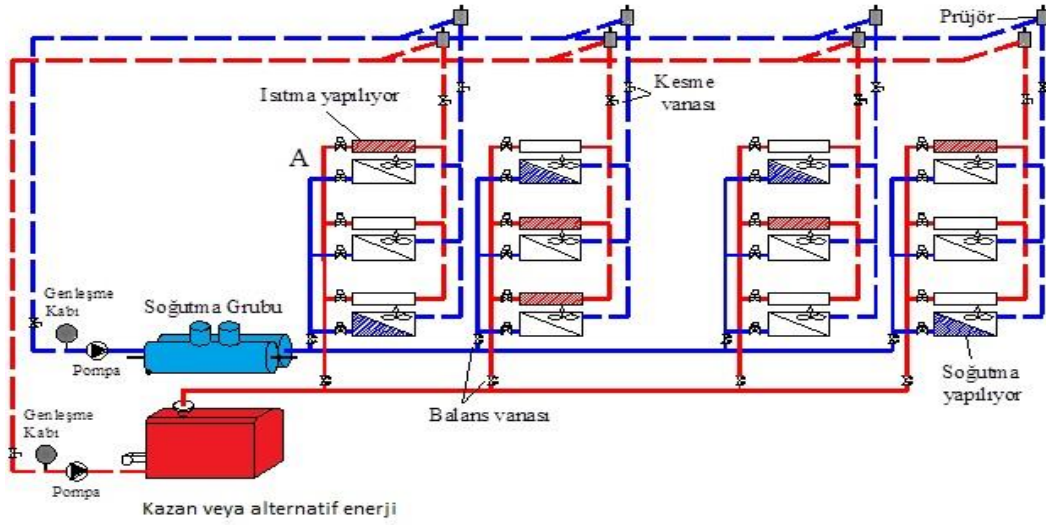
Fan-coil sistemini bu tesis için değerlendirirken, İlk akla gelen soru, klasik fan-coil sisteminin uygun olup olmadığıdır. Acaba iki borulu (**Şekil 6.**) sistem yeterli midir? Veya dört borulu sistem (**Şekil 7.**) bu tesis için zorunlu olabilir mi?

Bilindiği gibi dört borulu sistem bir mahalde soğutma, başka bir mahalde de aynı anda ısıtma gereksinimi olan tesisler için zorunludur. Bu sistem genellikle müşteri kitlesi çok değişken olan şehir otellerinde ciddi bir ihtiyaçtır.

İki borulu sistem, Akdeniz sahillerinde çok yaygındır. Bu bölgede oteller ağırlıklı yaz sezonu açık olduğu için iki borulu sistemi tercih eden işletme sahipleri daha fazladır. Dört borulu fan-coil sisteminin yatırımı pahalı ve uygulaması daha zor olduğu için pek tercih edilmez. Peki, tasarımı yaptığımız tesis için fan-coil sistemi iki borulu mu? Dört borulu mu olmalıdır?



Şekil 6. Basitçe Soğutma Grubu ve VRF sistemleri



Şekil 7. Dört borulu sistem çalışma prensibi

Tesisimiz termal bir otel olmasının yanı sıra, fizik tedavi alanında hizmet veren bir sağlık otelidir. Bölgede mevsim geçişleri (eylül-ekim-nisan-mayıs) çok uzun olmasına rağmen, Denizli yöresindeki termal oteller için ısıtma enerjisini sağlamanın sorun olmadığı, soğutmanın da sadece mayıs ve eylül aylarında gündüzleri birkaç saatle sınırlı olduğu görülmüştür. Bu durumda dört borulu sistem aşırı pahalı ve lüks olacaktır. İki borulu sistem daha uygun görülmektedir. Fakat mevsim geçişlerinde mal sahiplerinin arzu ettiği, aynı anda soğutma ve ısıtma ihtiyacı karşılanmamıştır. Diğer bir sıkıntı ise yazın çok sıcak olan bu bölgede müşteri sayısı da oldukça azdır. Tesis dolu olmamasına rağmen yaz mevsiminde soğutma grubunu ve pompalarını çalıştırma zorunluluğu doğacaktır. Birkaç oda dolu olsa bile sistem mecburen devrede tutulacaktır. Bu noktada VRF sistemini düşünmeye başlamak gerekir; VRF sisteminde sadece kullanılan odalarda bulunan iç üniteler ve bu cihazlara bağlı dış üniteler kısmı olarak çalışacağı için enerji tüketimi, soğutma grubu ile soğutma yapmaya kıyasla oldukça az olacaktır.

VRF sistemini de inceleyerek analizimize devam edelim.

### 3.2. VRF Sistemi

VRF, Değişken Soğutucu Akışkan Debisi demektir. VRF Klima Sistemi; bir dış ünite ile birden çok iç ünitenin kontrol edilebildiği sistemlerdir. Gerekli kadar soğutucu akışkanı doğru zamanda ihtiyaç duyulan iç üniteye sevk ederek ısıtma ve/veya soğutmada kullanılması sağlanır. Soğutucu akışkan inverter kontrollü bir kompresör veya kompresörlerle şartlandırılarak, konfor şartlarına ulaşmasını istediğimiz mahalde bulunan iç üniteye gönderilir. [5]

İşletme ve montaj kolaylığı ve sezon sonunda daha az enerji harcamasıyla, 120 odası olan bu otelde VRF sistemi şu anki değerlendirmelerimizle daha uygun görülmektedir. VRF sistemleri ısı geri kazanımlı veya ısı pompası olmak üzere iki şekilde tasarlanabilir.

VRF sistemi ile birlikte akla gelen diğer sorular ve sistemde karar verilmesi gereken noktalar sıralanmıştır. Tesisimiz için VRF sistemini incelemeye devam edelim.

1. VRF sistemi hava soğutmalı mı olsun su soğutmalı mı?
2. VRF sistemi kışın ısıtma yapacağı için soğutmayla birlikte değerlendirildiğinde tek başına ısıtmaya yeterli olabilecek mi?
3. Mevsim geçişlerinde aynı anda farklı mahallerde soğutma veya ısıtma yapabilecek mi?



