

71653

T.C.
DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME (YÖNETİM ORGANİZASYON) ANA BİLİM DALI

JEOTERMAL ENERJİNİN YERLEŞİM ALANLARINA EKONOMİK ETKİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Danışman: Prof. Dr. İ. Hakkı DÜĞER

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Mehmet DEMİREL

Kütahya, 1998

Mehmet DEMİREL'in hazırladığı "Jeotermal Enerjinin Yerleşim Alanlarına Ekonomik Etkisi" başlıklı Yüksek Lisans tez çalışması, jüri tarafından lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddelerine göre değerlendirilip kabul edilmiştir.

..22..1..5..1998

Tez Jürisi

Prof.Dr. İ.Hakkı DÜĞER (Danışman).....

Yrd.Doç.Dr. Ergin UZGÖREN.....

Yrd.Doç.Dr. Mehmet YIĞIT.....

Yrd.Doç.Dr. Necati AKSANYAR
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

ÖZGEÇMİŞ

1963 yılında Manisa'nın Alanyolu köyünde doğdu. İlkokulu Alanyolu köyünde, Liseyi Demirci'de okudu. Anadolu Üniversitesi Bilecik Meslek Yüksekokulu Maden Programından 1986 yılında mezun oldu.

1987-1990 yıllarında özel sektörde çalıştı. Haziran 1994'de Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme bölümünü bitirdi.

Halen Dülupınar Üniversitesi Simav Meslek Yüksekokulunda çalışmakta olup, aynı Üniversiteye bağlı Sosyal Bilimler Enstitüsünde Yüksek Lisans yapmaktadır.

ÖZET

Bütün dünya'da bir artış gösteren enerji gereksiniminin büyük bir kısmı bir süre daha fosil yakıtlar ve hidrolik enerji ile karşılanabileceği söylenmektedir. Fosil yakıtlar kısa bir süre sonra tükenecek ve bunların yerini yeni enerji kaynaklarının alması gerekecektir. Dünya genelinde son 30-40 yıldır yoğun bir şekilde araştırılmakta olan bu yeni enerji kaynaklarından birisi'de jeotermal enerjidir.

Bu çalışmada, Simav'da mevcut jeotermal enerji kaynaklarından yararlanma olanakları araştırılmıştır. Çalışmanın birinci bölümünde mevcut enerji kaynakları ve bu kaynakların içerisinde jeotermal enerji tanıtılarak, jeotermal enerjinin yeri ve önemi anlatılmıştır. İkinci bölümünde, Dünya'da ve Türkiye'de jeotermal enerjinin uygulama alanları hakkında örnekler verilerek ekonomik analizi yapılmıştır.

Bu çalışmanın son bölümde ise, Simav ilçesinde bulunan jeotermal kaynaklar, potansiyeli ve uygulamaları hakkında bilgi verildikten sonra çevredeki yerleşim alanlarına da jeotermal enerjinin götürülebilmesi olanakları araştırılmış olup, Muradınlar köyünde yapılmakta olan Fakülte binalarının ısı ihtiyacının fosil yakıtlarla (kömür, fuel-oil) veya jeotermal enerji ile karşılanması düşünülmüş, her ikisinde yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanarak, ekonomik ve sosyal faydaları tartışılmıştır.

Jeotermal enerji kullanımının yörede etkin bir şekilde yaygınlaşmasıyla ekonomik ve sosyal gelişmenin hızla gerçekleşebileceği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

It is estimated that most of the energy needed in the world will be supplied for a while by fossil fuels and hydraulic energy, unfortunately fossil fuels will last in a short time. And thus new energy resources will have to fulfill these. In the world one of these new energy resources which have been researched intensively for the last 30-40 years is geothermal energy.

In this study, the utilization of the geothermal energy sources in Simav were researched. In the first section of this study the recent energy sources and among these, the importance and place of geothermal energy were explained. In the second section, having given Turkey and in the world economical analysis were made.

In the last section of this study, after having been given information about the geothermal sources in Simav, their potential and application, the possibility of taking geothermal energy to neighboring residential areas were researched. Obtaining the heat needed for the building of Technical Education Faculty, which are being built in Muradýnlar were considered from fossil fuels or geothermal energy investment and running costs of both of them were calculated the social and economical benefits were discussed.

It was understood that the intensive usage of geothermal energy in the area will rapidly increase social and economical development of the region.

İÇİNDEKİLER

TABLOLAR.....	x
ŞEKİLLER.....	xi
GRAFİKLER.....	xii
KISALTMALAR.....	xiii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI VE JEOTERMAL ENERJİNİN GENEL TANITIMI

1.1. ENERJİ KAYNAKLARININ GENEL TANITIMI.....	5
1.1.1. Birincil Enerji Kaynakları.....	7
1.1.1.1. Konvansiyonel (Alışılmış) Enerji Kaynakları.....	7
1.1.1.2. Konvansiyonel Olmayan (Alışılmamış) Enerji Kaynakları.....	8
1.1.2. İkincil Enerji Kaynakları	11
1.1.2.1. Petrol Ürünleri.....	11
1.1.2.2. Kok.....	11
1.1.2.3. Briket.....	11
1.1.2.4. Havagazı.....	12
1.1.2.5. Buhar.....	12
1.1.2.6. Elektrik.....	12
1.2. JEOTERMAL ENERJİNİN GENEL TANITIMI.....	12
1.2.1. Jeotermal Enerjinin Tanımı.....	12

