

**YER KAYNAKLI ISI POMPALARININ
TEKNOLOJİK GELİŞİMİ
VE
TÜRKİYE'DEKİ UYGULANABİLİRLİĞİ**

**TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS OF
GROUND SOURCE HEAT PUMPS
AND
APPLICATION POSSIBILITIES IN TURKEY**

METE DEVELİOĞLU

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
TEMİZ TÜKENMEZ ENERJİLER Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2012

KABUL VE ONAY SAYFASI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **TEMİZ TÜKENMEZ ANABİLİM DALI** 'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan :
Prof. Dr. Necdet BAŞTÜRK

Üye (Danışman) :
Prof. Dr. Şakir ŞİMŞEK

Üye :
Prof. Dr. Aynur ERAY

Üye :
Yrd. Doç. Dr. Şule ERGÜN

Üye :
Yrd. Doç. Dr. Akın BACIOĞLU

ONAY

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından / / tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunca / / tarihinde kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YER KAYNAKLI ISI POMPALARININ TEKNOLOJİK GELİŞİMİ VE TÜRKİYE'DEKİ UYGULANABİLİRLİĞİ

Mete Develioğlu

ÖZ

Son yıllarda Dünya'da ve ülkemizde artan enerji ihtiyacı, alternatif enerji arayışına hız kazandırmıştır. Alternatif enerji kaynaklarından olan jeotermal enerji de yenilenebilir, sürdürülebilir ve çevre dostu bir kaynak olarak Türkiye'de önemli bir potansiyele sahiptir. Jeotermal enerjiden yararlanma konusu, ısı pompalarının teknolojik gelişimlerine paralel olarak dengeli ve yüksek verimli, az bakım gerektiren konforlu enerji kaynakları arasında yer almıştır. Dünya'da kullanımı her geçen gün yaygınlaşan yer kaynaklı ısı pompalarının, Türkiye şartlarında durumunun incelenmesi, potansiyelinin belirlenmesi neticesinde uygulanabilirliği irdelenmesi, önemli konulardan bir tanesidir.

Anahtar Kelimeler: Yer kaynaklı ısı pompası, ısı pompası gelişimi, jeotermal

Danışman: Prof.Dr. Şakir Şimşek, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Hidrojeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS OF GROUND SOURCE HEAT PUMPS AND APPLICATION POSSIBILITIES IN TURKEY

Mete Develioğlu

ABSTRACT

Due to uprising energy needs, alternative energy resources are speeding up their developments all over the world including Turkey. Geothermal energy has a big potential as one of the alternavite energies that gives renewable, sustainable and environmental friendly energy in Turkey. Using the advantages of that energy needs qualified ground source heat pumps to reach maximum efficiency with his low cost maintenance and comfort. Ground source heat pump must be investigated and determined to understand how high is the applicability of the potential in Turkey.

Keywords: Ground source heat pump, heat pump developments, geothermal

Advisor: Prof.Dr. Şakir Şimşek, Hacettepe Üniversity, Department of Geological Engineering, Hydrogeological Engineering Section

TEŐEKKÜR

Bu tez çalışmasında öncelikle sabrı ve desteği ile her zaman yanımda olan danışmanım ve üniversite yıllarında hocam Prof. Dr. Şakir Şimşek'e teőekkür ederim.

Yüksek Lisans süresi boyunca çalışmalarıma destek veren, iş hayatıyla yüksek lisansı devam ettirebilmeme yardımcı olan değerli hocam Prof. Dr. Aynur Eray'a teőekkür ederim.

Son olarak, YETAM (Yeni ve Temiz Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi) Kurucu Müdürü, Prof. Dr. Demir İnan'a arkasında yürüyeceğimiz bir patika yarattığı için sonsuz teőekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

1. ISI POMPASI	1
1.1. Isı Pompası Termodinamiği	2
1.2. Isı Pompaları Kaynak ve Çeşitleri	3
1.2.1. Hava	3
1.2.2. Su	4
1.2.3. Toprak	4
2. ISI POMPASI GELİŞİMİ VE SON DURUMU	5
2.1. Isı Pompalarının Tarihsel Gelişimi	5
2.2. YKIP Isı Pompalarının Tarihsel Gelişimi	5
2.3. YKIP Araştırmaları	6
3. YER KAYNAKLI ISI POMPASI	8
3.1 Yer kaynaklı ısı pompası sistemleri	8
3.1.1 Açık sistemler	8
3.1.2 Kapalı sistemler	9
3.2 Boru Uygulamaları	9
3.2.1 Serme uygulaması (Yatay borulama)	9
3.2.2 Dikey sondaj uygulaması	10
3.3 YKIP Yararları ve sakıncaları	11
4. YKIP SİSTEMLERİNDE JEOLJİ VE HİDROJEOLJİNİN ÖNEMİ	12
4.1 Isı pompası verimi	12
4.2 Toprak Özellikleri	12
4.2.1 Yoğunluk	12
4.2.2 Nem Oranı	12
4.2.3 Tanecik materyali	12
4.3 Derinlik/Sıcaklık Parametreleri	13
4.4 YKIP Sistemleri Kavramları	13
4.5 YKIP Sistem Parametreleri	14
4.6 YKIP Sistem Jeolojisi	14
4.7 YKIP Sistem Hidrojeolojisi	15
4.8 YKIP Sistemlerinde Kılavuz Sondajı	16
4.9 Isı Aktarımı	17
4.10 Boru ve Dolgu Malzemelerinin Isıl İletimi	17
4.11 Örnek YKIP Sistemi	17
5. YKIP UYGULAMALARI	20
5.1 Dünya'daki İlk Uygulamalar	20
5.2 Dünya'daki Gelişim	20
5.3 Türkiye'deki İlk Uygulamalar	21
5.4 Uygulamaya Yönelik Teşvikler	21
5.4.1 ABD	21
5.4.2 İngiltere	22
6. TÜRKİYE'DEKİ UYGULANABİLİRLİK	22
6.1 Türkiye'deki Isı Enerjisi Kaynakları	23
6.1.1 Petrol	23
6.1.2 Doğalgaz	23
6.1.3 Diğer Enerji Kaynakları	24
6.2 Türkiye'deki Yer İçi Isısı Potansiyeli	24
6.3 Türkiye'deki Mevcut Pilot Uygulamalar ve Verimleri	24
6.3.1 Metro Meydan M1 Alışveriş Merkezi – İstanbul	24
6.3.2 Therme Maris Spa & Termal Otel Dalaman	26
6.3.3 Euroflora – Çiçek ve Dekorasyon Merkezi – İstanbul	26
6.3.4 Çiftlik Evi – Eskişehir	27

6.3.5 Bodrum Villa – Muğla	27
6.3.6 Autoliv Cankor – Gebze	27
6.4 Diğer Enerji Kaynaklarına Göre Rekabet Gücü	28
6.5 Isı Pompası Araştırma ve Uygulama Akım Şeması	28
7. YEŞİL BİNA SERTİFİKALARI	29
7.1 LEED Sertifikası	29
7.2 BREEAM Sertifikası	31
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	32
KAYNAKLAR	33
ÖZ GEÇMİŞ	35

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Isı Pompası Çevrim Şeması	2
Şekil 1.2 Yer Altı Suyu Kullanımı	4
Şekil 1.3 Göl, Deniz, vb Kullanımı	4
Şekil 1.4 Dikey Sondaj Kullanımı	4
Şekil 1.5 Yatay Borulama	4
Şekil 3.1 Açık sistem - evsel yer kaynaklı ısı değiştiricisi uygulaması	8
Şekil 3.2 Serme boru uygulamaları	9
Şekil 3.3 Dikey sondaj uygulamaları	10
Şekil 4.1 Nötr Bölge	13
Şekil 4.2 Hidrojeoloji, akifer diyagramı	16
Şekil 5.1 İlk Ticari Bina Uygulaması	20
Şekil 5.2 Commonwealth Binası	20
Şekil 6.1 Metro Meydan M1 AVM	25
Şekil 6.2 Metro Meydan Dikey Sondajlar	25
Şekil 6.3 Metro Meydan İletim Hatları	25
Şekil 7.1 ESER İnşaat LEED Platin Sertifikası	30
Şekil 7.2 Gordion AVM – Ankara BREEAM Sertifikası	34

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 1.1 İdeal Isı Pompası Çevriminin T-s diyagramı	2
Çizelge 1.2 İdeal Isı Pompası Çevriminin P-h diyagramı	2
Çizelge 4.1 Isı Çekim Oranı	18
Çizelge 5.1 2005/2020 Yer Kaynaklı Isı Pompası Kullanımı	21
Çizelge 6.1 Yıllar itibariyle Türkiye Ham Petrol Arzı	23
Çizelge 6.2 Yıllar İtibariyle Türkiye Doğal Gaz Arzı	23
Çizelge 6.3 1990-2030 Dönemi Dünya Enerji Tüketimi	24
Çizelge 6.4 Uzunluklarına göre Avrupa'daki Dikey Sondaj Sıralamaları	26
Çizelge 6.5 Farklı Enerji Kaynakları İşletme/Enerji Maliyet Karşılaştırmaları	28
Çizelge 7.1 LEED Yeni Bina Puanlandırması	29
Çizelge 7.2 Türkiye'deki LEED Sertifikalı Yapılar	30

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BREEAM	BRE Çevresel Değerlendirme Yöntemi
°C	Derece
CO ₂	Karbon Dioksit
COP	Verim Katsayısı
GYKIP	Güneş Yer Kaynaklı Isı Pompası
kW	Kilowatt
kWt	Kilowatt ton
I _{BHE}	1 adet boru uzunluğu
LEED	Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik
m ²	Metre Kare
n _{BHE}	Sondaj çukuru sayısı
ODTU	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
P _{yer}	W cinsinden istenen ısı miktarı
P _{BHE}	Özgül ısı çekimi, W/m
ROP	Penetrasyon Oranı
SPF	Sezonsal Performans Faktörü
\$	Dolar
USGBC	ABD Yeşil Bina Konseyi
W	Watt
W/m	Watt metre
W/m/K	Watt metre Kelvin
YAS	Yer Altı Su Seviyesi
YETAM	Yeni ve Temiz Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi
YKIP	Yer Kaynaklı Isı Pompası

GİRİŞ

Günümüzde enerji ihtiyacı fosil yakıt ağırlıklı tükenbilir kaynaklardan karşılanmaktadır. Bu durum ise enerji kaynaklarını çeşitlendirmek gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu problemin farkında olan gelişmiş ülkeler şimdiden bu problemin çözümü için devlet desteği çerçevesinde doğal kaynaklara mümkün olduğunca az zarar veren ve tükenmeyen enerji alternatiflerinin geliştirilmesi ve uygulamasına yönelmişlerdir. Bu yapılanma gelişmiş ülkelerde özendirilmekte ve devlet tarafından desteklenmektedir. Günümüzde tükenbilir enerji kaynaklarının (kömür, doğal gaz, petrol vb.) yüksek maliyetlerinden dolayı alternatif enerji kaynaklarına yönelmemiz gerektiği de bir diğer gerçektir.

Yurt dışında yıllardır bilinçli bir şekilde uygulanan toprak kaynaklı enerji sistemleri ısı pompası kullanılarak yapılmaktadır. Düşük ısıdan yararlanılabilinen bu sistemlerde toprağın ısı, toprak içine yerleştirilen ve antifrizli su dolaştırılan borular aracılığı ile sağlanmaktadır.

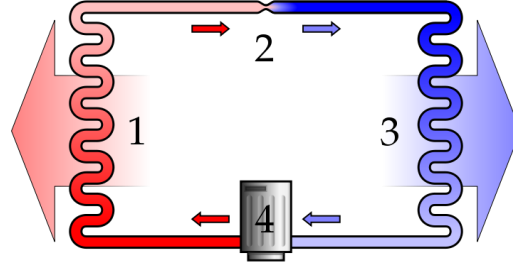
Toprak ısısının yıl boyunca çok fazla değişmemesi, ısı pompası için dengeli bir çalışma ortamı sağlamaktadır. Soğuk kış aylarında toprağın ısısını alarak ısıtmada kullanan bu sistem, sıcak yaz günlerinde de ortam ısısını toprağa vererek soğutma ihtiyacına cevap vermektedir. Toprak ısısının sabit olması, ısı pompasına sabit bir çalışma ortamı sağlanmaktadır (Hepbaşlı,1999).

1. ISI POMPASI

Isı pompası, basit olarak ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama taşıyan ve elektrikle beslenen bir sistemdir. Isı pompası da adını, ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama "pompalama" veya "taşıma" kabiliyetinden almaktadır. Gerekli şartlar sağlandığında yüksek miktarlarda enerji düşük maliyetlerle kullanıma sunulabilir [1].

Isıtma pompaları genel anlamda ısıyı üretmek yerine taşımayı amaçlar ve ısının alınacağı bir ısı çukuruna ihtiyaçları bulunmaktadır. Ülkemizde kullanılan ısı pompalarının hemen hemen hepsi ısı çukuru olarak havayı kullanmaktadırlar. Günümüzde havayı ısı çukuru olarak kullanan ısı pompaları Split klima olarak adlandırılmaktadır. Hava kaynaklı cihazların verimleri, dış hava sıcaklıklarının değişimlerinde, farklı değerler alırlar. Verim değerlerinin gün içinde dahi sabit kalmaması sebebiyle, işletme maliyetlerinde beklenmeyen artışlar meydana gelmektedir [1]. Bu verim değişimlerini önleyen sıcaklığı sabit kabul edebilecek ısı çukurları da mevcuttur. Bu amaçla kullanılan sıcaklığı sabit kabul edebilen ısı çukurları toprak ve sudur.