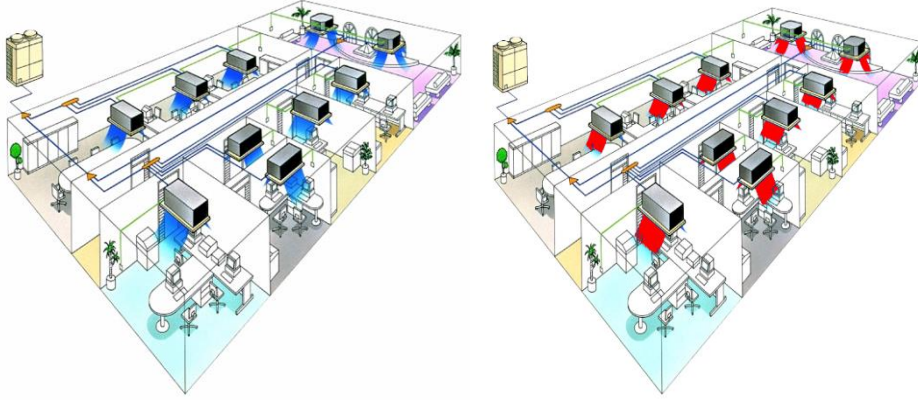
4. Alternatif sistemlere göre maliyet durumu?
5. Alternatif enerji kaynaklarına uyumu?

### 3.2.1. Hava soğutmalı VRF sistemi tesis için uygun mudur?

#### 3.2.1.1 Hava soğutmalı VRF sistemi kış ve yaz mevsimleri çalışma durumu

Hava soğutmalı sistemin seçilmesi durumunda, bahsi geçen bölgede minimum kış dış hava sıcaklığı sıfırın altında  $10^{\circ}\text{C}$  civarında olduğu için (dış hava sıcaklığı  $-15^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşmemektedir.) kış sezonunda sorun görünmüyor. Yaz aylarında ise hava sıcaklığı  $35^{\circ}\text{C}$  civarında olması nedeniyle hava soğutmalı VRF sisteminin çalışma verimleri de bu sıcaklık değerlerinde 4 civarında olduğundan, yaz ayları içinde herhangi bir olumsuz durum görünmüyor.

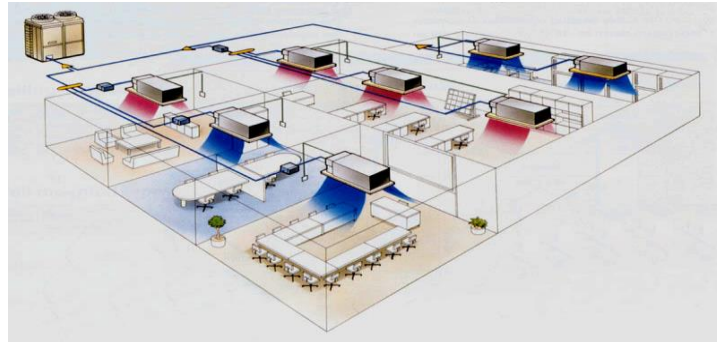
Tesis termal sıcak suyu, otel işletmesine ait olan ve başka bir mülk sahibinden kiralananan iki termal su kuyusundan sağlamaktadır. Aksi bir durumda termal sıcak su kaynağının kış aylarında uzun süre kesilmesi söz konusu olacaksa; bu kesinti durumunda, su soğutmalı VRF veya termal su kaynaklı fan-coil sistemi ile yapılacak ısıtma, anlamını yitirecektir. Dolayısıyla hava soğutmalı VRF sistemi öne çıkmaktadır.



Şekil 8. Hava soğutmalı VRF sistemi yaz ve kış çalışması [6]

#### 3.2.1.2 Hava soğutmalı VRF sistemi mevsim geçişleri çalışma durumu

Sadece ısı pompası şeklinde çalışan VRF sistemi kurulur ise aynı dış üniteye bağlı mekanlarda aynı zaman diliminde, sadece soğutma veya sadece ısıtma yapılır. Isı gerikazanımlı yani üç borulu (Şekil 9.) sistem kurulması durumunda bu sorun ortadan kalkmaktadır. Böylelikle özellikle mevsim geçişlerinde ortaya çıkan, farklı mahallerde aynı anda ısıtma veya soğutma talebi karşılanmaktadır. Isı gerikazanımlı bir sistem kurulması durumunda binadan çekilen enerjinin sıcak su hazırlamada da kullanılması söz konusu olacaktır.



Şekil 9. Hava soğutmalı VRF sistemi mevsim geçişleri çalışması [6]

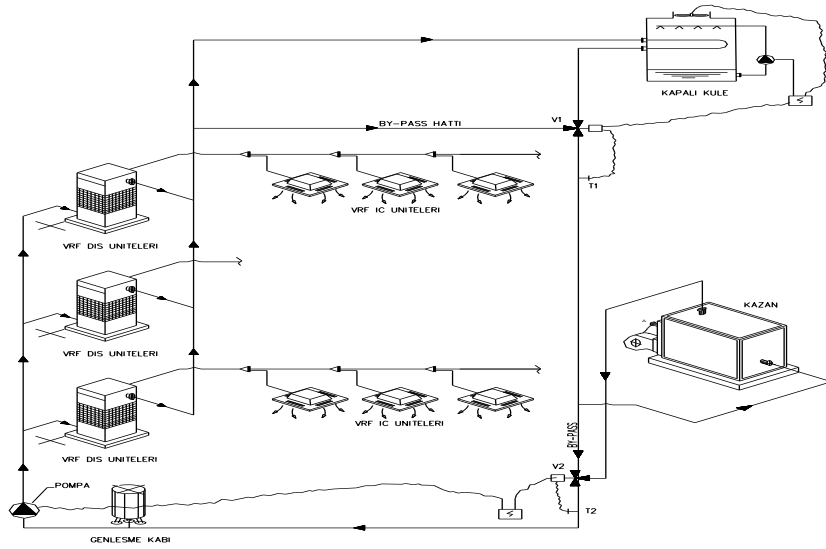
### 3.2.2. Su soğutmalı VRF sistemi tesis için uygun mudur?