1.2.2. Jeotermal Enerjinin Genel Özellikleri.....	16
1.2.3. Jeotermal Enerjinin Önemi	17
1.2.3.1. Jeotermal Enerjinin Hava Kirliliği Yönünden Önemi.....	17
1.2.3.2. Jeotermal Enerjinin Çevre Yönünden Önemi.....	20
1.2.3.3. Jeotermal Enerjinin Atık Yönünden Önemi.....	21
1.2.3.4. Jeotermal Enerjinin Ekonomik Yönden Önemi.....	23
1.2.3.5. Jeotermal Enerjinin Sosyal Yönden Önemi.....	24
1.2.4. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları.....	25
1.2.4.1. Jeotermal Enerjinin Sıcaklıklarına Göre Değerlendirme Şekilleri.....	26
1.2.4.2. Jeotermal Enerjinin Konutların Isıtılmasında Kullanılması.....	27
1.2.4.3. Jeotermal Enerjinin Endüstriyel Alanda Kullanılması.....	27
1.2.4.4. Jeotermal Enerjinin Sera Isıtmacılığında Kullanılması.....	28
1.2.4.5. Jeotermal Enerjinin Elektrik Üretiminde Kullanılması.....	29
1.2.4.6. Jeotermal Akışkanların Termal Turizmde Kullanılması.....	30
1.2.5. Jeotermal Enerjinin Diğer Enerji Kaynakları İle Karşılaştırması.....	31
1.2.6. Jeotermal Enerjiyi Arama Yöntemleri ve Karşılaşılabilecek Sorunlar.....	33
1.2.6.1. Jeofiziksel Arama Yöntemleri.....	33
1.2.6.2. Sondajlar-Üretim Testleri.....	36
1.2.6.3. Karşılaşılabilecek Sorunlar.....	37
1.2.7. Jeotermal Isıtmadaki Gelişmeler ve Sistemler.....	38
1.2.7.1. Jeotermal Isıtmadaki Gelişmeler.....	38
1.2.7.2. Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemlerinin Ana Özellikleri.....	39
1.2.7.3. Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemlerinin Uygulama Alanlarındaki Sonuçları.....	41

İKİNCİ BÖLÜM

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ UYGULAMALARI VE JEOTERMAL ENERJİNİN EKONOMİK ANALİZİ

2.1. DÜNYA'DA JEOTERMAL ENERJİ UYGULAMALARI.....	43
2.1.1. Dünya'da Jeotermal Enerji İle Konut Isıtma Uygulamaları.....	45

2.1.2. Dünya'da Jeotermal Enerji İle Sera Isıtma Uygulamaları.....	48
2.1.3. Dünya'da Jeotermal Enerji İle Elektrik Üretimi Uygulamaları ve Kurulu Güçleri.....	49
2.1.4. Dünya'da Jeotermal Enerji Kullanımının Endüstriyel Alandaki Uygulamaları.....	51
2.2. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ UYGULAMALARI.....	52
2.2.1. Türkiye'de Jeotermal Enerji Potansiyeli.....	52
2.2.2. Türkiye'de Jeotermal Enerji İle Konut Isıtma Uygulamaları.....	59
2.2.3. Türkiye'de Jeotermal Enerji İle Sera Isıtma Uygulamaları.....	64
2.2.4. Türkiye'de Jeotermal Enerji İle Elektrik Üretimi Uygulamaları.....	66
2.2.4.1. Kızıldere Sahası.....	66
2.2.4.2. Germencik Sahası.....	66
2.2.5. Türkiye'de Jeotermal Akışkanların Termal Turizmde Kullanılması.....	67
2.3. JEOTERMAL ENERJİNİN EKONOMİK ANALİZİ.....	68
2.3.1. Uygulama Konusu.....	68
2.3.2. Ekonomik Analiz Çalışması.....	68
2.3.2.1. İçsel Ekonomik Etkileri.....	68
2.3.2.2. Dışsal Ekonomik Etkileri.....	76
2.3.2.3. Uygulama Sonuçları ve Değerlendirmesi.....	77

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

SİMAV'DA JEOTERMAL ENERJİNİN ÇEVREDEKİ YERLEŞİM ALANLARINA DAĞITIMININ EKONOMİYE KATKISI

3.1. SİMAV İLÇE MERKEZİNE AIT GENEL BİLGİLER.....	79
3.1.1. Yeri.....	79
3.1.2. Tarihçesi.....	79
3.1.3. Coğrafi Yapısı ve Nüfusu.....	79
3.1.4. İklimi.....	80
3.1.5. Ekonomik Durumu.....	81
3.1.6. Tarım ve Sulama.....	81
3.2. SİMAV'DA JEOTERMAL ENERJİNİN POTANSİYELİ VE KULLANILDIĞI YERLER.....	83

3.2.1. Simav Jeotermal Enerji Merkezi Isıtma Sistemi Çalışmaları.....	83
3.2.2. Simav Jeotermal Merkezi Isıtma Sisteminin İşleyişi.....	84
3.2.3. Simav Jeotermal Alanının Potansiyeli.....	86
3.2.3.1. Eynal Jeotermal Alanı (Merkezi Isıtmada Kullanılan Saha).....	86
3.2.3.2. Çitgöl Jeotermal Alanı.....	87
3.2.3.3. Naşa Jeotermal Alanı.....	87
3.2.4. Simav Jeotermal Sahasında Yapılan Sondaj Çalışmaları ve Sonuçları.....	89
3.2.4.1. Eynal Jeotermal Alanındaki Sondaj Çalışmaları.....	89
3.2.4.2. Çitgöl Jeotermal Alanındaki Sondaj Çalışmaları.....	93
3.2.4.3. Naşa Jeotermal Alanındaki Sondaj Çalışmaları.....	94
3.2.5. Simav'da Jeotermal Enerjiden Yararlanma Şekilleri.....	95
3.2.5.1. Konutların Isıtılmasında.....	95
3.2.5.2. Sera Isıtmacılığında.....	95
3.2.5.3. Termal Turizmde.....	101
3.3. SİMAV VE ÇEVRESİNİN JEOTERMAL ENERJİ İLE ISITILMASI ÖNERİSİ.....	102
3.3.1. Jeotermal Enerji Kullanımı ve Bölge Ekonomisine Katkıları.....	106
3.3.2. Muradinlar Köyü ve Burada Bulunan Fakülte Birimlerinin Jeotermal Enerji Merkezi Isıtma Sistemi ile Isıtılabileceğine Dair Örnek Çalışma.....	113
3.3.2.1. Örnek Çalışma Yapılan Bölgenin Jeotermal Enerji Merkezi Isıtma Sistemi.....	116
3.3.2.2. Örnek Çalışma Yapılan Bölgenin Jeotermal Enerji Merkezi Isıtma Sistemi ile Isıtılmasının Yatırım Maliyeti.....	117
3.3.2.3. Örnek Çalışma Yapılan Bölgede Fosil Yakıt Kullanımı ile Jeotermal Enerji Kullanımının Karşılaştırması.....	121
DEĞERLENDİRME VE SONUÇ.....	123
KAYNAKÇA.....	126
EK 1 : ANKET FORMU.....	130