Toprak - Su kaynaklı ısı pompası teknolojisi yeryüzünün belirli bir derinliğinde sıcaklığın yıl içinde nispeten sabit kalması gerçeğine dayanmaktadır. Bahsedilen derinlikte toprak tabakası kışın yeryüzünün altında veya yeraltı sularında depolanmış ısıyı binaya, yazın bina içindeki ısıyı yeraltına taşıyarak doğanın bize verdiği bu avantajı kullanılır. Kısaca yer altı; kışın bir ısı kaynağı, yazın ise bir ısı çukuru olarak davranmaktadır.



Şekil 1.1: Isı Pompası Çevrim Şeması [1]

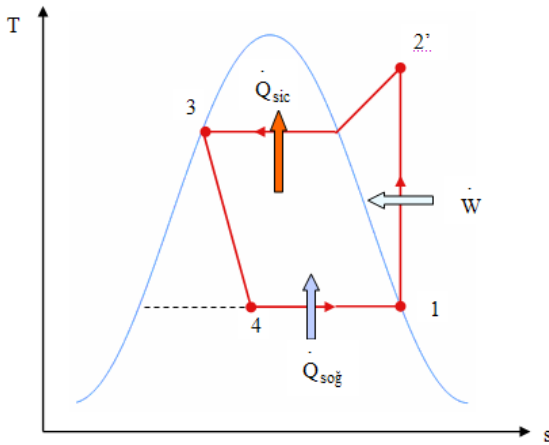
Isı pompası çevrim şeması Şekil 1.1 deki gibi olup elemanları aşağıdaki gibidir:

- | | |
|--------------------------------|---------------------|
| 1. Yoğuşturucu (Kondansör) | 2. Genişleme vanası |
| 3. Buharlaştırıcı (Evaporatör) | 4. Kompresör |

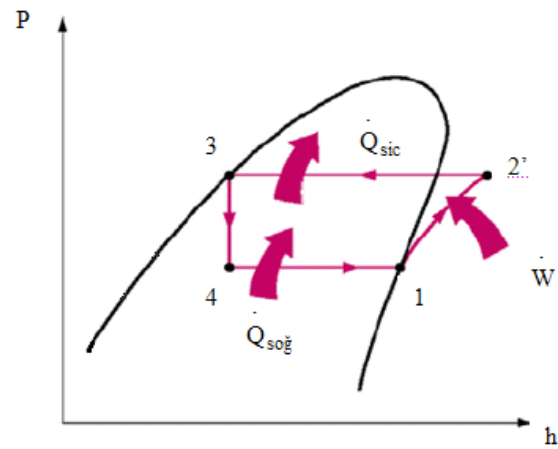
1.1. Isı Pompası Termodinamiği

Isı pompasını, basitçe ısı makinesinin tersi bir çevrim olarak göz önüne alabiliriz. Isı makinesi, yüksek sıcaklıktaki ortamdan ısı çekerek, düşük sıcaklıktaki ortama aktaran ve bu işlemi yaparken dışarıya işveren makinedir. Isı pompası ise, dışarıdan enerji verilmesi ile düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından aldığı ısıyı yüksek sıcaklıktaki ortama veren makinedir [1].

Basit bir ısı pompasının ana elemanları kompresör, genişleme vanası (expansion valve) ile buharlaştırıcı (evaporator) ve yoğuşturucu (condenser) olarak adlandırılan iki adet ısı değişiricisidir [1].



Çizelge 1.1:
İdeal Isı Pompası Çevriminin
T-s diyagramı [1]



Çizelge 1.2:
İdeal Isı Pompası Çevriminin
P-h diyagramı [1]

Çizelge 1.1 ve 1.2'de gösterilen T – s ve P – h diyagramlarından da görüleceği gibi çevrimi oluşturan hal değişimleri şöyledir [1]:

- 1 – 2' : Kompresörde izentropik (tersinir – adyabatik) sıkıştırma
- 2' – 3 : Yoğuşturucuda çevreye sabit basınçta ısı geçişi
- 3 – 4 : Genişleme vanasında sabit entalpide genişleme
- 4 – 1 : Buharlaştırıcıda akışkana sabit basınçta ısı geçişi

→ Buharlaştırıcıdan çıkan doymuş buhar kompresörde izentropik olarak daha yüksek bir basınç ve sıcaklığa sıkıştırılarak kızgın buhar haline getirilir (1 – 2' durumu).

→ Daha sonra yoğuşturucuya giren kızgın buhar, kullanılabilir ısını dışarıya vererek sabit basınçta yoğuşur (2' – 3 durumu).

→ Doymuş sıvı haldeki yüksek basınçlı akışkanın basıncı ve sıcaklığı genişleme vanasında buharlaştırıcı şartlarına getirilir (3 – 4 durumu).

→ Buharlaştırıcıya giren akışkanın sıcaklığı ısı kaynağının sıcaklığından düşük olduğundan, ısı kaynağından akışkana sabit basınçta ısı geçişi olur ve akışkan buharlaşır (4 – 1 durumu).

→ Buradan sonra çevrim yeniden başlar ve bu şekilde devam eder.

1.2. Isı Pompaları Kaynak ve Çeşitleri

Isı kaynağını seçerken Coğrafi konum, iklim şartları, ilk maliyet ve sistemin uygunluğu faktörleri göz önüne alınır.

Isı pompalarında başlıca dört kaynaktan yararlanır. Bunlar, hava, su, toprak ve güneş enerjisidir. Bunlardan ilk üçü tek başlarına kullanılabilir. Beraber, güneş enerjisi genellikle yardımcı kaynak olarak kullanılmaktadır (Yerlibucak, 2007).

1.2.1. Hava Kaynağı

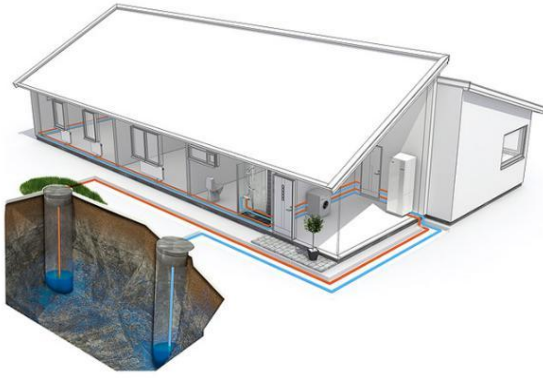
Hava burada dış hava anlamında kullanılmaktadır. Isı kaynağı boyutlandırılması, cihazın yapı ve büyüklüğüne bağlıdır. Burada gerekli olan hava miktarı cihazın üzerinde bulunan bir fan ile hava kanalları üzerinden buharlaştırıcıya gönderilir ve soğutulur (Yerlibucak, 2007).

Hava kaynaklı ısı pompalarının iki büyük dezavantajı sıcaklık değişimi ve buzlanma problemidir. Hava kaynaklı ısı pompalarının tasarımı hava sıcaklığı değişimi ile çok ilgilidir. Birçok yerde hava sıcaklığının değişimi büyüktür. Örneğin İstanbul mevsimsel olarak 2°C ila 34°C sıcaklıkları arasında değişiklik gösterir.

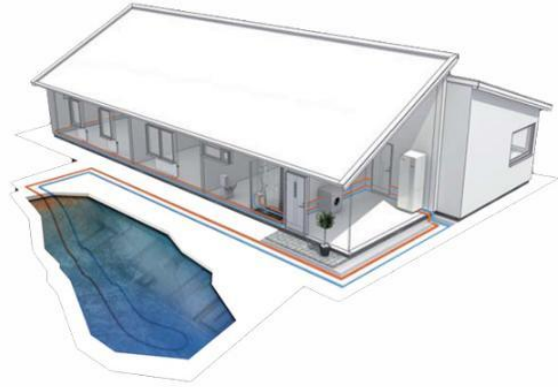
1.2.2. Su Kaynağı

Yeraltı suyu güneş ısıyı depolamak için uygun bir ortamdır. Soğuk kış günlerinde dahi +7 ile +12 °C arasında sabit bir sıcaklıkta olması oldukça avantajlıdır. Isı kaynağının sıcaklık seviyesinin sabit kalması nedeniyle ısı pompasının performans katsayısı bütün yıl boyunca yüksektir (Yerlibucak, 2007).

Su kaynağı olarak göller, nehirler gibi yerüstü sularından yararlanıldığında ise, sıcaklık kuyu sularına göre daha fazla değişmekle beraber, hava kadar değişmemektedir. Ülkemizde yerüstü sularının genellikle 0 °C'nin altına düşmemesi de ayrıca bir avantajdır.



Şekil 1.2: Yer Altı Suyu Kullanımı [2]

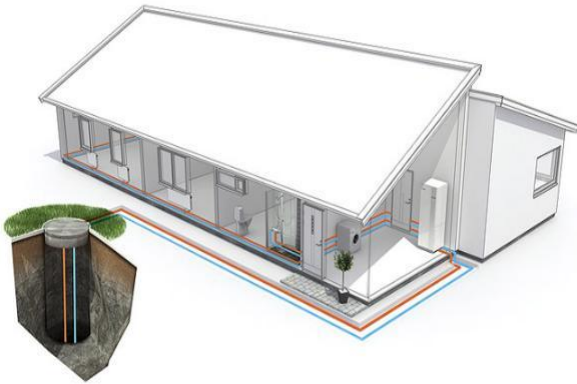


Şekil 1.3: Göl, Deniz, vb Kullanımı [2]

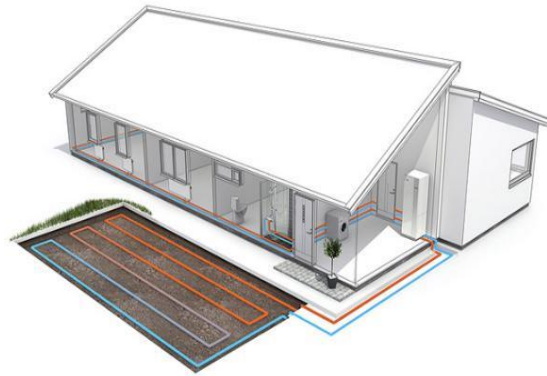
1.2.3. Toprak Kaynağı

Güneş ısıyı toprak altında uzun bir süre depolanabilir. Bu sayede bütün yıl boyunca hemen hemen sabit bir sıcaklık seviyesi ve ısı pompası işletmesi için yüksek performans katsayısı (verim) elde edilmektedir (Yerlibucak, 2007).

Toprak altında depolanmış olan enerji, genellikle donma sıcaklığı yaklaşık -15 °C olması gereken bir antifriz-su karışımı ile taşınır.



Şekil 1.4: Dikey Sondaj Kullanımı [2]



Şekil 1.5: Yatay Borulama [2]

Toprağın bileşimi, yoğunluğu, içerdiği nem miktarı ve gömme derinliği, toprak ısı değiştirici seçimini ve boyutlandırılmasını etkiler. Toprak özelliklerinin zamana bağlı olarak değişmesi projelendirmede güçlük yaratan sebeplerden birisidir.

Aynı şekilde ısı pompası çalıştırıldığı andan itibaren toprağın özelliklerini değiştirir. Örneğin; ısı pompası ile ısıtma yapıldığı takdirde, toprak ısı değiştiricisine yakın yerlerde toprak sıcaklığı düşer. Dolayısıyla bu bölgede nem miktarı ve toprak özellikleri değişir. Geri dönüş suyu sıcaklığı da aynı sebeple düşer ve bu da, ısı pompasının gerek kapasitesini gerekse ısıtma tesir katsayısını doğrudan etkiler (Yerlibucak, 2007).

Soğuk yörelerde, ısıtma yapıldığı süre içinde toprağa yeteri kadar ısı girişi olmazsa; kış aylarında topraktan sürekli çekilen ısı nedeniyle, toprağın donması tehlikesi de mevcuttur.

2. ISI POMPASI GELİŞİMİ VE SON DURUMU

2.1. Isı Pompalarının Tarihsel Gelişimi

Soğutma makinesi ile aynı termodinamik çevrime göre çalışan ısı pompasının ilk prensibi, 1824 yılında Carnot tarafından tanıtılmıştır. Uygulamaya geçirilmesi, 1850'de Lord Kelvin'in soğutma cihazlarının ısıtma amacıyla kullanılmasını önermesi ile gerçekleştirilmiştir (Ünlü, 2005).

Lord Kelvin'in havayı iş gören akışkan olarak kullandığı bu sistemde dış ortam havası bir silindire çekilir ve burada genişletilerek hem sıcaklığın hem de basıncın düşürülmesi sağlanır. Daha sonra hava, dış ortama yerleştirilen bir ısı değiştiricisine gönderilerek genleştirilir, soğuyan havanın dış ortamdan ısı çekmesi sağlanır. Isınan hava tekrar normal atmosferik hava basıncına sıkıştırılarak odaya verilir. Ancak sıkıştırıldığı için sıcaklığı normal atmosfer sıcaklığından daha yüksektir. Lord Kelvin "ısı yükselticisi" adını verdiği cihazın doğrudan yanmaya verilen enerjinin %3'ü ile ısı ürettiğini belirtmiştir. Daha sonra pek çok bilim insanı ve mühendis, yaklaşık 80 yıl gibi bir süre içinde yaptıkları araştırmalar sonunda, ısı pompası konfor ısıtmasında uygulanabilir hale gelmiştir (Ünlü, 2005).