Atık ısılarından veya göl, ırmak, toprak, deniz gibi kaynaklardan ısı pompalayabilen sistemler su soğutmalı olarak adlandırılmaktadır. Kurulması durumunda su soğutmalı VRF sistemi tesisimiz için uygun olabilir mi?

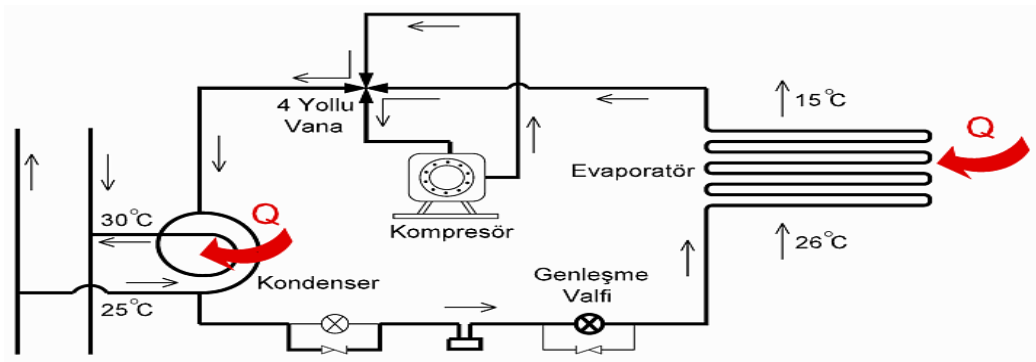
#### 3.2.2.1. Su soğutmalı VRF sistemi kış ve yaz mevsimleri çalışma durumu

Sulu VRF sistemi tercih edilmesi durumunda, yaz aylarında soğutma yapabilmek için bir adet kapalı kuleye ihtiyaç vardır. Binadan çekilen ısı, kule vasıtası ile atmosfere atılacaktır. Yaz aylarında VRF sistemi daha yüksek verimle (yaklaşık 5,5) çalışacaktır. (Şekil 11. Şekil 12.)

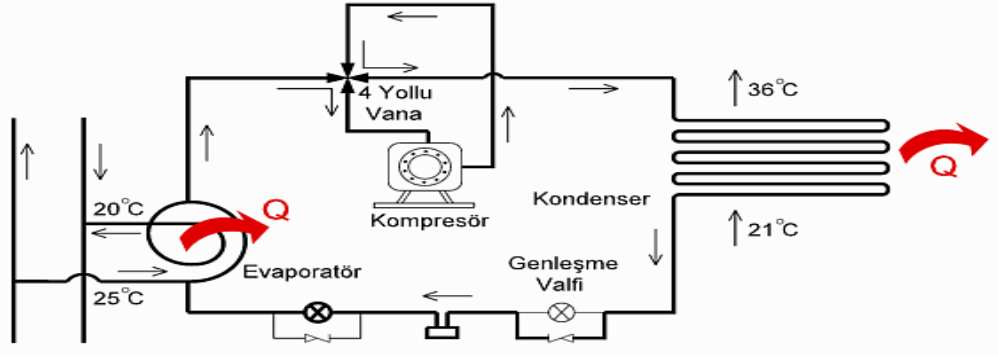
Kışın ise termal ısıdan, atık suların, doğal gaz yakan bir kazandan ısı pompalayarak çalışmasını sürdürecektir. (Şekil 10.)



Şekil 10. Su soğutmalı VRF sistemi çalışma şeması [4]



Şekil 11. Su soğutmalı VRF sistemi yaz çalışması [4]



Şekil 12. Su soğutmalı VRF sistemi kış çalışması [4]

### 3.2.2.2. Su soğutmalı VRF sistemi mevsim geçişleri çalışma durumu

Su soğutmalı VRF sistemlerinde de hava soğutmalı sistemlerde olduğu gibi, sistem ısı geri-kazanımlı olarak uygulanırsa, yani aynı anda farklı mahallerde soğutma ve ısıtma yapmak mümkün olursa, su soğutmalı VRF sistemi de hava soğutmalı da olduğu gibi talepleri karşılayacaktır.

Yaz, kış ve mevsim geçişi çalışmaları değerlendirildiğinde, Termal sıcak su kaynağımızın da varlığıyla birlikte su soğutmalı VRF sistemi kullanılmalı mı?

Su soğutmalı sistem, yaz aylarında az enerji tüketimi ve kış aylarındaki termal sıcak su kullanımı da düşünüldüğünde bu tesiste doğru bir seçim gibi görünüyor; ancak kış aylarındaki VRF çalışma şartlarına ayrıntılı bir şekilde bakmak zorundayız.

Kış aylarında tesisimizin doluluk oranı yüksektir ve bölgenin kış aylarındaki ısıtma enerjisi gideri yaz ayları ile kıyaslanmayacak kadar fazladır. Yazın otelin % 50 dolulukta olduğu da dikkate alınırsa bu otelde tüm sistemler özellikle kış ayları (ısıtma) dikkate alınarak tasarlanmalıdır.

Su soğutmalı VRF sistemi, kış aylarında termal sudan veya atık termal sulardan ısı pompalayarak tesisi ısıtacaktır. Yani tesiste kışın ısıtma için yakıt gideri olmayacaktır. Eğer bu atık ısı veya termal kaynakta bir problem olursa doğal gaz yakıtlı kazandan veya kazanlardan ısı olarak tesis ısıtılmaya devam edecektir. Böylelikle, herhangi bir arıza durumunda tesisin devamlılığı garanti altına alınacaktır.

Termal ısı bedelinin, çok düşük veya bedelsiz olacağı söylendiğinden, tüm bu faktörler su soğutmalı VRF sistemi seçimini doğru bir seçim yapmaktır.