TABLOLAR

Tablo 1.1:	Türkiyede Jeotermal Enerji ile Isıtılabilecek Yerler.....	19
Tablo 1.2:	Jeotermal Enerjinin Sıcaklıklarına Göre Değerlendirme Şekilleri..	26
Tablo 1.3:	Jeotermal Sistemlerde, Tesislerin Başlangıçtan, Üretime Geçinceye Kadar Geçirdikleri Safha ve Süreleri	33
Tablo 2.1:	Dünyada Jeotermal Enerjinin Elektrik Dışı Uygulamaları.....	44
Tablo 2.2:	Çeşitli Isıtma Sistemlerinin İşletme Maliyetleri.....	46
Tablo 2.3:	Dünyada Jeotermal Isıtma ve Diğer Kullanımların Yapıldığı Yerler ve Kurulu Güçleri.....	47
Tablo 2.4:	Avrupada Jeotermal Enerji ile Isıtılan Sera Alanları.....	48
Tablo 2.5:	Dünyada Termal Enerji Üreten Ülkeler, Üretim Alanları ve Üretim Kapasiteleri.....	49
Tablo 2.6:	Jeotermal Enerji Kullanılan Elektrik Santrallerinin Kurulu Güçleri.	50
Tablo 2.7:	Türkiyede 140 Adet Jeotermal Sahanın İsimleri ve Kuyubaşı Sıcaklıkları.....	55
Tablo 2.8:	Türkiyede Jeotermal Enerji ile Merkezi Olarak Isıtılabilecek Yerleşim Yerleri.....	57
Tablo 2.9:	Türkiyede İşletilmekte Olan Jeotermal Sistemlerin Mwt. Cinsinden Kapasiteleri.....	62
Tablo 2.10:	Türkiyede Jeotermal Enerji ile Isıtılan Sera Alanları.....	65
Tablo 3.1:	Eynal-Çitgöl-Naşa Jeotermal Alanlarında Açılan Kuyuların Karşılaştırması.....	94
Tablo 3.2:	Simav'da Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları ve Yıllara Göre Gelişimi.....	106
Tablo 3.3:	Jeotermal Isıtma Maliyeti ile Diğer Isıtma Maliyetlerinin Karşılaştırması.....	108
Tablo 3.4:	Simav'da Yıllık Isıtma Maliyeti ile Diğer Isıtma Sistemlerinin İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırması.....	108
Tablo 3.5:	Simav'da Jeotermal Enerji ile Isıtılan Seraların Bölge Ekonomisine Katkısı.....	110
Tablo 3.6:	Simav-Eynal Termal Tesislerinin Yıllar İtibarıyla Bölge Ekonomisine Katkıları.....	111

ŞEKİLLER

Şekil 1.1:	Jeotermal Enerjinin Oluşumu ve Yeryüzüne Çıkışı.....	15
Şekil 1.2:	Jeotermal Enerji Kaynaklarının Endüstriyel Kullanım Alanları.....	28
Şekil 1.3:	Ormat Bnory Jeotermal Güç Santrali.....	29
Şekil 2.1:	Türkiyedeki Jeotermal Kaynakların Dağılımı.....	58
Şekil 2.2:	Türkiyedeki Jeotermal Yerleşim Merkezleri.....	63
Şekil 3.1:	Simav Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi.....	85
Şekil 3.2:	Kütahya-Eynal Potansiyel Alan Haritası.....	88
Şekil 3.3:	Simav Çevresindeki Yerleşim Alanlarına Jeotermal Enerjinin Taşınması.....	105



GRAFİKLER

Grafik 1.1:	Elektrik Santrallerinde Kullanılan Yakıtların SO_x Emisyonu.....	22
Grafik 1.2:	Merkezi Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Yakıtların CO₂ Emisyonları.....	22
Grafik 3.1:	Simav'da Konutların Isıtılmasında Jeotermal Enerji Kullanımının Yıllara Göre Gelişimi.....	107
Grafik 3.2:	Simav'da Sera Isıtmacılığında Jeotermal Enerji Kullanımının Yıllara Göre Gelişimi.....	107
Grafik 3.3:	Simav'da Yıllık Jeotermal Isıtma Maliyeti ile Diğer Isıtma Sistemlerinin İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırması.....	109
Grafik 3.4:	Simav'da Termal Turizm Yatak Kapasitesinin Yıllara Göre Gelişimi.....	111
Grafik 3.5:	Muradınlar Köyündeki Evlerin Yapı Cinsi	114
Grafik 3.6:	Muradınlar Köyünde Yıllık Ortalama Yakıt Tüketimi.....	114
Grafik 3.7:	Muradınlar Köyünde Kullanılan Yakıtlarla Isıtılabilen Ortalama Birim Konut Alanı.....	115

KISALTMALAR

CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
SiO ₂	Silisyum dioksit
CO ₂	Karbon dioksit
p ^H	Asitlik Derecesi
Ca ⁺⁺	Ca ⁺² Iyonları
Cal	Kalori
Cm ²	Santimetre kare
NO _x	Azot monoksit
SO ₂	Kükürtdioksit
NaCl	Sodyum Klorür
ha	Hektar
h	Saat
j/g	Jul/gram
m	Metre
₺	Ekü (Avrupa para birimi)
μ	Mikron (Uzunluk birimi)
Mwt	Megavat
kg	Kilogram
°C	Santigratderece (Isı birimi)
ppm	1 Milyon mililitre çözeltide çözülen maddenin mol sayısı
Kcal	Kilo Kalori
MTA	Maden Tetkik Arama
Ar-Ge	Araştırma-Geliştirme
T.B.	Tahminler Bilinmiyor
UNDP	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Şirketi
vb.	ve benzeri
TEF	Teknik Eğitim Fakültesi
Sn	Saniye
TL	Türk Lirası

GİRİŞ

Ülkelerin ekonomik açıdan giderek gelişmeleri enerjiye olan ihtiyaçlarını hızla artırmaktadır. Bu nedenle ülkeler, bir yandan alışılmış enerji kaynaklarından daha ekonomik yararlanma yollarını araştırırken diğer yandan da yenilenebilir enerji kaynaklarından daha kapsamlı olarak faydalanma şekillerini araştırmaktadırlar. Gerçekten de araştırmacılar, son yıllarda jeotermal, güneş, rüzgar ve gel-git gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile daha fazla ilgilenmekte ve söz konusu kaynaklardan daha ekonomik olarak yararlanmak için araştırmalar yapmaktadırlar.