2.2. Yer Kaynaklı Isı Pompalarının Tarihsel Gelişimi

Yer kaynaklı ısı pompaları, ısı pompalarının bir alt dalıdır. Tek farkı, kaynak olarak havanın değil toprağın kullanılmasıdır. Üstelik bu teknoloji çok yeni bir teknoloji değildir. 1912 yılında Yer Kaynaklı Isı Pompalarının (YKIP) faydaları ilk olarak tanıtılmıştır. Daha sonra, termodinamik açıdan yararı ısı kaynağı olarak toprağa gömülen metal serpantinler içinde su antifriz (salamura) dolaştırılarak, 1940'lı yıllarda çarpıcı bir şekilde gösterilmiştir. Toprağın altına gömülen serpantinlerin korozyon sorunları, bu sistemin kullanışsız kabul edilerek geliştirilmemesinin sebebi olmuştur (Ünlü, 2005).

Isı pompasının veriminden vazgeçmek istemeyen araştırmacılar hava kaynaklı ısı pompalarına yönelmişlerdir. Fakat hava kaynaklı ısı pompalarının verimlerinin toprak kaynaklılardan daha düşük olması sebebiyle toprak kaynaklı ısı pompaları hakkındaki çalışmalar hiç durdurulmamıştır. Daha sonraları, plastik borular kullanılarak, korozyon sorunlarının üstesinden gelinmiş ve YKIP üzerine araştırmalara hız verilmiştir.

ABD’de, YKIP teknolojisine olan ilgi, 1940 -1950 yıllarında su yüzüne çıkmıştır. O zamanlar, araştırmalar uygun olmayan boru malzemeleriyle sınırlı bir şekilde yapılabiliyordu. Ayrıca nispeten ucuz olan doğal gaz nedeniyle ısı pompasının geliştirilmesine olan ihtiyaç çok fazla değildi. Araştırmalar dolayısıyla teknoloji, 1973 petrol ambargosu süresince, Avrupa’da tekrar ivmelendi ve birkaç yıl sonra, Oklahoma State University’ de bir araştırma programının başlatılmasına sebep olmuştur (Ünlü, 2005).

Bu gelişmeye paralel olarak, ABD, 1990 yılında, tahminen 100.000 YKIP konut ve ticari uygulamalarda kullanıldı (Ünlü, 2005).

Bunun yanı sıra, ABD bazı elektrik şirketleri; ev sakinlerinin, hacim ısıtma/soğutma amaçları için YKIP kullanımını artırmak ve böylece, elektrik sistemlerindeki pik yükleri düşürmek amacıyla, parasal teşvik programları yürütmektedir. "Jeotermal Isı Pompası Konsorsiyumu" (The Geothermal Heat Pump Consortium) tarafından, YKIP satışını yıllık olarak 40.000' den 400.000'e çıkarmak ve böylelikle, sera gazı emisyonlarını yılda 1.5 milyon ton karbon eşdeğeri azaltmak için, 100 milyon \$ tutarında altı yıllık programlar oluşturmuştur (Ünlü, 2005).

2.3. Yer Kaynaklı Isı Pompaları Araştırmaları

Ünlü, 2005’deki Hava ve toprak kaynaklı ısı pompalarına etki eden parametrelerin incelenmesi ile ilgili doktora tezinde, YKIP Sistemleriyle ilgili olarak birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar kronolojik olarak alınmıştır. (Ünlü,2005)

Kersten (1949) yapmış olduğu çalışmada, toprak ısı iletim katsayısını belirlemek üzere, toprak kuru yoğunluğu ve nem miktarı değerlerine bağılı olarak deneysel denklemleri açıklamıştır.

Ingersoll (1954), toprak altına ısı çekmek veya atmak üzere yerleştirilmiş borulardaki ısı geçişini incelemek için Kelvin Çizgisel Kaynak Teorisinin kullanılabileceğini göstermişlerdir. Shelton (1975) Yeraltındaki bir ısı deposu ve depo etrafında bulunan topraktaki ısı aktarımını incelemiştir.

Kunze ve Forsgren (1978), Jeotermal kaynakları sıcaklığa göre sınıflandırdığı çalışmasında 50°C’ nin altındaki kaynakların jeotermal ısı pompası uygulamaları için 50-80°C arası sıcaklıkların direkt kullanım için 130°C’ nin üstündeki kaynakların ise elektrik üretimi için uygun olduğunu belirtmektedir.

Washington’da (1982) 14864 m² alana sahip Daniel Boone Lisesi; kışın ısıtma, yazın soğutma yapabilen bir YKIP sistemi ile teçhiz edilmiştir.

Franck ve Berntsonn (1985) 10-40m derinliğe kadar düşey borular kullanarak, toprakta mevsimsel depolama ile güneş destekli ısı pompaları alanında İsveç'te yürütülen büyük bir araştırma programı doğrultusunda iki deneysel tesisten elde edilen bazı ana sonuçları sunmuştur.

Kavanaugh ve Pazent (1990) ısı kaynağı ve ısı kuyusu olarak nehir suyunun kullanıldığı su/hava ısı pompalarının işletilmesini inceledi. Ayrıca ısı pompasının seçimi, pompalama sistemleri, boru hattı yerleşimi ve nehir boyut/derinlik karakteristikleri ile ilgili önerilerde bulundu.

Rafferty (1992) yeraltı suyu sıcaklığı 22°C olan 360ton (11266 kW)' luk ve yeraltı suyu sıcaklığı 13°C olan 156 ton (549 kW)' luk iki farklı yeraltı su kaynaklı ısı pompası sisteminden elde edilen deneyimleri açıkladı.

Dvorov ve Ledentsova (1994) Rusya için jeotermal ısı kullanımının ekonomik ve teknik yönünü incelediği çalışmada, 80°C ve üzeri sıcaklıklardaki kaynakları kullanarak doğrudan ısıtma yapmak yerine düşük sıcaklıktaki kaynaklardan ısı pompası ile yararlanmanın daha ekonomik olduğunu ortaya koymuştur.

Den Braven (1998) YKIP toprak ısı değiştiricisinde kullanılan antifrizlerin kullanılabilirliğini inceleyerek liste halinde verdi. ABD eyaletlerin hemen yarısında YKIP için antifriz malzemeleri içine alan herhangi bir kural veya öneri olmadığını belirtmiştir.

Phetteplace ve Sullivan (1998) toprak ısı değiştiricisi ve soğutma kulesinin ikisinin kullanıldığı (böylece gerekli olan toprak ısı değiştiricisinin miktarının azaltıldığı) hibrit bir ısı pompasının performansını incelemiştir.

Yurt dışında yürütülen çalışmalara paralel olarak ülkemizde de bazı çalışmalar yapılmaktadır.

Koyun ve Diz (2000) yapmış olduğu YKIP çalışmada, sıcaklığın zamana ve derinliğe bağlı olarak değişimini incelemişlerdir. Toprağın fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişik derinliklerdeki toprak sıcaklığının yıl içinde aldığı değerler matematiksel ifadeler vasıtasıyla elde edilmiştir.

Işık (2000) yapmış oldukları çalışmada; su-su ve hava-su kaynaklı ısı pompalarının eş zamanlı olarak ısıtma ve soğutma şartlarında alışmasındaki performansları deneysel olarak araştırılmışlardır.

Özgener ve Hepbaşı (2005), kurmuş oldukları bir GYKIP sistemi ile yaptıkları deneysel çalışmada, izmir Ege Üniversitesi bünyesinde bir sera evinin ısıtılmasını gerçekleştirerek, sistemin performans karakteristiklerini incelemişlerdir. Yaptıkları diğer bir çalışmada ise aynı sistemin ekserji ekonomikliğini analiz etmişlerdir.

Ceylan (2007) tarafından, kereste kurutma amacıyla kurulmuş olan bir ısı pompası sisteminin enerji ve ekserji analizi yapılarak, bu sistemdeki enerji kullanımı ve kurutma işlemi esnasındaki ekserji kayıpları belirlenmiştir.

Özgener ve Hepbaşlı (2007) tarafından yapılan çalışmada, sera ısıtma için kullanılan güneş ve toprak kaynaklı (toprak tarafından dikey U-borulu ısı değiştiricisinin kullanıldığı) bir ısı pompası sisteminin enerji ve ekserji analizi yapılmıştır.

Dikici ve Akbulut (2008), güneş enerjisiyle çalışan bir ısı pompası sistemini, deneysel olarak inceleyerek, sistemin enerji ve ekserji analizi yapmıştır.

3. YER KAYNAKLI ISI POMPASI

3.1 Yer Kaynaklı Isı Pompası Sistemleri

YKIP, toprağın veya yer altı suyunun enerjisinden yararlanmak için iki yöntem kullanılmaktadır.

- 1) Açık Sistemler
- 2) Kapalı Sistemler

3.1.1 Açık Sistemler

Açık sistem, ısı kaynağı olarak sıradan bir kuyu, göl veya akarsu, deniz ve fabrikalarda atık suyunu kullanabilir. Kaynaktan alınan su ısı pompası ünitesinin içine, ısı alarak çevreye ve doğaya zarar vermeyecek şekilde geri pompalanmak üzere çekilmektedir (Yerlibucak, 2007).

Su kaynaklarına yakın ve suyun korozif özelliğinin fazla olmadığı durumlarda rahatlıkla kullanılmaktadırlar. Sudan doğrudan yararlanıldığı için verimleri kapalı sistemlere göre daha yüksektir.



Şekil 3.1 Açık sistem - evsel yer kaynaklı ısı değiştiricisi uygulaması [3]

3.1.2 Kapalı Sistemler

Kapalı sistem ısı değiştirgeçleri, kapalı devre ve toprağın altına gömülü olan polietilen borulardan oluşur. Kapalı sistem yer ısı değiştirgeci borusu, mahal içinde bulunan ısı pompasına bağlıdır. Kapalı sistem, ısı taşıyan sıvıyı, basınç altında bulunan boru içerisinde sürekli olacak şekilde dolaştırır, açık sistemdeki gibi kuyudaki suyu tüketmez (Yerlibucak, 2007).

Birçok kapalı sistem, binaya bitişik ve yatay olarak toprağın altına serilir. Bununla birlikte, eğer yeterli alan yok ise ısı değiştiricileri dikey olarak toprağın altına yerleştirilir.

Açık sistemde kaynak olarak kullanılan göl ve deniz suyunun içeriğinden dolayı açık olarak kullanılamayacağı durumda helezon yöntemiyle kapalı olarak kullanılabilir. Bu kaynakların kullanımında hangi yöntemin daha ekonomik ve uygun olduğu sistemi kuran teknik personelin karar vermesi gereken bir konudur.

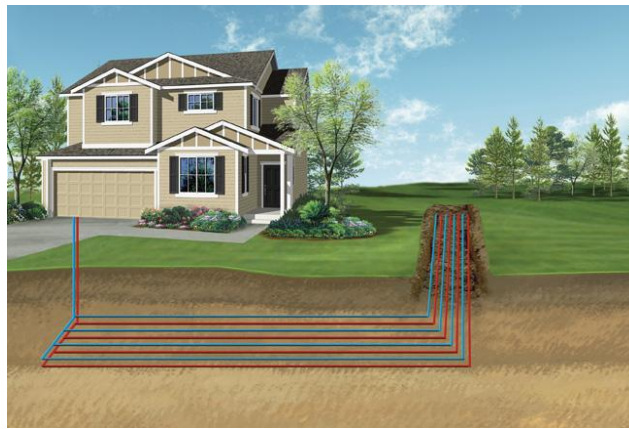
3.2 Boru Uygulamaları

3.2.1 Serme Uygulaması (Yatay Borulama)

Kepçe ya da kazı ile yapılan hafriyat sonucunda açılacak toprakta bir metreden daha derin bir yerleşimle, borular yatay olarak döşenir. Isıtma öncelikli sistemlerde tercih edilir. Bu uygulama diğer borulama tiplerine oranla daha fazla alan kaplar, bu nedenle arazinin uygun olduğu yerlerde uygulanır.

Yatayda geniş bir alan düşünöldüğünde; plastik borular toprak altında 1,2 – 1,5 m derinliğe ve seçilen boru çapına bağlı olarak yaklaşık 0,5 - 0,7 m mesafe ile birbirlerine paralel olarak döşenirler. Böylece her m² alan için yaklaşık 1,50 ile 2,00 m arasında boru döşenmektedir (Yerlibucak, 2007).

Boru hatlarının uzunlukları 100 m'yi geçmemeli, aksi takdirde oluşacak basınç kayıplarını karşılayabilmek için daha yüksek kapasiteli pompalar gerekmektedir.



Şekil 3.2 Serme boru uygulamaları [4]

3.2.2 Dikey Sondaj Uygulaması

Sondaj makinaları ile açılan kuyulara borular dikey olarak sarkıtılır. Arazinin yatay borulamaya müsait olmadığı yerlerde kullanılır. Soğutma öncelikli sistemlerde tercih edilir.

Toprak kaynaklı ısı pompaları, toprağa gömülü olan bir ısı değiştirici ve buna bağlı olan bir buharlı sıkıştırma çevriminden oluşur. Toprak devresinde akışkan olarak genelde su veya su-antifriz karışımı kullanılır. Bu akışkan, toprağa gömülü termoplastik borular vasıtası ile sıvı-soğutucu akışkan ısı değiştiricisi içinde dolaşır ve çektiği ısı enerjisini buharlaştırıcıda ısı pompasındaki soğutucu akışkana devreder. Toprak kaynaklı ısı pompalarının projelendirilmesinde, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri, toprak devresinin boyutlandırılmasında önemli kriterlerdir. Ancak, toprak özelliklerinin zamanla değişmesi hesaplamalarda göz önüne alınmalıdır (Yerlibucak, 2007).