Şu an için su soğutmalı VRF sistemi seçilmiş olsa, yazın yüksek verimli (COP yaklaşık 5,5) bir soğutma yapan ve kış aylarında da termal ısıdan ısı çeken, ısı pompası gibi çalışan bir VRF sistemi her bakımdan kullanışlı ve ekonomik bir seçim olarak durmaktadır.

## 4. TESİS İÇİN SEÇİLEN SİSTEMİN İRDELENMESİ

Gelmiş olduğumuz bu noktada Sulu VRF sistemini seçmek son kararımız mıdır?

Sulu VRF sistemi kullanılmış olsaydı termal sudaki ısı, VRF sistemi tarafından yapıya aktarılacaktı; ancak bu durumda tüm kompresörler enerji harcayacaktı. Enerji tüketimi cihazın COP sine bağlı olarak her 4 kW ısı için yaklaşık 1 kW civarında olacaktı. Tesisin toplam ısı gereksinimi, kullanım faktörleri dikkate alınarak hesaplandığında 600 kW olarak bulunmuştur. Bu hesaplara göre tesis tam kapasiteli bir çalışma zamanında (sistem veriminin 4 olduğu düşünülürse) kompresörlerde saatte 150 kW elektrik harcayacaktır.



Oysaki termal kaynaktan 52°C su sağlandığı biliniyor. Fan Coil sistemini seçmiş olsaydık bu durumda sıcak su pompaları ile klima santrallerine ve Fan-coil'lere doğrudan sıcak su iletilecek; cihazlar sadece fanlarını çalıştırarak ısıtma yapacaktı. Bu durumda hem çok kıymetli olan VRF sistemi yıpranmayacak hem de kompresörlerde fazladan elektrik harcanmayacaktı.

Fan-Coil'ler ve klima santralleri için 45°C de sıcak su ısıtma için yeterlidir, bu cihazların seçimi, bu sıcaklık değerleri dikkate alınarak yapılacak olursa ısıtma sisteminde herhangi bir sorunla karşılaşılacaktır. Yani su soğutmalı VRF sistemi alternatif olmaktan çıkmıştır.

Maalesef 92°C sıcak termal su sağlanan Afyon termal otellerinde sulu VRF uygulaması yaygındır. Saygın bir yatırımcının düştüğü bu hata diğer yatırımcılar tarafından sorgulanmadan devam ettirilmektedir. Bu tesisler 40°C'nin altında termal su temini söz konusu olsa idi sulu VRF çok uygun olabilirdi. Örneğin Eskişehir Bademlikte inşa edilmiş bir otelde termal su sıcaklığı 32 °C'yi geçmediği için tüm tesiste Sulu VRF sistemi kurulmuştur.

Fan-Coil sistemi, 50°C'nin üzerinde ki termal sıcak suyun bulunduğu tesislerde daha uygun yatırım ve işletme gideri sağlayacaktır. Bu durumda iki borulu Fan-coil sistemi VRF sistemine alternatif olmaktadır. Dört borulu Fan-coil sistemi ise, ısı geri kazanımlı bir VRF sistemi ile kurulmuş bir sisteme alternatif olacaktır.

İncelediğimiz tesisimizde termal suyun sıcaklığı 52°C olduğu için bu sıcaklık tesisin ısı gereksinimini karşılamaya yeterli olacaktır. Termal ısıyı, ısı pompası kullanmadan tesise Fan-coil sistemi ile doğrudan aktarabiliriz. Bu durumda Fancoil sistemi bizim tesisimiz için öne çıkmaktadır. Geldiğimiz bu noktada Fan-coil sistemini yaz ve kış ve mevsim geçişleri çalışması için son bir kez irdeleyelim ve Fan coil sisteminin türünü belirleyelim.

#### **4.1. İki borulu Fan Coil sisteminin yaz ve kış dönemleri ve mevsim geçişleri çalışma durumu**

Tesisimizde yaz aylarında soğutma ihtiyacını karşılamak için üç adet 250 kW'lık hava soğutmalı gruplar kullanılabilir. Bu gruplarda üretilen soğuk su ile (7<sup>0</sup>-10<sup>0</sup>C) Fan-coil ve klima santralleri beslenebilir.

Kışın ise öncelikle termal enerjiden 550 kW'lık plakalı eşanjör ile kapalı devreye ısı aktarılabilir. Termal suyun garanti edilememesi nedeni ile yaz aylarında tesiste kurulması planlanan güneş enerjisi sistemine takviye olması için termal atık suların (sudan-suya) ısı pompası sistemi düşünülebilir. Isı pompası soğuk mevsimde termal su kaynağının kapanması durumunda yetersiz kalacaktır; bu nedenle yapının tüm ihtiyacını karşılayacak "doğal gaz kazanı" sisteme eklenecek bu sayede tüm sistem yedeklenmiş olacaktır.

Mevsim geçişlerinde ise iki borulu sistem, maalesef yetersiz kalacaktır. Mayıs ve eylül aylarında bazı müşterilerin ısıtma, bazılarının da soğutma gereksinimi olacaktır. Diğer geçiş ayı olan nisan ve ekim aylarında bu sorun kısmen azalacaktır. Fakat ortadan kalkmayacaktır. Bu noktada işletmeye dört borulu Fancoil sistemi önerilebilir.

#### **4.2. Dört borulu Fan Coil sisteminin yaz ve kış dönemleri ve mevsim geçişleri çalışma durumu**

İşletme yetkilileri daha öncede aktardığımız gibi, mevsim geçişi olan mayıs ve eylül aylarının da otelin doluluk oranının çok yoğun olmadığını bildirmişlerdir. Sadece geçiş mevsiminde meydana gelen bu sorunu çözmek için, dört borulu sistem kurmak ekonomik görünmüyor. Bu durumda hem kışın tesisin ısı gereksinimini azaltmak hem de mevsim geçişi problemini çözmek için otel odalarının bir kısmını hava soğutmalı VRF sistemi ile projelendirerek, bu problemi çözebiliriz. Böylelikle yaz ayları boyunca yarı kapasitede çalışan söz konusu otele gelen müşteriler, bu VRF bulunan odalara yönlendirilebilir. Mevsim geçişlerinde yaşanan bu problemde ortadan kalkar.