Ülkemizde de ekonomik gelişmeye ve hızlı kentleşmeye bağlı olarak enerji ihtiyacı giderek artmaktadır. Özellikle, kentlerin ısıtılması konusunda önemli güçlükler söz konusudur. Petrol ve kömür gibi ısınmada yararlanılan alışılmış enerji kaynaklarının giderek pahalılaşması yanında hava kirlenmesine neden olması ve en önemlisi rezervlerin bir gün bitebileceği endişesi, önemli bir sorun oluşturmaktadır. Her ne kadar bazı şehirlerimizde, doğal gaz ve kaliteli kömür kullanılarak hava kirliliği sorunu çözümlenmeye çalışılmakta ise de, henüz başarıya ulaşılmış değildir.

Böyle bir ortamda jeotermal enerjinin önemi daha da iyi anlaşılmaktadır. Gerçekten de bu enerji kaynağı, hava kirlenmesine neden olmadığı gibi, maliyeti açısından' da diğer enerji kaynaklarından daha ucuzdur. Ülkemizin jeotermal enerji kaynakları açısından oldukça zengin olduğu dikkate alınırca, bazı şehirlerimizin belirtilen enerji kaynağından yararlanılarak ısıtılabilirliği düşünülebilir. Oysa bu tür uygulamalar, ülkemizde pek yaygın değildir. Simav örneği, bu nedenle büyük önem taşımaktadır. Çünkü, ülkemizde jeotermal enerjiden yararlanılarak şehirlerin ısıtılabilirliği hususunda en kapsamlı uygulamalardan biri Simav'da gerçekleştirilmiş ve bu güne kadar oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Jeotermal enerjinin Simav ilçesinin ısıtılmasında başarı ile kullanılması, bu enerji kaynağına sahip yörelerdeki şehirler için güzel bir örnek oluşturmıştır. Bu nedenle araştırmada öncelikle, bu örnek uygulamanın tanıtımı ve çevredeki köylere yaygınlaştırılmasının araştırılması amaçlanmıştır. Araştırmada ayrıca, sahanın jeolojik ve coğrafi konumu belirtilmeye çalışılmış, jeotermal enerjinin kullanım alanları ve genel özellikleri üzerinde durulmuş, bu enerji kaynağının yöreye yapmış olduğu ekonomik, sosyal etkileri incelenmiştir.

ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Bu çalışmanın temel amacı, Simav'daki jeotermal enerjinin İlçe Merkezinin yanı sıra çevredeki yerleşim alanlarına da taşınarak kullanımının yaygınlaştırılması ve yöre ekonomisine katkısının araştırılmasıdır. Konvensiyonel olmayan bu enerji kaynağının seracılık alanında daha verimli ve sistemli bir şekilde kullanılmasıyla tarıma dayalı Simav ekonomisinin olumlu yönde gelişme göstereceği konusu üzerinde durulmuştur. Yanısıra jeotermal akışkanların daha kapsamlı olarak termal turizmde de kullanılabileceği ve böylece ekonomik, sosyal ve kültürel gelişmeye ivme kazandıracağı görüşü belirtilmiştir. Belirli bir çerçeve içerisinde çalışmanın amaçlarını aşağıdaki gibi tasnif edebiliriz:

- Enerji kaynakları içerisinde jeotermal enerjinin yerini belirlemek,
- Jeotermal enerjinin kavramsal çerçevesini belirterek, kullanım alanlarını saptamak,
- Gelişen teknolojik yöntemlerle jeotermal akışkanlardan en iyi şekilde yararlanılması gereğini vurgulamak,
- Simav ve çevresinde jeotermal enerji kullanımının yaygınlaşmasıyla yörede oluşabilecek ekonomik ve sosyal değişimi belirlemek,
- Jeotermal enerji kullanımının sermaye yoğunluklu olmasına karşın, gelecek için son derece ekonomik ve sağlıklı bir enerji kaynağı olduğunu belirlemek,

Alışılmamış enerji kaynağı olan jeotermal enerjinin çeşitli alanlarda kullanılmasının son derece teknik ve bilimsel yöntemlerle olması gereğini vurgulamak.

ÇALIŞMANIN VARSAYIMLARI

Çalışmada, jeotermal enerji kaynağının gelecekte Simav ve çevresinde alternatif bir enerji kaynağı olacağı varsayılmıştır. Jeotermal enerji kullanımının çeşitli alanlarda yaygınlaşması sonucu bölgesel gelişmenin bu kıstasla başarılacağı açıklanmıştır. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal enerjinin yöre insanında ve çevresinde ekonomik ve sosyal gelişmeler ve değişimler yaratabileceği tartışılmıştır.

ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Çalışma; Kütüphane ve kaynak taraması ile anket uygulamasını içeren üç bölümden oluşmaktadır.

İlk bölümde enerji kaynakları sınıflandırılarak, jeotermal enerji ayrıntılı olarak tanıtılmış, ikinci bölümde jeotermal enerjinin Türkiye'deki ve Dünyadaki uygulamalarından örnekler verilerek konunun ekonomik analizi yapılmıştır.

Üçüncü bölümde, yerel çevrede anket çalışması, yüz yüze görüşmeler, araştırma ve danışmalar yapılarak çalışma yürütülmüştür.



BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI VE JEOTERMAL ENERJİNİN GENEL TANITIMI

1.1. ENERJİ KAYNAKLARININ GENEL TANITIMI

Enerji “iş yapma gücü” olarak tanımlanır; bir ülkenin yaşam standardı’ nın, o ülkede kişi başına tüketilen enerji miktarı ile orantılı olduğu kabul edilir. İnsanın doğal olarak yararlandığı enerji ise, beden gücü olmuştur. İnsan uygarlaştıkça, bilgileri artmakta ve başlangıçta tek güç olan beden gücü’ nün yerine yenilerini koymaktadır. Uygarlık tarihinin incelenmesi, enerji kaynağı olarak çeşitli yakıtların, ya birincil olarak, veyahut ta ikincil olarak kullanıldığını göstermektedir. Endüstrileşme süreciyle birlikte yeni yeni enerji kaynaklarına zorunluluk duyulmakta, genellikle de bu kaynaklar bulunmakta veya biliniyorsa, geliştirilmektedir.¹

Çeşitli enerji tipi ve kaynakları mevcuttur. Bu enerji kaynakları arasındaki karşılaştırmayı yapmak için sınıflandırmaya ihtiyaç vardır.

Söz konusu sistematigi seçerken, ister bilinsin, isterse gelecekte bulunacak olsun, tüm enerji kaynaklarını kapsayacak niteliğine özen göstermek gerekecektir. Gerçekten bugün için bilinen ve ticari olarak kullanılan enerji kaynakları yanında ticari değeri olmayan enerji kaynağı türleri de bulunmaktadır. Keza bugün için henüz araştırma aşamasında olan, ancak uzun yıllar sonra, araştırma olumlu sonuç verirse kullanılmağa başlanacak olan kaynaklarla birlikte bugün için hiç bilinmeyen fakat gelecekte bulunması olası kaynaklarda olabilir. İşte bu görüşten hareketle tüm enerji kaynaklarını aşağıdaki sistematik (sınıflandırma) içinde ele alabiliriz.

Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması:

Enerji kaynaklarını kökenlerine göre ikiye ayırmak gerekir;

A-Birincil Enerji Kaynakları: Hiç bir işleme (kimyasal veya benzer) tabi tutmadan kullanılabilen enerji kaynaklarıdır. Petrol, doğal gaz, kömür, odun ve bitümlü şistler, jeotermal enerji gibi.

B-İkincil Enerji Kaynakları: Genellikle birincil enerji kaynaklarından kimyasal veya benzeri işlemler sonucu elde olunan enerji kaynaklarıdır. Petrol ürünleri, hava gazı elektrik gibi.²

Birincil enerji kaynaklarını, biri Konvansiyonel (alışılmış) diğeri de konvansiyonel olmayan (alışılmamış) diye iki ayrı grupta incelemek daha doğru olacaktır. Konvansiyonel enerji kaynakları, ister ticari olsun, isterse ticari olmasın bugün için bilinen ve kullanılması gelenek haline gelmiş kaynaklardır.³

Konvansiyonel olmayan enerji kaynakları ise, üzerinde araştırmanın sürdürüldüğü, henüz kullanılması ekonomik hale gelmemiş enerji yataklarıdır. Bunların içinde bulunduğumuz yüzyıl sonlarında veya gelecek yüzyılın başlarında konvansiyonel yataklar arasına girmeleri beklenmektedir. Örnek olarak güneş enerjisini, jeotermal enerjiyi, gösterebiliriz.⁴

Konvansiyonel enerji kaynaklarını da biri ticari, diğeri de ticari olmayan diye ikiye ayırmak daha doğru olacaktır. Çünkü ticari olanların belirli bir piyasası bulunmaktadır; petrol, kömür, hidrolik enerji gibi. Buna karşın odun, tezek ve tarım artıkları gibi bazı enerji kaynaklarının belirli bir piyasası yoktur, dünya enerji üretim ve tüketim istatistiklerinde yer almazlar. Konvansiyonel olmayan enerji kaynaklarını da fosil ve yenilenebilir olmak üzere iki grupta incelemek gerekir. Fosil kaynaklar arasında bitümlü şistler, asfaltlı kumlar, yenilenebilir kaynaklar ise, güneş, rüzgar, gel-git, jeotermal enerjileri gibi olan türlerdir.⁵

¹ **Enerji Politikası 2 Veriler**, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, 1984. s.110.

² GÖKSU Ekrem, **Enerji Kaynakları I**, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları No:21, İstanbul Tek.Ünv. Maden Fakültesi Ofset Matbaası, İstanbul, 1986, s.4.

³ A.g.e., s.5.

⁴ A.g.e., s.5.

⁵ A.g.e., s.5.

1.1.1. Birincil Enerji Kaynakları

1.1.1.1. Konvansiyonel (Alışılmış) Enerji Kaynakları

1. Petrol
2. Doğal Gaz
3. Taşkömürü ve Linyit
4. Hidrolik Enerji
5. Nükleer Enerji
6. Odun, tarım artıkları gibi ticari olmayan enerji

1.1.1.1.1. Petrol

Yer tabakaları içinde doğal olarak oluşmuş hidro karbon (hidrokarbür) bitüm adıyla da tanınır. Ham petrol, bir tür bitümdür. Enerji kaynakları arasında teknolojisi en hızlı ilerleyen ve en önde olanı petroldür. Çünkü yalnız bir enerji kaynağı değil, aynı zamanda dünyanın en büyük sanayi kolu olan petro-kimya ve kimya sanayilerinin de ham maddesini oluşturmaktadır.⁶

1.1.1.1.2. Doğal Gaz

Doğada oluşan bataklık gazı (metan), kükürtdioksit gazı, karbondioksit gazı, hidrojenli kükürt gazı ve petrol gazı gibi gazların tümüne birden verilen bir addır. Fakat genellikle doğal gaz denildiği zaman, petrol veya gaz yakıtlardan elde olunan gazlar akla gelir; evlerde, sobalarda veya endüstride yakıt veya hammadde olarak kullanılır.⁷

1.1.1.1.3. Taşkömürü ve Linyit

Dünya enerji ihtiyacının önemli bir kısmı katı yakıtlarla giderilmektedir. Katı yakıtlar arasında en önemli ikisi Taşkömürü ve Linyittir; köken olarak her ikisi de bitkilerden oluşur.⁸