Dikey tip ısı pompaları, iki adet küçük çaptaki yüksek yoğunluklu polietilen tüpün, yere dik olarak açılan bir kuyuya yerleştirilmesinden oluşur. Bu tüpler, kuyunun dibinde bir U parçası ile birleşir. Kuyunun derinliği ise sondaj koşullarına ve yapılan hesaplardan sonra elde edilen basınç düşümü ve ısı iletim değerlerine göre 15 - 200 m arasında değişir (Yerlibucak, 2007). Isı pompası sistemlerinde, ısı değiştirici boru uzunluğu aşağıdaki etkenlere bağlı olarak değişir:

- Sistemin ısıtma ve soğutma kapasitesi
- Toprak ısı direnci
- Sistemin verimi
- Boru ısı direnci
- Yıllık ortalama toprak sıcaklığı
- Isı değiştirici tipi
- Isıtma ve soğutma için sisteme giren su sıcaklığı



şekil 3.3 Dikey sondaj uygulamaları [4]

3.3 Yer Kaynaklı Isı Pompası Yararları ve Sakıncaları

YKIP; alışlagelmiş ısıtma ve soğutma yöntemlerine seçenek oluşturma, yerel hava kalitesine katkı sağlama, enerji temin sorunlarını çözmeye yardımcı olma, enerji giderlerini azaltma, tasarım esnekliği sağlama gibi bir dizi yararları vardır. Bunun yanı sıra; ilk yatırımının daha yüksek olması, performansının; toprak ısı değiştiricisine ve ekipmana bağlı olması gibi sakıncaları da vardır.

Yararlardan en önemlilerinden bir tanesi yüksek etkinlik ve kararlı kapasitedir. Uygun şekilde tasarlanan, çevrimlerdeki sıcaklıkların, ekipmanın doğru seçildiği sistemlerde verim artmaktadır. Basit kontrollerin de önemli olduğu bu tip sistemlerde karmaşık kontrol üniteleri, pahalı ve özel cihazların kullanılmasına gerek yoktur. Her durumda uygu konforu sağlamak için yerel olarak kontrol edilebilen ayrı bir ısı pompası vardır

Düşük bakım giderlerinin öne çıktığı YKIP sistemlerinde korozyon ve hava değişimi herhangi bir sorun teşkil etmemektedir. Tüm ısı pompası ekipmanı, iç ünite şeklindedir. Ekipman, alışlagelmiş ekipmanla ortaya çıkan yüksek veya düşük soğutucu akışkan basınçlarıyla asla karşı karşıya kalınmaz.

Isıtma modu, dönüşüm vanasıyla (termostatla) kolayca gerçekleştirilebilir. Isıtma etkinliği ve ekonomisi, alışlagelmiş ekipmandan üstündür. Çoğu ticari yapılarda (hatta soğuk iklimlerde) soğutma sistemiyle yutulan iç yüklerden ortaya çıkan atık ısı söz konusudur. Bu atık ısı, su ısıtma ihtiyaçlarını karşılamak için, YKIP kolayca pompalanabilir.

Bir başka yararı ise göze hoş görünmeyen dış ünite gerekliliğini ortadan kaldırmasıdır. Diğer kullanımlar için boş hacimler sağlanır ve alışlagelmiş dış üniteyle oluşabilecek emniyet sorunları ile olası zararlar ortadan kaldırılır.

Çevre dostu olan YKIP, "analiz edilen tüm teknolojilerin en düşük CO2 emisyonları ve en düşük toplam çevre giderleri" olarak tanıtılmaktadır. İyi tasarlanan ve kurulan YKIP etkinliğinin artması, gerekli olan enerji miktarını azaltır. Böylece, bundan kaynaklanan kirleticiler ve diğer emisyonlar azaltılır.

YKIP, çatı arası boşluğa veya küçük mekanik odalara konulabilir. Bu sayede tasarım esnekliği sağlanır ve kapasite artışı gibi bir istekle karşılaşılınca sisteme daha büyük ısı pompası montajı yapma imkanı sağlanır.

Yararlar konusunda en önemli konu ise sistemin sürdürülebilirliğinin bulunmasıdır. Kaynağın yenilebilir olması ve doğaya zarar verilmemesi durumunda sonsuz enerji kaynağı şeklinde yorumlanması mümkündür.

YKIP sistemlerinin sakıncaları ise ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması ve performansın ısı pompası elemanlarına bağlı olmasıdır. Konut kullanımında standart kullanılan merkezi sistem ısınma sistemlerinin ortalama iki katı daha fazla yatırım maliyetine sahiptir. Ticari binalarda ise yaklaşık %20 - %40 oranında daha yüksek bir maliyete sahiptir (Elbir, 2010).

4 YKIP SİSTEMLERİNDE JEOLJİ VE HİDROJEOLJİNİN ÖNEMİ

4.1 Isı Pompası Verimi

“COP”: elde edilen ısı enerjisinin, tüketilen enerji'ye oranı” olarak özetlenebilir.

Isıtma suyu sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki fark ne kadar küçük olursa, verim o kadar yüksek olmaktadır.

Bu sebeple ısı pompası uygulamalarına ısıtma sistemi olarak düşük sıcaklık sistemleri düşünülmelidir. Örneğin maksimum gidiş suyu sıcaklığı 38°C civarında olan yerden ısıtma sistemleri en çok tercih edilen ısıtma sistemleridir.

4.2 Toprak Özellikleri

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde en önemli parametre, topraktan çekilen ısıdır. Bu bağlamda toprak özellikleri temel etkindir. Toprak ısıl davranışını etkileyen en önemli üç özellik yoğunluk, nem oranı ve toprak taneciklerini oluşturan materyallerdir (Ünlü, 2005).

4.2.1 Yoğunluk

Toprağın yoğunluğu, bileşimine ve doğal konumdaki yerleşme veya yerleştirme şekline bağlıdır. Isı iletim katsayısını tahmin edebilmek için, kuru yoğunluk ve nem oranı belirlenmelidir (Ünlü, 2005).

4.2.2 Nem oranı

Belli bir yoğunluk için nem miktarının artışı, toprak ısıl direncinin düşmesine sebebiyet vermektedir. Çünkü sabit kuru yoğunlukta, nem oranı arttıkça, daha düşük ısı iletim katsayısına sahip olan hava, yerini suya bırakır (Ünlü, 2005).

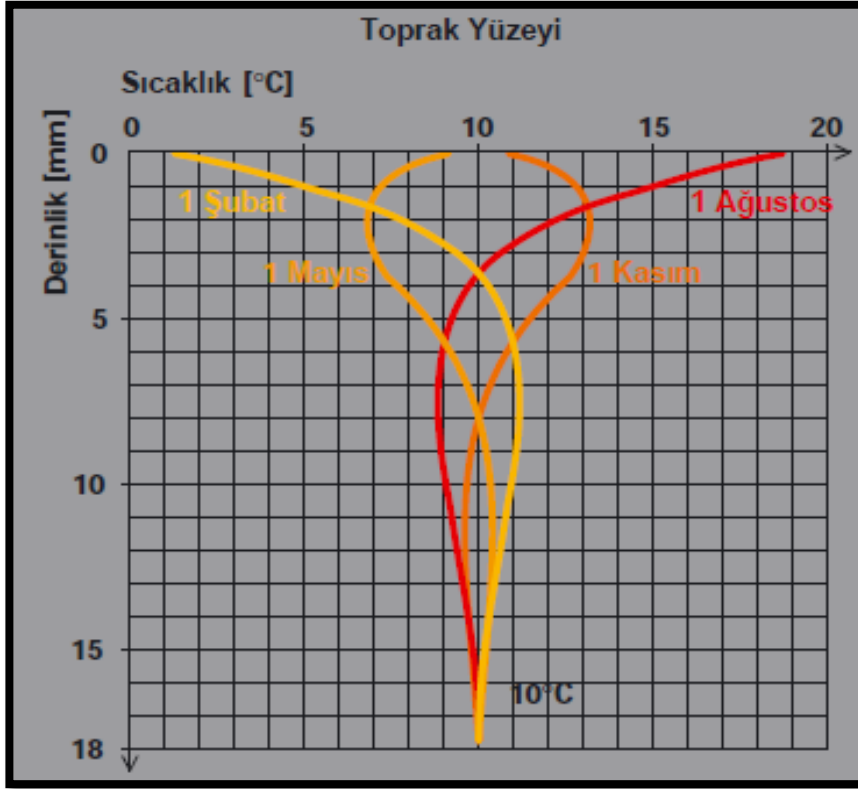
4.2.3 Tanecik materyalleri

Toprağın ısıl davranışını, katı taneciklerin ısıl iletkenlikleri önemli ölçüde etkiler.

Yüksek yoğunluğu ile kuartz tercih edilen bir materyaldir. Bu materyal nem tutucu özelliğe sahip olduğundan ve kil bağlantılı olarak bulunmasından ötürü; killi topraklar tercih edilen topraklar arasında ilk sırayı alırlar (Ünlü, 2005).

4.3 Derinlik / Sıcaklık Parametreleri

Sığ jeotermal sistemlerde, 10-20m arasındaki derinliklere “Nötr Bölge” ismi verilmektedir. Sıcaklık ise 2°C - 20°C arasındadır (Ünlü, 2005).



Şekil 4.1 Nötr Bölge (Ünlü, 2005).

4.4 YKIP Sistem Kavramları

Sığ sistemlerde kaynaklar aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

a) Derin Jeotermal Akıntı

Dünyanın çekirdeğinden gelen ve bitmeyen enerji şeklinde adlandırılan enerji çeşididir. Dünya ortalamasında her 100m derinliğe karşılık 3°C sıcaklık artışı olduğu gözlemlenmiştir.

b) Güneş Enerjisi

Güneş tarafından dünyaya gönderilen enerji çeşididir. Radyasyon hesabı yapılırken mutlaka hava katmanları gibi parametreler göz önünde bulundurulmalıdır.

Aynı zamanda bu hesaplamalar yüzeyin sadece ilk 10m derinliğine kadar bize bilgi sağlar, 10m üstündeki hesaplamalarda yıllık güneşlenme oranının bir önemi yoktur.

c) Yer Altı Suyu ve Seviyesi (YAS)

YAS, Yeraltında yüksek oranda enerji taşınımı yapabilecek kabiliyete sahiptir. YAS durumu verim hesaplamalarında önemli bir yere sahiptir.

d) Zeminin Termal Kapasitesi

Zeminin formasyonuna bağlı olarak termal kapasite değişkenlik göstermektedir. Özellikle dikey borulamaya sahip sistemlerde bu oran formasyona daha çok yüzey alanı ile penetrasyon sağladığı için daha yüksektir.

e) Rejenerasyon (Yenileme)

Isıtma veya soğutma için kullanılan malzemenin, kullanımdan sonra tekrar yer içerisine pompa edilerek YAS korumaya yönelik bir hareket olarak önemli bir yere sahiptir. Bu sayede jeotermal kaynak, doğal yollar ile tekrar tekrar enerji kazanıp seviyede herhangi bir değişim olmadan kullanılması sağlanmaktadır.

4.5 YKIP Sistem Parametreleri

Bu tip jeotermal sistemlerde zeminin ısı özelliğinin bulunmasında aşağıdaki parametreler devreye girmektedir.

- Zeminin Isıl İletimi
- Termal Kapasite
- Zemin sıcaklığı

Zemin formasyonunun, enerji depolaması ve daha sonra iletebilmesi birkaç özelliği bünyesinde barındırmasına bağlıdır;

- Mineroloji; yüksek kuvars içeriği / yüksek termal iletkenlik
- Yoğunluk; yüksek yoğunluk / yüksek termal iletkenlik
- Su içeriği; yüksek su oranı / yüksek termal iletkenlik

4.6 YKIP Sistem Jeolojisi

Sığ jeotermal sistemlerde jeoloji, bütün sistem tasarımının en önemli parametresini oluşturmaktadır. Tektonik oluşumlar, plakalar, faylar, çeşitli jeolojik formasyon, vb her tür birim, sistem tasarımında başvurduğumuz ajanlarımız konumundadır.

Delgi takımının çapı, uzunluğu, dağılımı dahi jeolojik koşullar ışığı altında değerlendirilir.

Bütün bunlara ek olarak sistemin uygulanacağı jeoloji, maliyet hesabında en öne çıkan ve projenin toplam maliyetini belirlerken en çok başvurulan birimdir.