## 5. UYGULANAN SİSTEM

Otelimizin; 30 adet yatak odasında ve müşteri memnuniyetine bağlı olarak farklı sıcaklıklar istenen SPA bölgesinde hava soğutmalı VRF sistemi kullanılmıştır. Diğer 90 oda ve genel mekanların bir kısmı da Fan-coil ile klimatize edilmiştir. Hava soğutmalı VRF kullanılmak suretiyle hem mevsim geçişlerindeki problem çözülmüş hem de kış aylarında termal ısı gereksinimi düşürülmüştür.

### 5.1. Uygulanan VRF sistemi

Tesiste bulunan 30 adet oda ve Spa bölümü için; hava soğutmalı VRF sistemi, bir kısmı ısı geri kazanımlı, diğer kısmı da ısı pompası şeklinde uygulanmıştır.

7 Adet toplam 276 kW'lık dış ünite (**Tablo 1.**) ve toplam 315,4 kW soğutma kapasitesine sahip 49 adet iç üniteden (**Tablo 2.**) oluşmaktadır. Ayrıca kurulan VRF sisteminin bir kısmının ısı geri kazanımlı olmasından faydalanıp, binanın soğutulması esnasında açığa çıkan atık ısıdan yararlanarak sıcak su üretecek iç üniteler sisteme eklenmiştir.

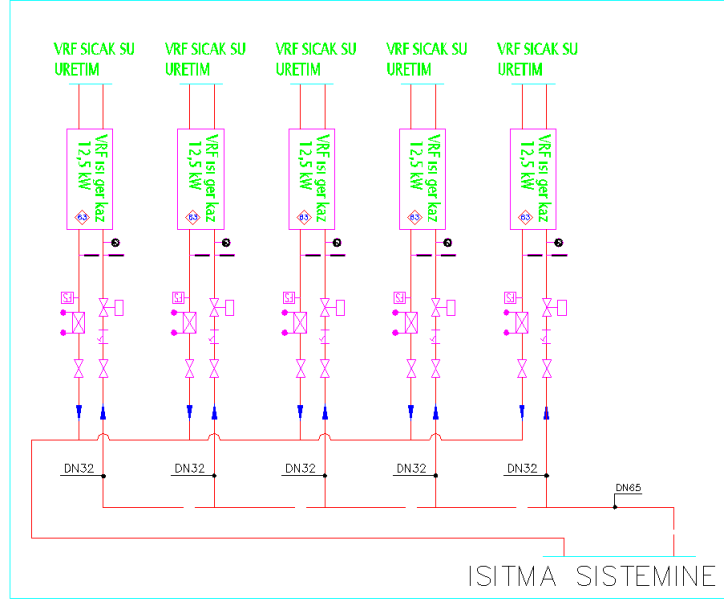
5 Adet 12,5 kW kapasitede ısı geri kazanım ünitesi ile saatte 62,5 kW enerji sıcak su üretmek için aktarılmaktadır. (**Şekil 13.**)

**Tablo 1.** Dış ünite dağılım tablosu

DIŞ ÜNİTELER	KAPASİTE	ADET	TOPLAM KAPASİTE
HEAT RECOVERY	28 kW	1	28 kW
	40 kW	2	80 kW
	45 kW	2	90 kW
HEAT PUMP	28 kW	1	28 kW
	50 kW	1	50 kW
<b>TOPLAM</b>		<b>7</b>	<b>276 kW</b>

**Tablo 2.** İç ünite dağılım tablosu

	TOPLAM ADET	TOPLAM KAPASİTE
KLİMA İÇ ÜNİTE	49	252,9 kW
SICAK SU ÜRETECİ	5	62,5 kW
<b>TOPLAM</b>	<b>54</b>	<b>315,4 kW</b>



Şekil 13. Kurulan VRF sıcak su üretim şeması [4]

## 5.2. Uygulanan Klasik Isıtma Soğutma Sistemi

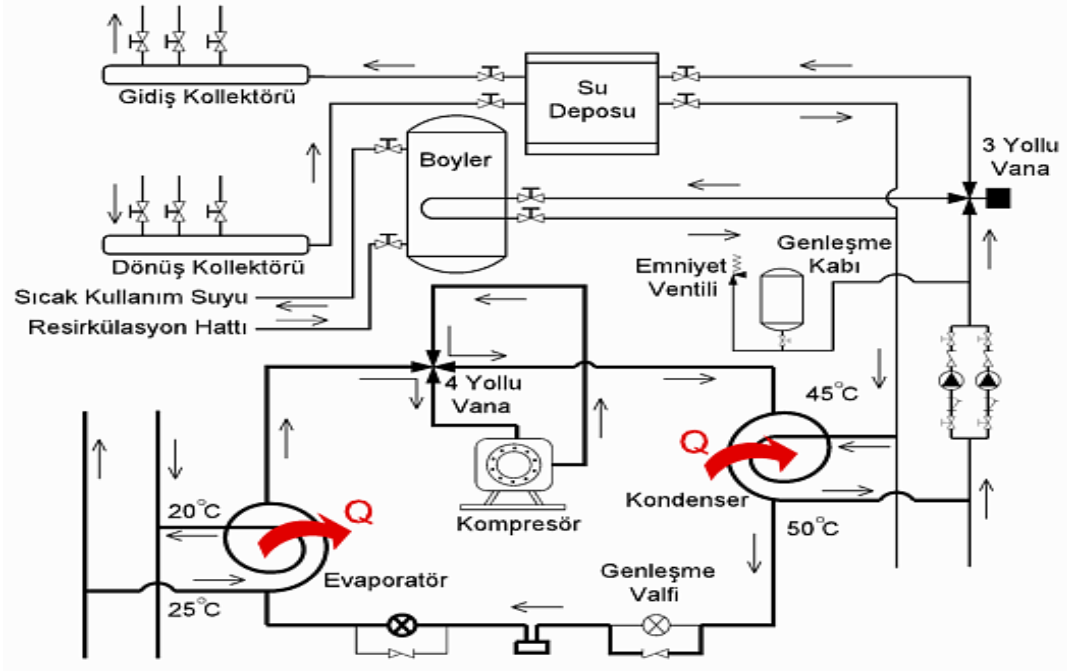
Taze hava klima santralleri, tam karışımli klima santralleri ve Fan-Coil leri beslemek için üç adet 250 kW'lık hava soğutmalı soğutma grubu kullanılmıştır. Fan-coil ler; 536 kW soğutma 405 kW ısıtma kapasitesine, Klima santralleri 485 kW soğutma 250 kW ısıtma kapasitesine sahiptir.