⁶ A.g.e., s. 6

⁷ A.g.e., s.13

1.1.1.1.4. Hidrolik Enerji

Akarsulardaki enerjiyi, güneş enerjisinin potansiyel enerjiye dönüşmüş bir şekli olarak düşünürsek; hidrolik devreyi başlatan ve sürdüren su enerjisinin, güneş enerjisi varoldukça bulunacağı, bu nedenle de tükenmezliği ortaya çıkar. Su enerjisinin ticari enerjiye dönüştürülmüş şekline hidro elektrik denmektedir. Elektrik enerjisinin geçmişinde hidro elektrik santrallerinin termik santrallerden sonra uygulama alanına girdiğini görürüz. Enerji kaynağının tükenmez oluşuna karşın hidroelektrik enerji potansiyeli sınırlıdır.⁹

1.1.1.1.5. Nükleer Enerji

Nükleer enerjinin kısa geçmişi, bir bakımdan esaslı bir potansiyel kaynak olması nedeniyle ümit vericidir. Ticari nükleer enerjinin rolü genellikle, elektrik santrallerindeki uygulamaya dayanmaktadır. Rusya, İngiltere, Fransa ve Kanada'da 1960'lardan beri ticari nükleer enerji ile işleyen santraller kurulmuş ve kurulmaktadır. Batı Avrupa ve Japonya'da nükleer santraller kurulmaktadır.¹⁰

1.1.1.1.6. Odun ve Tarım Artıkları

Dünya enerji üretimi ve tüketimi istatistiklerinde yer almayan odun vb. yakıtlar ticari enerji kaynağı sayılmamaktadır. Fakat odun, tarım artıkları gibi maddeler yakılarak enerjisinden ısınma amaçlı olarak yararlanılmaktadır.¹¹

1.1.1.2. Konvansiyonel Olmayan (Alışılmamış) Enerji Kaynakları

1.1.1.2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

1.1.1.2.1.1. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, bilinen fosil yakıtlarla nükleer enerji kaynaklarına ek olarak, belki de en çabuk devreye sokulabilecek bir enerji kaynağıdır. Jeotermal enerjiyi, arzun içindeki ısının dışa doğru vuruşu esnasında yeraltı rezervuarlarında su buharı,

⁸ A.g.e., s.17.

⁹ A.g.e., s.30.

¹⁰ A.g.e., s.33.

¹¹ A.g.e., s.37.

sıcak su veya sıcak taşlar haline gelmiş ürünü diye tanımlamak mümkündür. Bugüne dek bilinen yüksek ısıdaki jeotermal rezervuarla yerkabuğunun deforme olduğu ve bu nedenle de magma sıcaklığının normalden çok fazla sıcak olarak yukarılara çıkabildiği yerlerde bulunmuştur. Yerkabuğunun deforme olduğu bu tür bölgeler arasında Pasifik okyanusu kıyılarını içeren bir kuşak ile Avrupa'nın güneyinden geçerek Asya ortalarına kadar uzanan diğer bir kuşak bilinmektedir. Derin deniz diplerinde de benzeri kuşakların bulunduğu yine bilinmektedir. Yerkabuğunun normal (ortalama) jeotermik gradyanı, her 33 m. derinlik için 1 °C olarak saptanmıştır. Fakat söz konusu olan yerkabuğunun deforme olduğu yerlerde her 2-3 m derinlik için 1 °C ısı artması vardır. Bu gibi yerlerde mağma'nın üstüne gelen tabakalar çeşitli jeolojik, mağmatik ve tektonik olaylar sonucu aşırı derecede ısınarak hipertermal alanlar oluşturmuşlardır.¹²

Hipertermal veya aşırı ısınmış alanların üstüne gözenekli (poroziteli) kum, çakıl, kalker vb. tabakalar çökelmiş ve bu iyi geçirimli aynı zamanda gözenekli tabakaların üstleri de kil, marn, şeyl gibi geçirimsiz tabakalarla iyice örtülmüş ise; geçirgen tabakalar içinde toplanan su, üzerinde bulunan basınçla dengeli bir su buharı karışımı halinde depolanabilmektedir. Yerin derinliğindeki ısı kaynağı olarak genellikle, henüz soğumamış bir mağma veya az çok aktif bir volkanizma olayı kabul olunmaktadır. Su buharının ve sıcak suyun toplandığı tabakaya akifer denir. Akiferdeki suyun kökeni iki ayrı kaynaktan gelmektedir. Birisi %90-98 oranında çoğunluğu oluşturan meteorik sulardır; diğeri ise, magmadan gelen su buharının oluşturduğu juvenil sulardır. Isınma ve konveksiyon akımları sonucu hareket halinde olan bu iki tür su karışımı, akiferin üstü iyi örtülü olduğu yerlerde toplanır. Sondaj yoluyla basınç altındaki akifer suyunu yeryüzüne doğal buhar olarak çıkarma olanağı vardır. Doğal buhara jeotermal enerji adı verilmektedir. Bu tür enerji, başta elektrik enerjisi üretimi olmak üzere, çeşitli endüstri dallarında; ısıtmada ve suyun içindeki eriyik madensel tuzları üretmede kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi için doğal buharın 150 °C üzerinde olması, işletmeyi ekonomik yapabilmenin başlıca koşulları arasındadır. Bir sondaj kuyusunun genellikle 10 yıllık bir ömre sahip olduğu düşünülmektedir. Bu süre sonunda kuyu içindeki kabuklanma olayı ve akiferdeki su düzeyinin alçalması ortaya çıkabilmektedir.¹³

¹² A.g.e., s.38.

¹³ A.g.e., s.42.

1.1.1.2.1.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi de yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Güneşten dünya atmosferine her yıl 2×10^{14} taşkömürüne eşit enerji gönderilmektedir. Türkiye'nin yüzölçümü hesaba katılarak bir yılda yüzeyine ulaşan güneş enerjisi miktarı da 1.3×10^{11} ton taşkömürüne eşittir. Güneş enerjisinin: %50 etkinlikle elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Ülkemizin büyük bir kısmında güneş enerjisinden yararlanma olanağı mevcut olabilir.¹⁴

1.1.1.2.1.3. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar, güneşin yarattığı başka bir enerji türüdür. Güneşin etkisiyle gündüz atmosferin ısınması ve gece ise soğumasıdır. Bir başka deyişle rüzgar, atmosferin güneşten aldığı enerjinin reaksiyonudur. Sıcak, yüksek basınç, soğuk ise alçak basınç yaratır ve bu yoldan rüzgar oluşur. Rüzgarlar, insanoğlunun kullanmasını öğrendiği en eski enerji kaynaklarındandır. Sakıncası; rüzgarın ne zaman başlayıp ne zaman biteceğinin bilinmemesidir. Rüzgar enerjisinin akışı ise; rüzgar kaynağı, elektrik şarjı, depolama bataryaları, jeneratör, pervaneler şeklindedir.¹⁵