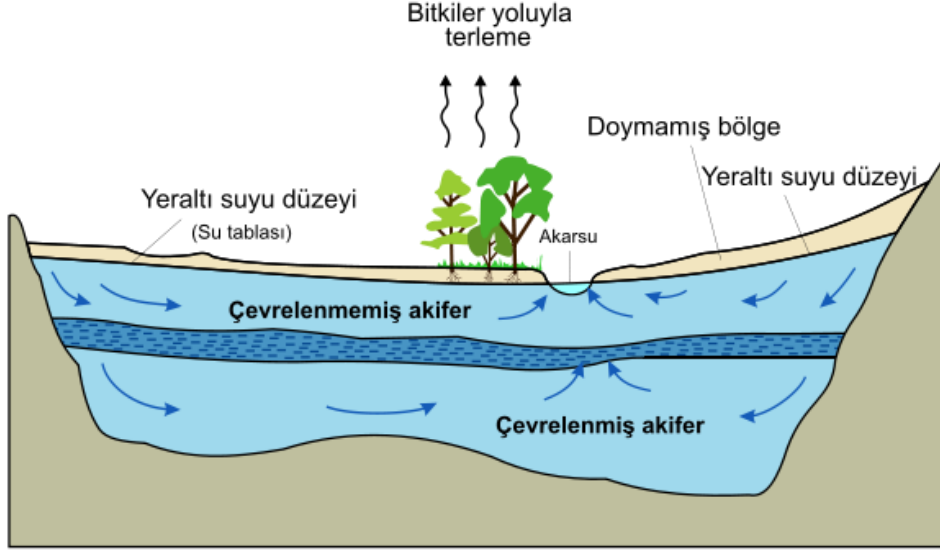
Sisteme maliyet etkisi şu şekillerde olmaktadır;

- ROP (Rate of Penetration); Penetrasyon Oranı, jeolojik yapının birçok özelliğine bağlıdır;
 - Çatlak-kırık Derecesi
 - Tekstür
 - Zayıflıklar
 - Özgül ağırlık ve Yoğunluk
 - Porozite
 - Geçirgenlik
 - Sertlik
 - Sıkışma dayanımı
 - Abrasivite
 - Elastikiyet
 - Plastik Özellikler
- Stabilite; projenin son maliyet hesabını etkileyen özelliklerden bir tanesi de açılan deliklerin kararlı bir şekilde, şeklini bozmadan sabit bir şekilde durabilmesidir. Stabilite 3 ana parametreye bağlıdır;
 - Delik Çapı
 - Yardımcı Kılıf Gereksinimi
 - Bentonit Kullanım Gereksinimi

4.7 YKIP Sistem Hidrojeolojisi

Yer altı suyu varlığı, yer kaynaklı ısı pompa sistemlerinde önemli bir etkiye sahip olup, aşağıdaki konularda yardımcı olur.

- Jeotermal sistemin tipini belirler ve yer kaynaklı ısı pompasının tasarımını etkiler. Topografya'ya bağlı olarak gelişen akiferler, projemizin açık veya kapalı bir sistem olacağını ve bu sayede de birbirinden komple farklı durumlarla karşılaşmayı sağlamaktadır.
- Su tablası seviyesi, zeminin termal iletim özelliklerini belirlememize yardımcı olur.
- Yeraltı su akışı, yüksek oranda enerji taşınmasına olanak verir ve termal iletkenliği artırır.
- Bu akış aynı zamanda mevsimsel termal enerji değişimlerini saptanmasına da yardımcı olur.
- Yer kaynaklı ısı pompa tasarımında, enerji iletim hatlarının güvenliğinden emin olunması gerekir. Yanlış hesap sonrası bağlantı noktalarında veya borulama sistemlerinde oluşabilecek bir sızıntı, yer altı suyunun kirlenmesine ve çevreye olumsuz yönde etkileşim olmasına sebebiyet vermektedir.



Şekil 4.2 Hidrojeoloji, akifer diyagramı [5]

4.8 YKIP Sistemlerinde Kılavuz Sondajı

Dikey kapalı sığ jeotermal sistemlerde, kılavuz sondaj yapmak, jeolojik formasyonların tespitinde en etkili yöntemdir. Kılavuz sondaj ile projenin uygulanacağı formasyon hakkında aşağıdaki bilgiler elde edilmektedir;

1. Litoloji logu
2. Çatlak derecesi
3. Hidrojeolojisi
 - Su tablasının durumu
 - Akiferler
 - Verimlilik, Özgül akış katsayısı
 - Hidrokimyası
 - Dolgu malzemesinin seçimi
4. Sondaj parametreleri
 - Formasyonun stabilitesi, boşlukları
 - Delinebilme yeteneği
 - Delgi çapı
 - Yardımcı kılıf ihtiyacı
 - Sondaj hızı
5. Harcamalar
6. Pompanın kurulumu ve borulama sistemi

4.9 Isı Aktarımı

Isı aktarımı, sıcaklıkları farklı iki veya daha fazla nesne arasında iletim, taşınım ya da ışınım yoluyla gerçekleşen enerji aktarımıdır.

- Taşınım ile Isı Aktarımı: temel olarak moleküllerin kitleler halinde hareketinden kaynaklanır. İki farklı sıcaklıktaki yüzey arasında hareket halindeki akışkan bu hareketi sırasında ısı taşınımını sağlar.
- İletimle Isı Aktarımı: durgun bir ortamda gerçekleşir, birbirleriyle temas halindeki moleküllerin kafes yapısındaki titreşimler sayesinde ısı bir sonraki moleküle taşınır.
- Işınım ile Isı Aktarımı: ısı aktarımı için bir ortama gerek duyulmaz, fotonlar (elektromanyetik radyasyon) yolu ile olan ısı transferidir. Birbirini gören yüzeyler arasında sıcaklık farkı olduğu sürece ışınım ile ısı aktarımı olduğunu söylemek mümkündür.

4.10 Boru ve Dolgu Malzemelerinin Isıl İletimi

- Plastik Boru Isıl İletkenliği

Sığ jeotermal sistemlerinde kullanılan boru tipi, genellikle polietilen malzemeden yapılmış olup, esnek ve dayanıklıdır. Boruyu oluşturan et kalınlıkları kalın olmasına rağmen, ısıl iletimleri oldukça yüksektir. Polietilen malzemeden yapılmış olan borular genellikle maksimum 20°C sıcaklıklara ulaşan durumlar için tasarlanmıştır. 30-40°C civarındaki durumlarda ise Polibütlen borular kullanılmaktadır (Ünlü, 2005).

- Dolgu Malzemesi Isıl İletkenliği

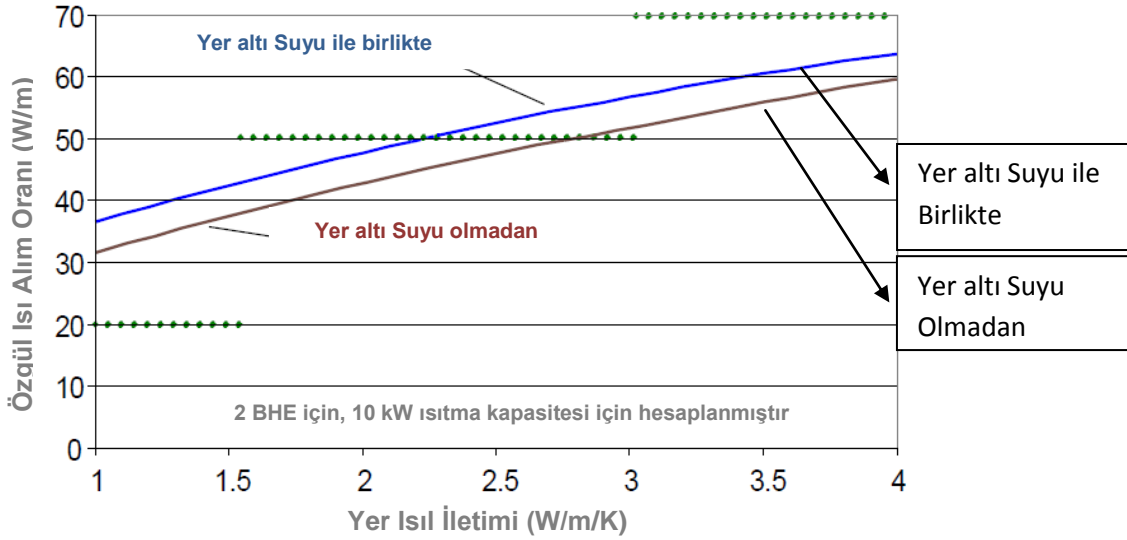
Sığ jeotermal sistemlerde, dikey borulama yapılıyorsa dolgu malzemesine ihtiyaç duyulabilir. Bu dolgu malzemesi yalnızca sondajın içeri çökmesini engellemekle kalmayıp aynı zamanda normal formasyonun iletebileceğinden daha yüksek oranda ısıl iletim yapabilme yetisine sahiptir. Bir başka avantajı ise borunun etrafında daha sağlam bir yapı oluşturduğundan olası yer altı suyundaki hareketler veya kumlu zeminin drene olmasından dolayı hareket edebilme durumlarında hareket etmemesi ve çevreye zarar verebilecek sızıntıları engellemektedir (Ünlü, 2005).

4.11 Örnek YKIP Sistemi

Küçük ölçekli sistem tasarımlarında, şahsi kullanım, hesaplamalar özgül ısı çekim oranına göre hesaplanır. Küçük ölçekli sistemlerde bazı limitler bulunmaktadır; (Yerlibucak, 2007)

- Sadece ısıtma yönünde çalışabilir (sıcak su dahil), soğutma yapılamaz
- Dikey boru 100m derinliği aşamaz.
- Borular arası mesafe 50m derinliğe kadar 5m, 50m daha fazlası için 6m olmalıdır.
- Çift U-Boru veya Eşeksizli Boru Kullanılmalı

Yapılan hesaplamalar sonucunda gereksiz derinliklere inilmemesi için Merkezi Avrupa adı altında bazı standart değerler kullanılmaktadır. Bu değerler YAS durumuna göre hesaplanmıştır.



Çizelge 4.1 Isı Çekim Oranı [6]

Kısa bir örnek vermek gerekirse;

- Bina Isı Yüğü: 12W
- Isı Dağılımı: Yer Isıtma
- İstenen Sıcaklık: max 35°C
- Beklenen SPF(mevsimsel performans faktörü):3,8
- Formasyon: Kumtaşı
- Yer Sıcaklığı: 9,5°C

Yer küreden elde edilen enerjinin hesaplanmasında, hedeflenen ısı eneşisi ve SPF değerleri kullanılmaktadır. (Yerlibucak, Ş.M., 2007)

$$P_{yer} = \frac{Ph}{SPF} \times (SPF - 1)$$

$$P_{yer} = \frac{12}{3,8} \times (3,8 - 1) = 3,16 \times 2,8 = 8,8$$

P_{yer} : W/KW cinsinden istenen ısı miktarı

Ph : Isı pompası kapasitesi

SPF: Sezonsal Performans Faktörü

(4.1)

Yukarıdaki denklemden çıkan sonuç olan 8,8 kW veya **8800 W**, bizim sistemimizin ulaşabileceği en yüksek değeri göstermektedir. Özgül Isı Çekimini hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır (Yerlibucak, 2007).

$$P_{yer} = n_{BHE} \times l_{BHE} \times P_{BHE}$$

$$l_{BHE} = \frac{P_{yer}}{n_{BHE} \times P_{BHE}} \quad (4.2)$$

P_{yer} : W cinsinden istenen ısı miktarı

P_{BHE} : özgül ısı çekimi, W/m

l_{BHE} : Ortalama 1 adet boru uzunluğu

n_{BHE} : Sondaj çukuru sayısı

Kumtaşı $k=2,3$ W/m/K olarak hesaplanmıştır (VDI 4640, Genel-Özel).

Metod (VDI 4640)	Ara	P_{BHE} (Özgül Isı Çekimi)
Genel Değerler	1,5 – 3,0 W/m/K	60 W/m
Kayaç Özellikleri	Kumtaşı	65 – 80 W/m

Şimdi boru uzunluğu hesabı yapılabilir. Bu hesaplama için aşağıdaki denklem yeterli olacaktır.

Genel Değerler:

$$l_{BHE} = \frac{8800}{2 \times 60} = 73,4 \text{ m} \quad (4.3)$$

Özel Kaya Durumu:

$$l_{BHE} = \frac{8800}{2 \times 65} = 67,7 \text{ m}$$

$$l_{BHE} = \frac{8800}{2 \times 80} = 55 \text{ m}$$

Metod	BHE Sayısı	BHE Uzunluğu	Toplam Uzunluk
VDI 4640, genel	2	73,4 m	147 m
VDI 4640, özel	2	55 – 68m	110 – 136m

Sonuç olarak, 2 adet BHE ile 55 – 73,4 arası proje için gerekli uzunluk olacaktır. Daha detaylı hesaplamalar için kılavuz delgi yaparak daha az zararda proje tamamlanabilir (Yerlibucak, 2007).

5 YKIP UYGULAMALARI

Yer kaynaklı ısı pompaları Avrupa ve ABD'de enerji tasarruf amaçlı olarak devlet ve çevre örgütlerince tavsiye edilen bir sistem niteliğindedir.

Genel kullanımda ve imalatçılarda bu 2 kıta arasında ciddi yaklaşım farkı mevcuttur; Avrupa'da ısıtma amaçlı, genelde doğal soğutma yapan, şık tasarımında, sudan suya ağırlıklı, daha yüksek maliyetli cihazlar, ABD'de ise soğutma amaçlı, ısıtma da yapan, sudan havaya ağırlıklı, yüksek adet nedeniyle daha ekonomik, görsel amaçlı olmayan cihazlar yapılmaktadır.

Türkiye'de ise yer kaynaklı ısı pompalarının kullanımı daha ziyade enerji tasarrufuna yöneliktir. Kullanım alış veriş merkezleri (ticari uygulamalar) ve villa uygulamaları şeklindedir (Ünlü, 2005).

5.1 Dünya'daki İlk Uygulamalar

İlk yer kaynaklı ısı pompasının patenti 1912 yılında İsveç'te alınmış ve 1950'lerde ABD kullanmıştır. Genelde yüksek verimli ve pahalı olması nedeniyle özel bir müşteri portföyü olan bu sistem, son 20 yılda sağladığı enerji tasarrufu nedeniyle, artan kullanım ve ucuzlayan fiyatlarıyla hızla artan birçok farklı bir kullanıma sahip olmuştur [7].

Commonwealth Binası (421 S.W. 6th Ave., 10th floor, Portland, OR 97205)

Equitable Building adı altında 1948 yılında inşa edilmiş olan bina, ilk ticari yüksek katlı ve yer kaynaklı ısı pompası kullanan yerleşim birimidir [7].