## 5.3. Termal Sıcak Sudan Kapalı devreye Aktarılan Isı

Dizayn aşamasında 50-64°C olarak bildirilen termal su sıcaklığı için 550 kW kapasitede bir eşanjör kullanılmıştır. Otel açıldıktan sonra termal suyun beklenenden daha yoğun olması nedeniyle eşanjörün çabuk kirlendiği ve termal su sıcaklığı 52°C yi geçmediği için sisteme 500 kW eşanjör paralel olarak ilave edilmiştir. Bu sayede kirlenme süresi uzatılmış ve eşanjörlerin kapalı devre tarafı olan ikinci devredeki su sıcaklığı 42°C den 48 °C ye kadar yükseltilmiştir. Bu ilave işlem sonucunda termal suyun ısıtma tesisi için yeterli olmuştur. Dış hava sıcaklığının tasarım değerinin altına düşmediği ve termal su kaynağında bir azalma olmadığı sürece doğalgaz kazanlarının çalışmasına gerek kalmayacaktır.

## 5.4. Atık Sulardan Isı Pompası Sistemi

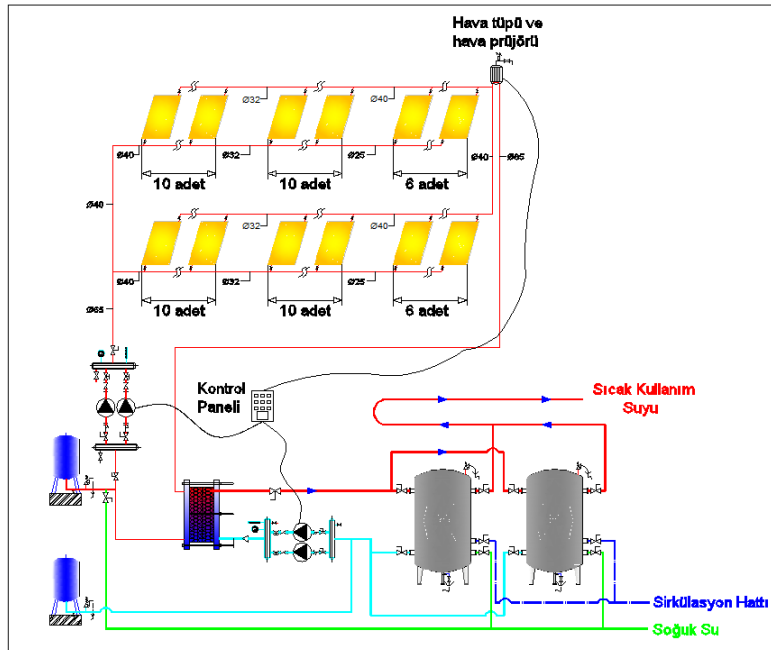
Termal su debisi ve suyun sürekliliği bilinmediği için sisteme atık sulardan ısı pompalamak üzere iki adet 70 kW'lık sudan-suya ısı pompası ilave edilmiştir. Bu ısı pompasının temel amacı özellikle mevsim geçişlerinde (Termal suyun kesik olması durumunda) güneş enerjisi sistemine takviyedir. Projelendirme aşamasında dikkate alınan bu sistem için yer bırakılmış ancak cihazlar alınmamıştır. Şu anda termal suda bir problem yoktur, problem olması durumunda devreye sokulabilir. Bu amaçla izole edilmiş bir adet atık su deposu ve kolektörlerde gerekli bağlantı noktaları mevcuttur.



Şekil 14. Sudan suya ısı pompası şematik gösterimi [4]

### 5.5. Güneş Enerjisi Sistemi

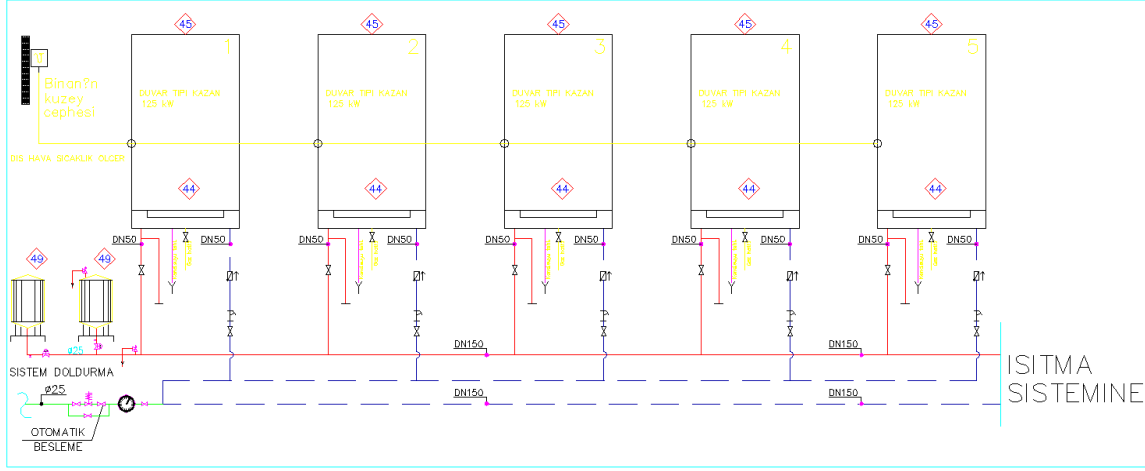
Otelimizde toplamda 144 m<sup>2</sup>'lik 85 Adet güneş kolektörü ile sıcak kullanım suyu hazırlanmaktadır. Güneş enerjisi depolama tankları 8.000 m<sup>3</sup> su depolayacak kapasitededir. Termal su kullanımı sıcak kullanım suyu tüketimini oldukça azaltmaktadır. Güneş enerjisi sisteminde ısıtılan su daha sonra VRF ısı geri kazanım sisteminden takviye olarak binaya dağılmaktadır. Kış aylarında bu iki sistemde yetersiz kaldığı takdirde termal sıcak sudan takviye almaktadır.