1.1.1.2.1.4. Dalga ve Gel - Git Enerjisi

Gel-Git enerjisi, özel bir teknoloji gerektiren bir kaynaktır. Aynı zamanda bazı jeolojik ve coğrafi koşullarında bulunması zorunludur. Buna rağmen gel-git gücünden büyük çapta yararlanma olanağına sahip ülkeler vardır. Fransa, İngiltere ve İspanya'da 11. Yüzyıldan beri gel-git enerjisinden yararlanılmaktadır.¹⁶

2.1.1.2.1.5. Biyo - Yakıtlar

Yaşayan cisimlerin yarattığı yenilenebilir enerji kaynağına biyo - yakıt denir. Fosil kaynaklardan ayrılması gerekmektedir. Çünkü bunlarda biyolojik kökenden gelmekle beraber yenilenemezler bir kez oluşmuşlardır.¹⁷

¹⁴ A.g.e., s.42.

¹⁵ A.g.e., s.48.

¹⁶ A.g.e., s.49.

¹⁷ A.g.e., s.49.

1.1.1.2.1.6. Nükleer Füzyon

Reaktör gelişiminde son safha, nükleer füzyon (birleşme) esasına dayanmaktadır. Uygulama alanına konabilirse, sonsuz enerji üretimi olanak içine girecektir. Yakıt olarak kullanılan maddelerin atom çekirdeklerinin birleşmesiyle ısı elde olunmaktadır.¹⁸

1.1.1.2.2. Fosil Kaynaklar

Fosil kaynaklar; bitümlü şistler, asfaltlı kumlar, kalıntı petrol, derin deniz petrolü, kömürden petroldür.¹⁹

1.1.2. İkincil Enerji Kaynakları

1.1.2.1. Petrol Ürünleri

Ham petrolün rafinerilerde işlenmesi yoluyla elde olunan ürünlerin arasında özellikle yakıt olarak kullanılanlar şunlardır; likit petrol gazı, benzin, gazyağı, motorin, fuel - oil.²⁰

1.1.2.2. Kok

Kömürün kapalı bir yerde ısıtıldıktan ve uçucu kısımları alındıktan sonra geriye kalan maddeye kok denir. Sert, kolayca kırılabilir ve delikli görünümü olan kok yarı metalik parlaklıktadır.²¹

1.1.2.3. Briket

Kömür tozlarının birleşmesinden oluşur. Saatlerce sönmeden yandığı, oldukça yüksek ısı verdiği için sobalarda ve endüstride kullanılır.²²

¹⁸ A.g.e., s.54.

¹⁹ A.g.e., s.54.

²⁰ A.g.e., s.56.

²¹ A.g.e., s.60.

1.1.2.4. Havagazı

Taşkömürü koklaşması sırasında çıkan uçucu maddeler havagazını oluşturur. İçinde CO₂ içerdiği için zehirlidir. 4200 kcal/m³ civarında ısı değeri vardır. Havagazı hacimsel olarak 5-25 katı hava ile karışıp yanabilir.²³

1.1.2.5. Buhar

Suyun 100 °C nin üstünde ısınmasıyla elde olunan su buharı veya doğal olarak (jeotermal) çıkan buhar kuvveti de önemli bir enerji kaynağıdır.²⁴

1.1.2.6. Elektrik

Su ile çalışan hidrolik santrallerde, yakıt ile çalışan termik santrallerde elde olunan elektrik enerjisi, ikincil bir kaynağı oluşturmaktadır.²⁵

1.2. JEOTERMAL ENERJİ' NİN GENEL TANITIMI

1.2.1. Jeotermal Enerji' nin Tanımı

Yerküre içinde depolanmış bir ısı enerji bulunmaktadır. Yerkabuğu içindeki yüksek sıcaklıklı su ve buhar karışımında ortaya çıkan bu enerjiye jeotermal enerji adı verilmektedir. Bir başka deyişle Jeotermal Enerji; Yerkabuğunun ulaşılabilir derinliklerinde olağandışı olarak birikmiş ısı potansiyelinin ekonomik olarak yararlanılabilen şeklidir. Yerküre bir ısı motoru olarak kabul edilirse bu motorun çalışmasını sağlayan elemanlar madde ve enerjidir. Madde yerkabuğunun yapısını oluşturan çeşitli minerallerden oluşan kütlelerdir. Enerji ısı motorunun içinde yerküreden türemiş olan katı ya da kısmen erimiş kayalar ve su ile taşınır. Bu ısı motorunu oluşturan maddenin yani kayaların kendi iç ısı enerjisi motorun işlemlerini

²² A.g.e., s.62.

²³ A.g.e., s.62.

²⁴ A.g.e., s.63.

²⁵ A.g.e., s.30.

sağlar. Yerkürenin ısı enerjisi birbiriyle bağlantılı ya da ayrı birçok ısı motorunun enerjilerinin birleşik halidir.²⁶

Yerkabuğundaki ısı kaynağı magmadır. Magmanın derinliklerinden büyük kitleler halinde yukarı gelen erimiş kayaçlar ısı akışını yerel olarak artırırlar. Yerkabuğundaki jeotermal ısı mantodan ısı iletimiyle ve radyoaktif elementlerin bozulmasından oluşan ışıyım yoluyla ortaya çıkar²⁷(Şekil 1.1.).