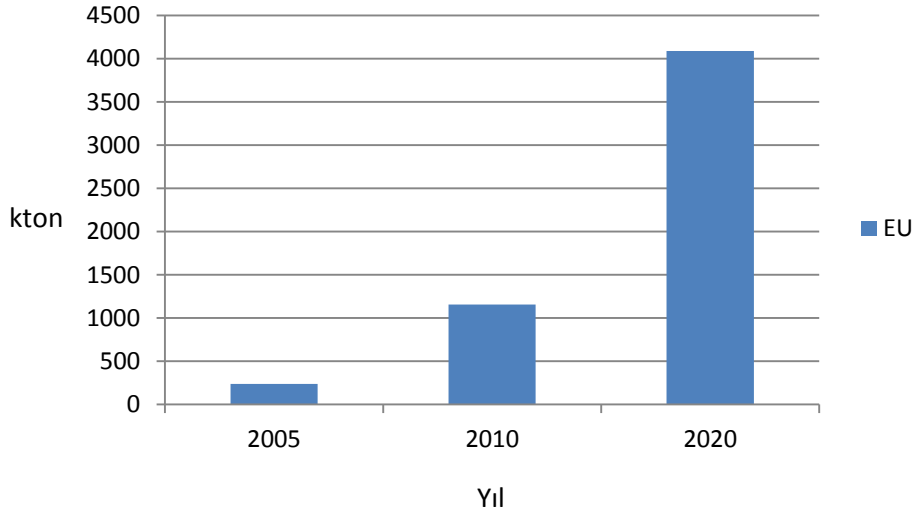
Şekil 5.1 İlk Ticari Bina Uygulaması [7]



Şekil 5.2 Commonwealth Binası [7]

5.2 Dünya'daki Gelişim

Avrupa ve ABD 1990 yıllarında kullanımı önemli ölçüde artış gösteren yer kaynaklı ısı pompa uygulamaları her geçen yıl artarak ilerlemektedir.



Çizelge 5.1 2005/2020 Yer Kaynaklı Isı Pompası Kullanımı (EGEC, 2011)

5.3 Türkiye'deki İlk Uygulamalar

Ülkemizde YKIP sistemleri yaklaşık 10 yıldır evlerde kullanılmaktadır. İlk deneysel uygulama Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Ankara' da 1986 yılında gerçekleştirilmiştir [3].

İlk evsel ısı pompası sistemi uygulaması 276 m² taban alanı olan bir villada 1998 yılında İstanbul' da uygulanmıştır. Bu evsel uygulama 15,6 kW kapasiteli, kompresörlü, sadece ısıtma yapan ve kaynak olarak 160 m dikey ısı değiştiricisi kullanan bir ısı pompası kullanılmıştır [3].

Piyanın bu konuyu bu kadar zor kabul etmesindeki önemli nedenlerden birisi ilk yapılan uygulamalarda yapılan ciddi proje hatalarıdır. Proje hataları sonucunda sistem tasarruflu bir şekilde çalışmamış bu yüzden piyasa tarafından bir süre sistem şüpheyile karşılanmıştır.

Son 5 yıldır uygulama sayısı hızlı bir şekilde artmaktadır. Gün geçtikçe ticari uygulama sayıları da artış göstermektedir.

5.4 Uygulamaya Yönelik Teşvikler

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından olan Yer Kaynaklı Isı Pompa Uygulamalarına ülkemizde herhangi bir teşvik bulunmazken Avrupa ve Amerika Birleşik Devletlerinde bir çok imkan ve kolaylıkların sağlandığı teşvikler vardır.

5.4.1 Amerika Birleşik Devletleri

Amerika Birleşik Devletlerinde, uzun süredir kullanılan teşvik paketleri 2009 yılı itibarıyla uzatılıp bazı maddeler eklenmiş, bu sayede farklı tipte yenilenebilir enerji kaynağı kullanımında daha fazla teşvik oranlarından yararlanılır [8].

Açık Yeraltı Suyu Kullanılan sistemlerde; [8]

- * Üretim Tonu başına +100\$
- * 7 ton üstü üretimde her ton için +50\$
- * Hava sirkülasyon pompasında filtre kullanımına +200\$
- * Montajı yapılan sistemin toplam bedelinden bağımsız, %30 Vergi İndirimi

Yatay Kapalı sistemlerde;

- * Üretim Tonu başına +200\$
- * 7 ton üstü üretimde her ton için +50\$
- * Hava sirkülasyon pompasında filtre kullanımına +200\$
- * Montajı yapılan sistemin toplam bedelinden bağımsız, %30 Vergi İndirimi

Diğer Özellikler;

- * Senede birkaç kez kullanılabilir
- * 2009 ve üstü yıl için sınırsız kredi
- * Solar ve Rüzgar enerji uygulamaları teşvikleri ile birleştirilebilir
- * Kullanılacak yer mutlaka ABD sınırları içerisinde olmalıdır.
- * Isı Pompası, kesinlikle Energy Star gerekliliklerine sahip olmalıdır.
- * Sistem 1/1/2008 – 31/12/2016 yılları arasında kurulmuş olmalıdır.

5.4.2 İngiltere

28.10.2011 tarihli yasa ile birlikte Yenilenebilir Enerji teşviklerinde bazı değişiklikler olmuştur. Bu yeni düzene göre 2 aşamalı olacak şekilde devlet yardım paketleri düzenlenmiştir (Tersch, 2011).

Bunlardan bir tanesi sadece yıllık enflasyona bağlı kalacak düşük tarifeler, bir diğeri ise şayet yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak istiyorsanız, sisteminize göre mali yardım paketlerinden yararlanılmasıdır (Tersch, 2011).

Kullanılacak Ekipman	Oran	Tarife penny/kWh	Tarife Ömrü
Yer Kaynaklı Isı Pompası	100 kW'a kadar	4.5	20
Yer Kaynaklı Isı Pompası	100 kW üstü	3.2	20

6 TÜRKİYE'DEKİ UYGULANABİLİRLİK

Türkiye, 4 mevsim boyunca (-) derecelerden (+) derecelere kadar büyük bir değişim yaşar. İstanbul'da -3 ten +33'e, Ankara da -12 den + 31'e, Antalya'da +3 ten +39' a olarak ortaya çıkar. Oysa tüm bu şehirlerde toprağın 5 metre altı ölçüldüğünde yaz-kış arasındaki değişim sadece 3-5 derece farklılık gösterir ve hep 10-15 °C civarındadır. Bu sabit ve orta değerlerdeki sıcaklıklar, YKIP cihazlarının yaz-kış verimli bir şekilde çalışması için ideal noktadadır.

6.4 Türkiye'deki Isı Enerjisi Kaynakları

6.1.1 Petrol

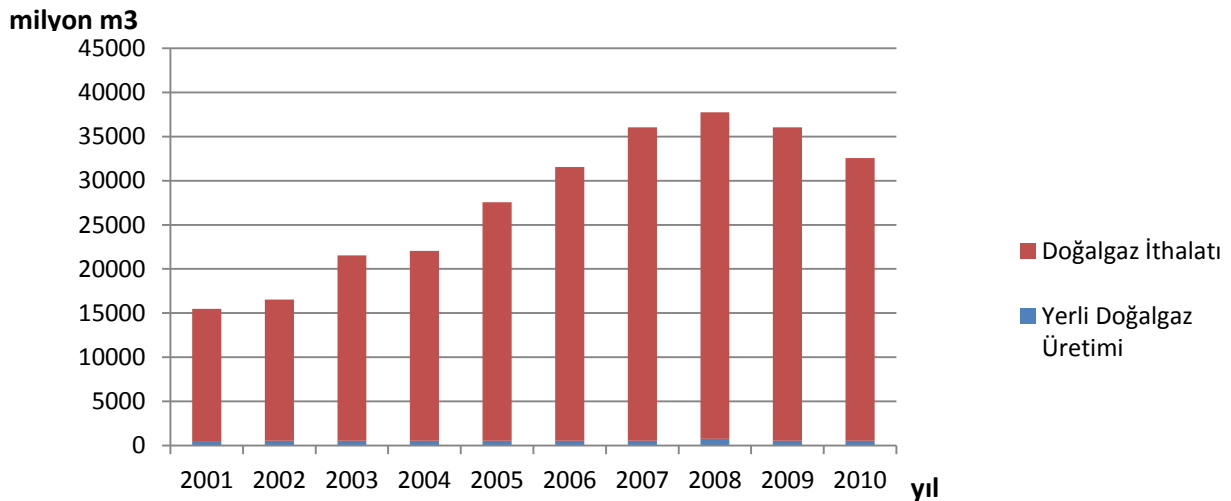
2010 yılı yurtiçi üretilebilir petrol rezervi 291,5 milyon varil (43,14 milyon ton) olup, yeni keşifler yapılmadığı takdirde, bugünkü üretim seviyesi ile yurtiçi toplam ham petrol rezervinin 17,2 yıllık bir ömrü bulunmaktadır. Türkiye'deki petrol sahalarının %10'u 25-500 milyon varil rezerve sahip olup, kalan %90'ın rezervi 25 milyon varilden azdır. Başka bir deyişle, Türkiye'de keşfedilmiş petrol sahalarının %90'ı küçük saha %10'u ise orta büyük saha sınıfındadır (TPAO, 2011).



Çizelge 6.1 Yıllar itibariyle Türkiye Ham Petrol Arzı (TPAO, 2011)

6.1.2 Doğalgaz

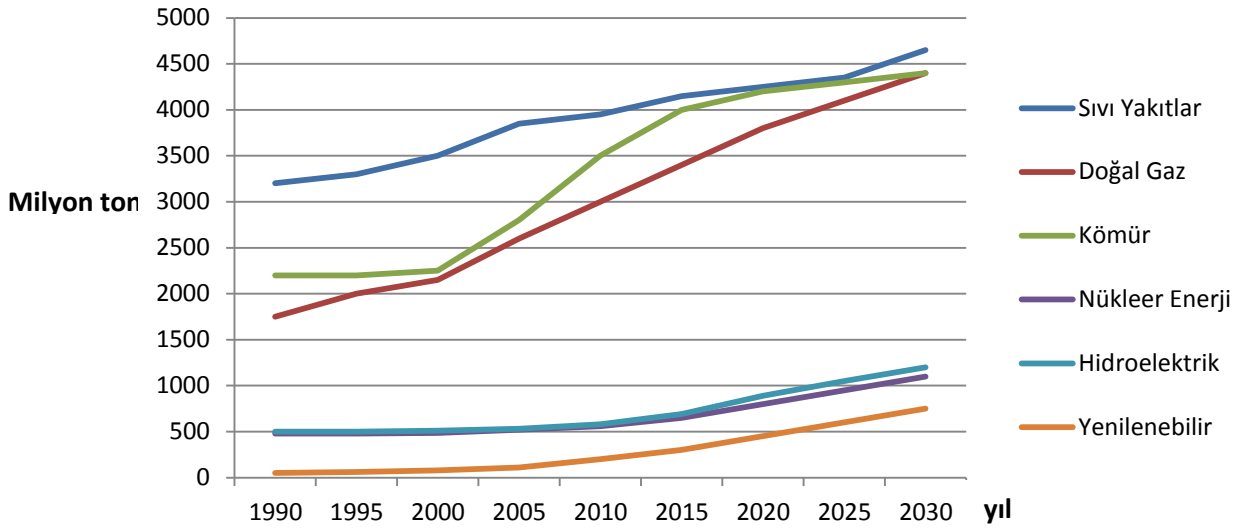
2010 yılı yurtiçi üretilebilir doğal gaz rezervi 6,2 milyar m³ 'tür. Yeni keşifler yapılmadığı takdirde, bugünkü üretim seviyesi ile yurtiçi doğal gaz rezervinin 8,6 yıllık bir ömrü bulunmaktadır. Ancak, dünyada son 10 yıldan bu yana gelişmekte olan teknoloji ve metotlar kullanılarak geleneksel olmayan petrol ve gaz üretilebilmektedir (TPAO, 2011).



Çizelge 6.2 Yıllar İtibariyle Türkiye Doğal Gaz Arzı (TPAO, 2011)

6.1.3 Diğer Enerji Kaynakları

2010 yılı dünya enerji tüketim dağılımında 2009 yılına oranla; petrolde %3,1 doğal gazda %7,4, kömürde %7,6 hidroelektrikte %5,3, nükleer enerjide %2 ve yenilenebilir enerjide %15,4 artış gerçekleşmiştir. Sıvı yakıt (ham petrol, petrol şeyli, petrol kumu, sıvılaştırılmış doğal gaz), kömür, doğal gaz, hidroelektrik, yenilenebilir enerji (rüzgar, jeotermal, güneş, biyokütle ve atık) ve nükleer enerji tüketimleri aşağıdaki şekilde yer almaktadır (TPAO, 2011).



Çizelge 6.3 1990-2030 Dönemi Dünya Enerji Tüketimi (TPAO, 2011)

6.2 Türkiye'deki Yer İçi Isısı Potansiyeli

Türkiye genelinde bulunan jeotermal kaynaklı uygulama verileri;

Alan ısıtma için:	219 MWt ve 2,417 TJ/yıl
Merkezi ısıtma:	792 MWt ve 7,386.4 TJ/yıl
Sera kullanımı:	483 MWt and 9,138 TJ/yıl
Termal turizm:	552 MWt and 17,408 TJ/yıl
Yer kaynaklı ısı pompaları:	38 MWt and 536.5 TJ/yıl

Toplam ülke verisi ise: 2,084 MWt ve 36,885.9 TJ/yıl olarak hesaplanmıştır (Lund, 2010).