Şekil 15. Kurulan güneş Enerjisi sistemi [4]

## 5.6. Kaskad Kazan Sistemi

Kış aylarında termal su debisinin yetersizliği veya suyun tamamen kesilmesi durumunda devreye girip tüm otelin ihtiyacını karşılayacak şekilde kaskad doğalgaz kazanları konulmuştur. Bu cihazların her biri 125 kW kapasitede toplam 5 adettir.



Şekil 16. Kurulan kaskad kazan sistemi [4]

## 6. DEĞERLENDİRME

Tesisimizin soğutma sisteminin kuruluş maliyeti, iki tip sistem (VRF ve Fan-coil) kullanılmasına rağmen, sadece klasik sistem kurulmasına kıyasla yüksek farklılıklar göstermemiştir. Belki işletme zorluklarından bahsedilebilir.

Hava soğutmalı VRF sistemi kendi içinde (kompakt) her şeyiyle bağımsızdır, işletmeye kullanım esnasında herhangi bir zorluk getirmemiştir. Elbette bu tür enerji tasarrufuna yönelik termal tesislerde teknik müdürün eğitimli olması sistem seçimi kadar önemlidir. Sistemin doğru kullanılması, tesisin enerji maliyetlerini minimum seviyelerde tutacaktır.

Sisteme klasik bir sistemden farklı olarak ilave edilen veya kapasitesi artan/azalan cihazlar:

- 1-Termal ısıdan ısı aktarmak için 2 adet 500 kW'lık plakalı eşanjör ve bir asıl bir yedek iki adet pompa ilave edilmiştir.
- 2-VRF sisteminden ısı aktarmak için yine bir asıl bir yedek iki adet pompa ilave edilmiştir.
- 3-Isı pompaları alınmamış hiçbir yatırım yapılmamıştır.
- 4-Normalde 900 kW toplam kazan gereksinimi var iken, kullanım faktörleri ile birlikte, termal sudan ve diğer enerji kaynaklarından kazanacağımız enerjiler düşünülerek 625 kW lık kaskat kazan kullanılmıştır.
- 5-Hava soğutmalı VRF kullanıldığı için ısı kaynağında ilave değil azalma söz konusudur.

Yukardaki verilerden de anlaşılacağı gibi sisteme fazla bir maliyet bindirilmemiştir. Buna karşın görülen net kazançlar:

### 6.1. Sıcak kullanım suyu hazırlamak için harcanan toplam enerji ve kazanç

Burada detaylı olarak ısı kazancı hesapları yapılmayacaktır ancak basit bir hesapla bile kazancın ne denli büyük olduğu görülebilir.





### 6.1.1. Yaz ayları için hazırlanan sıcak kullanım suyu miktarı

Tesisin dolu olması durumunda gerekli sıcak su miktarı;

Günlük  $G_{Sıcak\ su} = 16.000$  litre/gün ve 480.000 Litre/ay

Yaz ayları sıcak su tüketimi yaklaşık olarak,

Nisan ve ekim %70, mayıs ve eylül %60, Haziran, Temmuz ve Ağustos % 50 doluluk kabul edersek;

$$480.000 \times 0,7 \times 2 + 480.000 \times 0,6 \times 2 + 480.000 \times 0,5 \times 3 \times 480.000 = 1.968.000 \text{ litre /7ay}$$

### 6.1.2. Kış ayları için hazırlanan sıcak kullanım suyu miktarı

Kış ayları için doluluğu % 90 kabul edersek sıcak su tüketimi;

$$G_{Sıcak\ su\ günlük} = 16.000 \times 0,90 = 14.400 \text{ litre/gün}$$

$$G_{Sıcak\ su\ kış\ ayları} = 14.400(\text{litre/gün}) \times 30(\text{gün}) \times 5(\text{ay}) = 2.160.000 \text{ litre/5ay}$$

Yaz ve kış ayları için sıcak kullanım suyu miktarları bulunduğuna göre;

$$G_{Toplam\ Yıl} = 1.986.000 + 2.160.000 = 4.146.000 \text{ litre/yıl}$$

Bu suyu 10 °C den 55 °C ye ısıtmak için gerekli enerji:

$$Q = 4.146 \text{ (m}^3/\text{yıl)} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C} \times (55-10) \text{ (}^{\circ}\text{C)} = 186.576.000 \text{ kcal/yıl}$$

$$\text{Doğal gaz karşılığı } G = \left( \frac{186.576.000 \text{ kcal/ yu}}{8.250 \text{ kcal/ m}^3} \right) = 22.615 \text{ m}^3 / \text{yu}$$

Bölgede doğal gaz fiyatı yaklaşık: 1,036 TL/m<sup>3</sup> olduğuna göre (kdv dahil olarak).  
Bahsi geçen yakıtın parasal değeri 23.429 TL dir.

Şu an için tesisimizde dağıtım şirketinden temin edilen doğalgaz kullanılmamaktadır. Doğalgaz sıvılaştırılmış (LNG) şekilde depolanmaktadır.

Bu durumdaki farkı inceleyerek;

1.000 lt sıvı doğalgaz (LNG) yaklaşık olarak 600 m<sup>3</sup> doğalgaza eşdeğerdir.

Tesisin 1 lt LNG yi 2,006 TL (kdv dahil olarak) ye satın aldığı bilindiğine göre;

$$\text{Yeni durumda ki 1 m}^3 \text{ doğalgazın fiyatı} = \left( \frac{2,006 \text{ TL}}{0,6 \text{ m}^3} \right) = 3,34 \text{ TL/ m}^3$$

LNG kullanılması durumunda ki parasal değeri 75.534 TL dir.