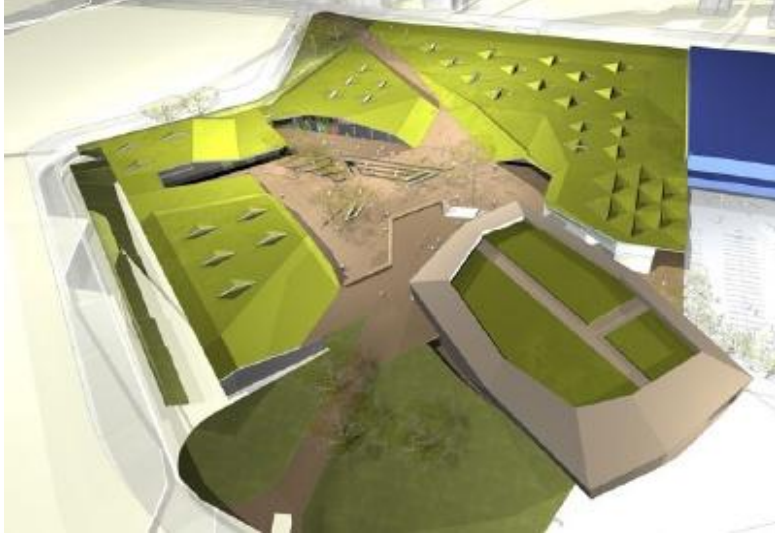
6.3 Türkiye'deki Mevcut Pilot Uygulamalar ve Verimleri

6.3.1 Metro Meydan M1 Alışveriş Merkezi - İstanbul

Türkiye'deki ilk büyük toprak kaynaklı uygulama METRO-M1 Ümraniye projesidir.

Yaklaşık 3500 kW soğutma ve 1200 kW ısıtma yükü bulunan proje, 2005 yılı sonunda hesap çalışmaları başlatılmıştır (Çilingiroğlu, 2011).

Toplam 18,327 metre dikey sondaj ile İskandinav ülkeleri hariç Avrupa'nın en büyük uygulamasıdır. Yataylar dahil yaklaşık 55 km borulama yapıldı, Yaklaşık 1,000 kW yük toprak tarafından karşılanmakta olup sistemde ilave 2,500 kW kapalı devre kule bulunmaktadır. Projede Isı pompaları, ısı geri kazanım klima santralleri, kapalı devre kuleler kullanılmıştır (Çilingiroğlu, 2011).



Şekil 6.1 Metro Meydan M1 AVM (Çilingiroğlu, 2011)



Şekil 6.2, Metro Meydan Dikey Sondajlar (Çilingiroğlu, 2011)

Şekil 6.3, Metro Meydan İletim Hatları (Çilingiroğlu, 2011)

Ülke	Şehir/Proje ismi	Sondaj Adedi	Sondaj Derinliği	Toplam Sondaj Uzunluğu
NO	Loerenskog,SiA hastanesi	300	150 m	45.000 m
NO	Oslo, Nydalen Bölgesi	180	200 m	36.000 m
SE	Lund, IKDC	153	230 m	35.190 m
SE	Stokholm, Vallingby Merkezi	133	200 m	26.600 m
SE	Kista, Kista AVM	125	200 m	25.000 m
TR	Istanbul, Metro AVM	168	107 m	18.000 m
DE	Golm, MPI AVM	160	100 m	16.000 m
SE	Stokholm, Blackeberg bölgesi	90	150 m	13.500 m
SE	Örebro, Tiyatro Binası	60	200 m	12.000 m
DE	Langen, DFS AVM	154	70 m	10.780 m
CH	Zürih, Grand Hotel Dolger	70	150 m	10.500 m

Çizelge 6.4. Uzunluklarına göre Avrupa'daki Dikey Sondaj Sıralamaları (Çilingiroğlu, 2011)

6.3.2 Therme Maris Spa & Termal Otel Dalaman

Uygulama Yılı: 2008 [3]

Kullanılan Isı Pompası: 2 adet – Sudan suya Yer Kaynaklı Isı Pompası

Şartlandırılan Alan: 300 ton tatlı su havuzu (38°C sıcaklık) / 3 ton kapasiteli 2 adet çift serpantinli, güneş destekli boyler / otel ısıtması

Yaz Uygulaması: Boyler ısıtması (Bedava) / otel soğutması

Bina Tarafı (Yük) Isıtma Sistemi: Yerden Isıtma ve Havuz Isıtması

Toprak Tarafı (Kaynak): Açık Sistem

Toplamda Edilen İşletme Karı: %87,5

Yer Kaynaklı Isı Pompası Kullanılarak Her Sene Edilen Kar: 180 bin \$ (LPG kullanımına göre)

6.3.3 Euroflora – Çiçek ve Dekorasyon Merkezi – İstanbul

Uygulama, Türkiye'deki ilk ticari, en büyük yer kaynaklı ısı pompası uygulaması özelliğine sahiptir [3].

Uygulama Yılı: 2004

Kullanılan Isı Pompası: 1 adet –Sudan Suyu Yer Kaynaklı Isı Pompası

Şartlandırılan Alan: 3.000 m² alışveriş alanı ve ofisler

Bina Tarafı (Yük) Sistemi: Fan Coil ile Isıtma/Soğutma

Toprak Tarafı (Kaynak): Kapalı Sistem / Helezon (Kule Takviyeli)

Yazın Edilen İşletme Karı: %50 (Split Klimaya göre)

Kışın Edilen İşletme Karı: %20 (Doğalgaza göre)

Yer Kaynaklı Isı Pompası Kullanılarak Her Sene Edilen Kar: 6.200 \$

6.3.4 Çiftlik Evi – Eskişehir

Uygulama, Türkiye'deki ilk ticari, en büyük ev uygulaması özelliğine sahiptir. Sistem açık sistem olup yer altı suyu ile desteklenmiştir [3].

Uygulama Yılı: 2008

Kullanılan Isı Pompası: 4 adet – Sudan Suya Isı Pompası

Şartlandırılan Alan: 4.000 m² yaşam alanı

Bina Tarafı (Yük) Sistemi: Yerden Isıtma, Radyatörlü Isıtma

Kaynak Tarafı: Açık Sistem / Yer Altı Suyu

Tüm Sene Edilen İşletme Karı: %58 (LPG ile ısıtmaya göre)

Yer Kaynaklı Isı Pompası Kullanılarak Her Sene Edilen Kar: 78.666 \$

6.3.5 Bodrum Villa – Muğla

Uygulama, Türkiye'deki ilk konutsal, deniz kaynaklı uygulama olma özelliğine sahiptir [3].

Uygulama Yılı: 2004

Kullanılan Isı Pompası: 3 adet – Sudan Havaya Yer Kaynaklı Isı Pompası

2 adet – Sudan Suya Yer Kaynaklı Isı Pompası

Şartlandırılan Alan: 450 m²

Bina Tarafı (Yük) Isıtma Sistemi: Hava Kanalları ile Isıtma, Yerden Isıtma, Kullanım Sıcak Suyu, Havuz Isıtma,

Bina Tarafı (Yük) Soğutma Sistemi: Hava Kanalları ile Soğutma

Toprak Tarafı (Kaynak): Toplamda 950 m deniz içerisine yerleştirilmiş boru

Kışın Edilen İşletme Karı: %85

Yazın Edilen İşletme Karı: %54

Toplamda Edilen Tasarruf : %70

Yer Kaynaklı Isı Pompası Kullanılarak Her Sene Edilen Kar: 39.069 \$ (LPGye göre)

6.3.6 Autoliv Cankor – Gebze

Uygulama, Türkiye'deki ilk ticari depo kaynaklı ısı pompası uygulaması olma özelliğine sahiptir [3].

Uygulama Yılı: 2008

Kullanılan Isı Pompası: 3 adet Sudan Suya Yer Kaynaklı Isı Pompası

Şartlandırılan Alan: 4 adet test kabini

Bina Tarafı (Yük) Sistemi: Kompresörlü Kabin Soğutmasına Ön Soğutma

Kaynak Tarafı: Açık Sistem / Yangın Deposu

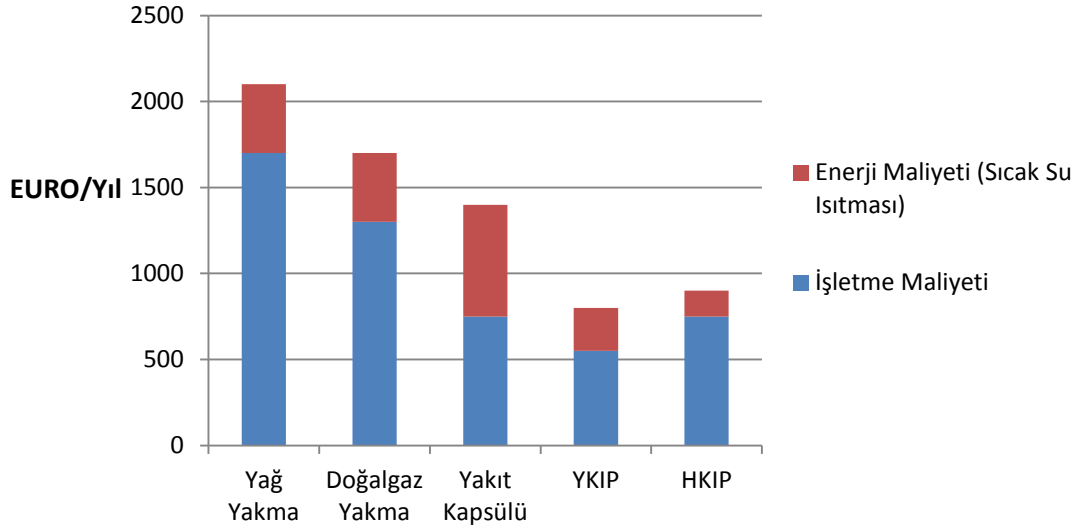
Tüm Sene Edilen İşletme Karı: %47 (Split Klimaya göre)

Yer Kaynaklı Isı Pompası Kullanılarak Her Sene Edilen Kar: 10.021 \$

6.4 Diğer Enerji Kaynaklarına Göre Rekabet Gücü

Diğer enerji kaynaklarına karşı Yer Kaynaklı Isı Pompalarının işletim maliyetlerinde önemli ölçülerde farklılıklar bulunmaktadır.

Aşağıdaki karşılaştırmada 4 kişilik kullanma sıcak su ısıtması dâhil 150m² yaşam alanının, 35 °C tesisat suyu ile ısıtılması ihtiyacı için yaklaşık gerekli maliyet hesabı yapılmıştır (EGEC, 2011).



Çizelge 6.5 Farklı Enerji Kaynakları İşletme/Enerji Maliyet Karşılaştırmaları (EGEC, 2011)

6.5 Isı Pompası Araştırma ve Uygulama Akım Şeması

Isı pompası uygulamalarında takip edilmesi gereken aşamalar aşağıda verilmiştir. Uygulamaların başarılı olabilmesi için bu aşamalarda yeterince veri derlenmeli ve iyi değerlendirilmesi gerekmektedir.

- İlk fizibilite – saha incelenmesi
- Jeolojik / Hidrojeolojik gözlemler
- Kılavuz Sondaj
- Termal Testler (termal kazanım testi-thermal response tests)
- Kuyu sayısı ve derinliklerin belirlenmesi
- Uygulama

7 YEŞİL BİNA SERTİFİKALARI

7.1 LEED Sertifikası

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design /Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik) Amerikan kaynaklı olması etkisiyle de dünyada tanınırlığı ve kabul edilebilirliği en yüksek yeşil bina sertifikasyonudur [9].

1998 yılında USGBC (U.S. Green Building Council /ABD Yeşil Bina Konseyi) tarafınca geliştirilmiştir [9].

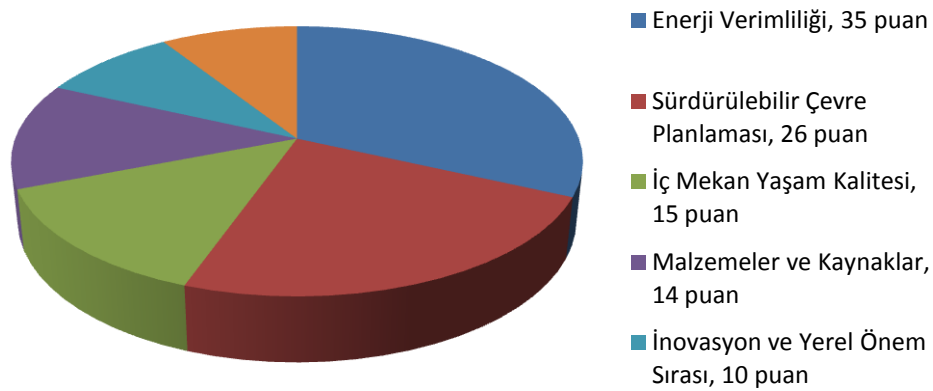
Bu sistemde, bir binanın (ya da bölgenin), enerji kazanımı, su verimliliği, karbondioksit emisyonu azaltımı, iyileştirilmiş iç mekân kalitesi ve kaynakların yönetimi ve etkilerine duyarlılık parametreleri üzerinden performans yükseltmeye dair stratejiler kullanılarak tasarlanıp inşaa edildiği doğrulanır [9].

LEED kriterleri izlenilerek yapılan bir binanın maliyeti, standart binalara oranla ortalama %2-7 arasında olması gibi kıyaslanabilir bir yükseklikte olmakla birlikte, operasyonel masrafları çok düşük olduğundan, uzun vadede daha az masraflı olduğu söylenebilir [10].

Öte yandan, henüz ülkemizde olmamasına karşın, LEED kriterlerine göre yapılan binalar için vergi muafiyetleri, kredi destekleri ve sigorta indirimleri gibi yasal teşvikler, yapı yapanlar açısından maliyet azaltıcı faktörlerdir [10].

Amerikan Yeşil Bina Konseyi tarafından bütün dünyada uygulanan LEED Sertifikaları arasında en yüksek kademeli olan LEED Platin Sertifikasını ise Türkiye’de ilk kez Eser Yeşil Binası almıştır [10].

Türkiye’de şuanda Platin LEED Sertifikası alabilmiş 2 bina mevcuttur ve diğer firma olan BASFTURK yabancı iştirakli bir firmadır. Türk mühendisliği ile bir Türk firması tarafından gerçekleştirilen Eser Yeşil Binası ise bu açıdan da ayrı bir önem taşımaktadır.



Çizelge 7.1 LEED Yeni Bina Puanlandırması [10]



Şekil 7.1 ESER İnşaat LEED Platin Sertifikası [11]

ASF CONSTRUCTION CHEMICALS LABORATORIES	Gebze	BASF TURK	Platinum
BASF DILOVASI MANAGEMENT BUILDING	Kocaeli	BASF TURK	Gold
BAYLO SUITES	Istanbul	Zemin Yatirim	Silver
DEEPO ISTANBUL AVM	Esenyurt	TORUNLAR GYO A.S.	Gold
ESER HOLDING HEADQUARTERS	Ankara	Eser Holding	Platinum
KAVACIK TICARET MERKEZI	Istanbul	Cevahir Yapi	Gold
KFC-BOSTANCI	Istanbul	TURKENT GIDA	Silver
Li Fung Centre	Istanbul	Li Fung	Silver
Philips Head Office	Istanbul	Philips Turkey	Silver
SABANCI UNIVERSITY NANOTECHNOLOGY CENTER	Istanbul	Sabancı University	Gold
SCHNEIDER ELECTRIC TRANSFORMER FACTORY	Kocaeli	SCHNEIDER ENERGY INDUSTRY A.S.	Gold
SOYAK HOLDING HEADQUARTERS	Istanbul	Soyak Holding A.S.	Silver
Siemens Gebze PTD Building	Gebze-Kocaeli	Siemens A.S.	Gold
TURKISH ENGINE CENTER	Istanbul	THY Teknik - Pratt & Whitney	Gold
TekfenOZ Levent Office	Istanbul	TekfenOZ	Gold
Unilever Head Office	Istanbul	Unilever Turkey	Silver
WILO PUMP ORHANLI LOCATION	Tuzla-Istanbul	WILO Pompa Sistemleri A.S.	Gold

Çizelge 7.2 Türkiye'deki LEED Sertifikalı Yapılar [9]

7.2 BREEAM Sertifikası

BRE Environmental Assessment Methods (BREEAM) ilk olarak 1990'da İngiltere'de kullanılmaya başlanan daha sonra dünyanın birçok ülkesinde benimsenen dünyadaki ilk çevre dostu bina sertifikası sistemidir [12].

BREEAM sertifikasının amacı bir binanın ne kadar çevreye duyarlı olduğunun standartlara bağlanarak ölçümünün yapılmasıdır. Prensipde benzer olmakla beraber LEED sertifikasından farklı olarak BREEAM sertifikası binanın sadece tasarımı için alınabilir ve projeye özel hazırlanabilir [12].

BREEAM Sertifikası Amaçları [12];

- Tasarımcıları çevresel konulara karşı daha duyarlı hale getirmek,
- Ürün geliştiricilerin, tasarımcıların ve kullanıcıların çevreye dost binaları tercih ve talep etmeleri, bu yönde bir piyasa oluşmasını sağlamak,
- Toplum genelinde binaların, küresel ısınma, asit yağmurları ve ozon tabakasındaki incelleme üzerindeki büyük etkisi konusunda farkındalığı yükseltmek,
- Bağımsız olarak değerlendirilen hedefler ve standartlar belirlemek bu sayede yanlış talep ve uygulamaları en aza indirmek,
- Binaların çevreye olan uzun vadeli etkilerini azaltmak,
- Gün geçtikçe azalan su ve fosil yakıtlar gibi kaynakların kullanımını azaltmak,
- Bina içi ortam kalitesini ve bu sayede kullanıcıların esenliğini ve konforunu arttırmak

Türkiye'de iki alışveriş merkezi; Ankara Gordion AVM ve Erzurum AVM "ÇOK İYİ" derecede bu sertifikaya hak kazanmışlardır.



Şekil 7.2 Gordion AVM – Ankara BREEAM Sertifikası [13]

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Toprak geç ısınan ve soğuyan bir yapıya sahip olduğu için, yer kaynaklı ısı pompa sistemlerinin, performans katsayıları kararlı yapıdadır ve dış havadaki değişimlerden çok fazla etkilenmezler. Ayrıca, yer kaynaklı ısı pompaları özellikle mevsim geçişlerinde, çok yüksek ve düşük sıcaklıklar olmadığı pasif soğutma (kompresör kullanılmadan sadece akışkanın toprak içersinde dolaştırılması) ile de çalışabileceği düşünülürse hava kaynaklı sisteme göre önemli bir avantaja sahiptir. Hava ısı kaynağı olarak kararlı olmadığı için, hava sıcaklığının değişmesi sonucu ısı pompasının performans katsayısındaki kararlılıkta sürekli değişmektedir.

Yer kaynaklı ısı pompası sistemi, ülkemiz için ancak birkaç yıldır kullanılmaya başlanması rağmen yurt dışında yıllardır verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Doğanın mevcut sıcaklığı kullanarak yaşam konforu elde etmemize yarayan bir düzenektir.

Enerjinin pahalı olduğu günümüz şartlarında doğal enerji kaynaklarından faydalanarak ısıtma ve soğutma yapmak için tasarlanan bu sistemin geleceği çok açıktır.

Bu sistemin kullanımında önemli başlıca parametreler, jeoloji, hidrojeoloji, dış sıcaklık, uygulama şekilleri ve kullanılan malzeme özellikleridir. Daha kesin ve etkili verim almak için belirlenen akım şeması takip edilerek hata payını minimuma indirmek ve en ekonomik tasarıma ulaşmak mümkündür.

Yatırım maliyetlerinin kendisini uzun yıllarda amorti etmesinden dolayı şimdilik fosil enerji kaynaklarına yönelim kaçınılmazdır. Fakat devlet desteğinin de teşviklerle gelmesi yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımı arttıracak, özellikle çevre şartlarından en az etkilenen yer kaynaklı ısı pompa sistemleri bireysel ve kamu kullanımında yaygınlaşacaktır.

Başta ABD ve Japonya olmak üzere, gelişmiş ülkeler küresel finansal krizden kurtuluş reçetelerinde, milyarlarca dolar fonu yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşan "temiz enerji ekonomisine" aktaracaklarını duyurmuşlardır.

Almanya'da ise enerjinin yüzde 40'ı binaların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bu oranı düşürmek için harekete geçen Avrupa Birliği, binaların ısı kaybını asgariye indirecek uygulamaları zorunlu kılacak, 2021 yılından itibaren yeni binaların sıfır enerji tüketecek şekilde inşa edilmesini ve kalan ihtiyacın da yenilenebilir enerjilerden karşılanmasını sağlayacaktır.

Ülkemizde ise, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanacak bireysel kullanıcılara ve aynı zamanda elektrik üretimi yapmak isteyen yatırımcılara yönelik alım garantisi getiren kanun, taslak olarak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından sunulmuş olup "Yenilenebilir enerji kaynaklarının alım fiyatlarının artırılmasının Hazine'ye ilave yük getireceği" açıklaması ile TBMM gündeminden geri çekilmiştir. Bu teşviklerin yeniden gündeme gelmesi için uygulamacıların girişimde bulunmalarında yarar vardır.

KAYNAKLAR

Andersson,O., 2010, European Thermal Conductivity Testing, 2010 World Geothermal Congress Bali, Indonesia

Andersson, O., 2010 Other Case Studies, 2010 World Geothermal Congress Bali, Indonesia

Çanakçı, C., Özgener, Ö., Hepbaşlı,A. 2001.Jeotermal Isı Pompaları ve Uygulamaları. Termoklima Dergisi, Sayı 108

Çilingiroğlu, S., 2011, “Türkiye’de İlk Büyük Toprak Kaynaklı Isı Pompası Uygulaması: Meydan Alışveriş Merkezi Sunumu, 13-14 Ocak 2011, İstanbul, Türkiye

EGEC, 2009, Geothermal Energy –How can standardisation help, Madrid, İspanya

EGEC, 2011, Final Evaluation of the National Renewable Energy Action Plans, Brüksel, Belçika

Elbir, A., 2010, Toprak kaynaklı ısı pompasının termodinamik analizi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, Türkiye

Günerhan, H., Ülgen, K. ve Hepbaşlı, A., 2001, Jeotermal (Toprak) Kaynaklı Isı Pompalarında Toprak Isı Değiştiricisinin Tasarımı: Ege Üniversitesi Uygulaması, TIBTD- ULIBTK’01 13.Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Hepbaşlı A.,1999, Geleceğin Teknolojisi: Yer Kaynaklı Isı Pompaları, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Türkiye

John W. Lund, Derek H. Freeston, and Tonya L. Boyd, 2010, Direct Utilization of Geothermal Energy 2010 Worldwide Review, World Geothermal Congress, 25-29 April 2010, Bali, Indonesia

Korun, T., Çilingiroglu, S., Pezukoglu, O., 2009, Ground Source Heat Pump System For A Shopping Center In Istanbul with 18.327 Meters Of Ground Drilling, GeoFund-IGA Geothermal Workshop “Turkey 2009”

Lund, J.W.1997, Direct heat Utilization of Geothermal Resources, Renewable Energy, Vol.10, No.2/3, p.403-408.

Mertoğlu, 2011, Geothermal Resources for Power Generation and Development in Turkey Presentation, Atina, Yunanistan

Sanner, B., 2008, Guidelines, Standards, Certification and Legal Permits For Ground Source Heat Pumps in the EU, 9th International IEA Heat Pump Conference, 20 – 22 May 2008, Zürih, İsvicre

Süzer, B.: 2001, "Toprak Kaynaklı Isı Pompası ile Hava Kaynaklı Isı Pompasının Tekno-ekonomik Açısından Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

Tersch, KV., 2011, UK policy and funding to support sustainable energy in homes Presentation, Ankara / Turkey

TPAO, 2011, 2010 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu, Türkiye Petrolleri A.O. Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

Ünlü, K., 2005, Hava ve toprak kaynaklı ısı pompalarına etki eden parametrelerin incelenmesi, Doktora Tezi, Bursa, Türkiye

Yerlibucak, Ş.M., 2007, Isı Pompaları, Bitirme Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

İnternet Kaynakları:

[1] http://tr.wikipedia.org/wiki/Is%C4%B1_pompas%C4%B1

[2] <http://iklimenerji.com/>

[3] <http://www.isimas.com.tr/>

[4] <http://www.plumbinglogan.com/2010/09/02/geothermal-heating-and-cooling/>

[5] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Akifer>

[6] <http://www.geotrained.eu/moodle/>

[7] <http://files.asme.org/ASMEORG/Communities/History/Landmarks/5541.pdf>

[8] <http://dsireusa.org/incentives/allsummaries.cfm?State=OH&Sector=Residential&&re=0&ee=0>

[9] <http://erketasarim.com/tr/>

[10] <http://www.leedtr.com/>

[11] <http://www.eseryesilbina.com>

[12] <http://www.formgroup.com/>

[13] http://www.yapi.com.tr/Haberler/gordion-alisveris-merkezi-de-breeamlendi_72202.html

[14] <http://www.epdk.gov.tr/>

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler



Doğum Tarihi : 22/04/1983
Medeni Durumu : Bekar
Ehliyet : A2 / B sınıfı
Askerlik Durumu : Tamamlandı
Tel (ev) : +90-312-235 32 33
Tel (cep) : +90-541-849 91 66
E-mail : metehan@yahoo.com

Tecrübe

- DeMatteo Monness LLC, Danışman Ocak 2010 – Devam
- Karun Servis A.Ş., Satış Müdürü Temmuz /2009 – Devam
- Karun Servis A.Ş., Satış Mühendisi Temmuz /2007 – 2008
- Yüksel İnşaat, Suudi Arabistan
Baysh Barajı Projesi / Saha - Jeoloji Mühendisi Ocak / Temmuz 2007
- Çin-pa İç ve Dış Ticaret Ltd. Şti. – Satış Mühendisi Haziran / Aralık 2006
- Devser Mühendislik – Makina Servis Elemanı Haziran / Eylül 2004

Eğitim

- Yüksek Lisans, Hacettepe Üniversitesi,
Temiz Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı – Jeotermal Enerji 2009/2012
- Lisans, Hacettepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi – Jeoloji Mühendisliği 2001/2005
- Gazi Anadolu Lisesi 1998/2001
- Özel Arı Koleji Ortaokulu 1994/1998
- Özel Arı Koleji İlkokulu 1989/1994

Yabancı Dil ve Bilgisayar Bilgisi

- İngilizce - Akıcı
- İleri Seviye; MS Office, Adobe Photoshop
- Başlangıç Seviyesi; AutoCAD, 3D Studio Max

Eğitimler ve Kurslar

- 2010 Yılı Değişen Dış Ticaret Mevzuat Eğitimi, Çelenk Gümrük Müşavirliği, 30 Ocak 2010
- Avrupa Komisyonu Gençlik Değişim Programı- Eylem 1 Projesi, TR- 1.1- 2004- R3, 9-19 Ekim 2004 Macaristan
- MTA Jeoloji Dairesi, 45 gün Staj, 2003