Bu rakamlar bize sadece kullanım sıcak suyu hazırlamak için harcanan enerjinin parasal değerini göstermektedir.

## 6.2. Termal sudan kış ayları için kazanç

Kış aylarında tesisin tüm ısıtması için;

Eşanjörden günde ortalama 500 kW enerji 15 saat süreyle çekilmektedir.

Bu durumda günlük termal sudan çekilen ısı:

$$Q = 500 \text{ kW} \times 15 \text{ h (saat)} = 7.500 \text{ kWh/gün}$$

Kış aylarında 5 ay tam zamanlı çalıştığı biliniyor ise;



$$Q_{\text{Toplam}}=7.500 \text{ (kWh/gün)} \times 30 \text{ (gün)} \times 5 \text{ (ay)}=1.125.000 \text{ kWh/5ay}$$

$$Q_{\text{Toplam}}=967.500.000 \text{ kcal/5ay}$$

Doğal gaz yakıtının alt ısıl değeri  $8.250 \text{ kcal/m}^3$ , bu durumda doğal gaz karşılığı

$$\text{Doğal gaz karşılığı } G = \left( \frac{967.500.000 \text{ kcal/5ay}}{8.250 \text{ kcal/m}^3} \right) = 117.272 \text{ m}^3 / \text{kusayları}$$

Bahsi geçen yakıtın parasal değeri 121.493 TL dir.

LNG kullanıldığı durumda yakıtın parasal değeri 391.688 TL olacaktır.

Doğal gaz kazanlarındaki yanma verimi de dikkate alındığında kazancın bu rakamlardan çok fazla olduğu görülür.

## SONUÇ

İşletmeye alınmış bir tesisin sistem seçim aşamaları ve seçilen sistemlerden sağlanan faydalar incelenmiştir. Herhangi bir yapıda sistem seçiminin ne kadar önemli olduğu görülmektedir. Sistem seçimi çok büyük bir tecrübenin yanında detaylı çalışma gerektirmektedir. Yanlış seçilen bir sistem için yatırım aşamasında harcanacak para bir kayıptır, ancak işletmedeki kayıplar yıllar boyu devam edecektir.

Özellikle termal ve alternatif ısı kaynağına sahip tesislerin sistem seçimi ve projelendirilmesi o tesisin işletme maliyetleri için hayati önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Doğa Termal Otel internet sitesi [www.dogatermal.com](http://www.dogatermal.com). 2014
- [2] <http://wikiaturkilkogretim.wikispaces.com/ENERJ%C4%B0+KAYNAKLARI,2014>
- [3] <http://www.haberler.com/17-jeotermal-saha-ihaleye-cikiyor-4792629-haberi>
- [4] Vemeks Mühendislik A.Ş. proje çizimleri, 2012.
- [5] YILDIZ, O., “Sistem karşılaştırmaları sunumu” Klima plus A.Ş. şirket içi eğitim notları, 2013.
- [6] Daikin VRV seçim kataloğu, 2014
- [7] DOĞAN, V., “Tesisat Ders Notları”, Akdeniz Üniversitesi, 2007.

## ÖZGEÇMİŞ

### Veli DOĞAN

1980 yılında Ege Üniversitesi Makina Fakültesini Makina Mühendisi olarak bitirmiştir. 1982 yılında İTÜ Makina Fakültesinde Enerji dalında yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 1986 yılına kadar yurt içi ve yurt dışında özel sektörde çalışmıştır. 1986 yılında Vemeks Mühendislik Ltd. Şti'ni kurmuştur. Isı pompaları ve ısı geri kazanım sistemleri üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Muhtelif sempozyumlarda bu konularla ilgili bildiriler sunmuş ve makaleler yayınlamıştır. Doktora çalışmasını 9 Temmuz 2001 yılında tamamlamıştır. Türkiye'deki ilk kez deniz suyundan-suya ısı pompası sistemini kurmuş ve 1.000 kW'ın üzerinde sistemler kurulmasına öncülük etmiştir. Türkiye'nin bu konuda ki en yüksek kapasiteli sistemini (1.800 kW Sun-Gate Port Royal Otel) 2005 yılında Antalya'da devreye



almıştır. Sulu VRF uygulamalarına öncülük ederek, yine toprak kaynaklı VRF uygulamasını ülkemizde ilk kez kuyu suyundan ısı pompası-VRF uygulaması olarak (2.000 kW She Mall AVM) 2007 yılında Antalya/Lara'da devreye almıştır. Akdeniz Üniversitesi Makine Fakültesinde kurulduğu günden beri ısı alanında muhtelif dersler vermektedir. Üniversite ve sanayi arasındaki ilişkiyi kuvvetlendirmek için sanayide ve üniversitede çalışmalarını sürdürmektedir. Veli Doğan, Yurt içinde ve Yurt dışında HVAC konusunda proje ve taahhüt yapan Vemeks Mühendislik Ltd. Şti'nin dizayn mühendisi ve yöneticisi olarak çalışmalarına devam etmektedir. Veli Doğan ve ekibi Mega yapıların mekanik tesisat işlerinin projelendirilmesinde uzmanlaşmıştır. En son Kazakistan'ın başkenti Astana'da bulunan Han Çadırı'na ait mekanik tesisat uygulama projelerini başarı ile tamamlamışlardır. Bahsi geçen bina sorunsuz olarak işletmeye alınmıştır.

### **Cemre DOĞAN İLHAN**

1980 Ankara doğumludur. 2003 yılında Doğu Akdeniz Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2003-2006 yılları arasında Özel bir şirkette Isıtma soğutma ve havalandırma üzerine sorumlu mühendis olarak çalışmış; 2006 yılında tesisat mühendisliği üzerine Kendi şirketini faaliyete geçirmiş bulunmaktadır. 2007 yılında Süleyman Demirel üniversitesinden Yüksek lisans unvanını almıştır. Evli İki çocuk annesidir. .