Jeotermal enerjinin kullanılabilmesi bazı koşulların oluşmasına bağlıdır. Temel gereklilik, enerjinin ulaşılabilir olmasıdır. Ulaşılabilirlik, gözenekli ve / veya çatlaklı yer içi oluşumlarında ısının taşınımı ya da kayacın kendi ısı iletimi gibi doğal süreçlerle sağlanmaktadır. Yer içinde depolanmış ısının miktarı ve fiziksel büyüklüğü yeterliyse ve depo alanı yeryüzüne yakınsa, yüzeye bir ısı sistemi kurularak sıcak su ve buhardan enerji elde edilebilir. Jeotermal alana bir kuyu açılır; kuyudan alınan buharın bir jeneratörü çalıştırması sağlanır. Hidroelektrik santrallerde yüksekten hızla düşen suyun enerjisinden yararlanılabilir. Buhar bir türbine yollanır ve türbinin dönmesi sağlanır. Hareket eden türbin elektrik üreten bir jeneratörü çalıştırır. Bunun sonucunda da elektrik üretilir.²⁸

Doğal buhar ve sıcak su kaynaklarının bulunduğu yerlerde jeotermal alan olduğuna kesin gözüyle bakılabilir. Ancak yüzeyde herhangi bir kaynağın bulunmadığı durumlarda da bir bölge jeotermal özellik taşıyabilir. Sıcak su ve buhardan elde edilen enerji, fabrikalarda büyük üretimler için gereken ısı (endüstriyel proses ısı) enerjisi ve elektrik elde edilmesinde kullanılabilir. Sıcak su ve buhar bu gibi amaçlarla kullanıldıktan sonra atık suyun yok edilmesiyle süreç tamamlanır. Jeotermal sistemlerden ticari olarak yararlanma, yalnızca ulaşılabilen yüksek sıcaktaki su yataklarıyla sınırlıdır. Yetmişli yıllarda artan petrol fiyatları, jeotermal enerjiyi o yıllarda çekici bir kaynak durumuna getirmiştir. Seksenli yıllarda ise, petrol fiyatlarının daha istikrarlı olması jeotermal enerji kullanımının artmasını olumsuz etkilemiştir. Jeotermal enerjinin doğrudan olmayan kullanımı, elektrik enerjisine çevrilmesiyle gerçekleştirilir. Doğrudan kullanımı ise, konut ısıtması, seracılık ve

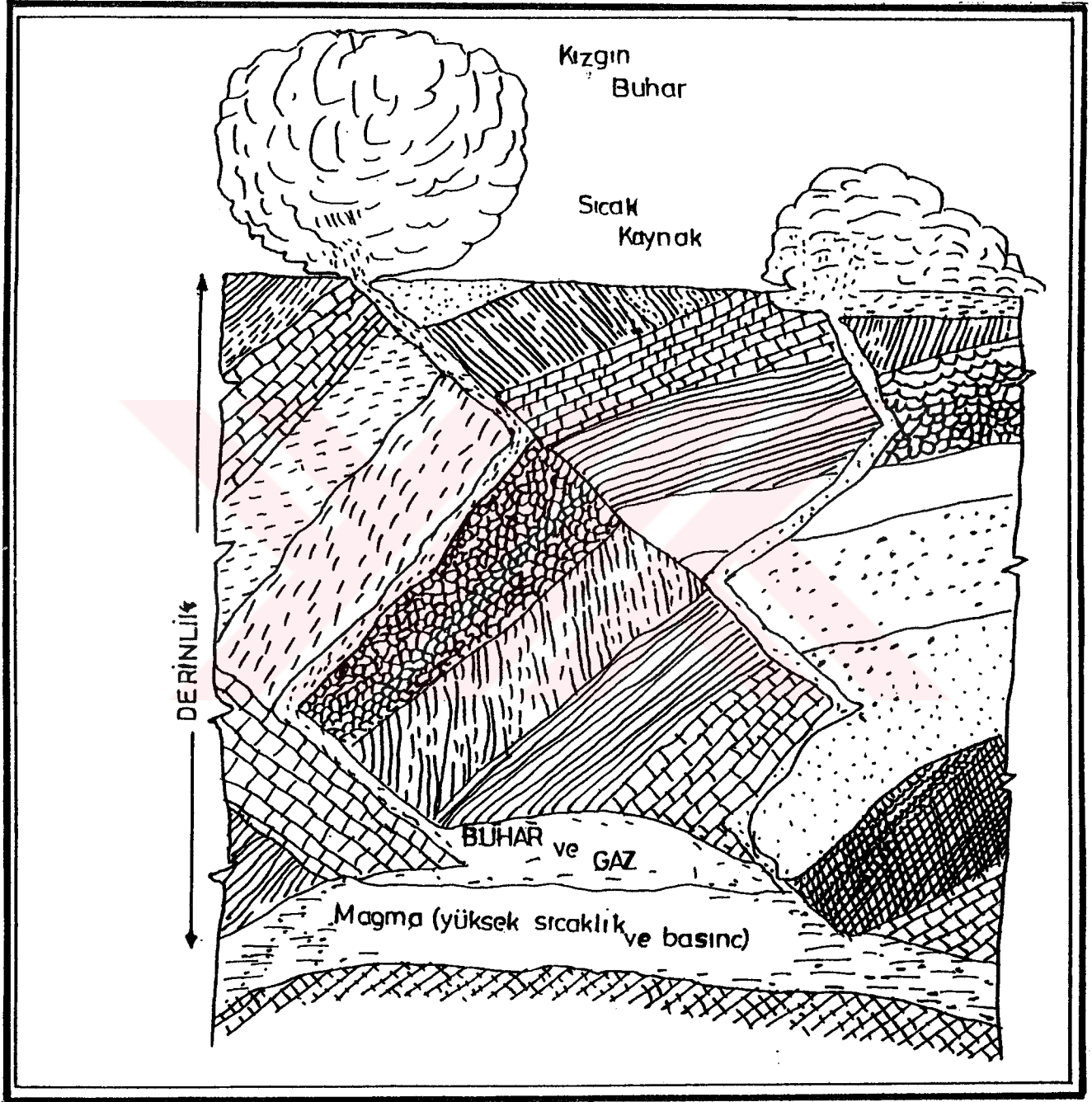
²⁶ ŞAMİLGİL Erman, **Jeotermal Enerji**, Yıldız Teknik Üniv. Kocaeli Müh.Fak.Jeo.Müh.Böl., Sayı:262, İstanbul, 1992, s.1.

²⁷ KETİN İhsan, **Türkiye Jeolojisine Genel Bakış**, İstanbul Tek.Ünv.Vakfı, Kitap Yayın No:32, İstanbul,1983, s.257.

²⁸ SERPEN Umrar, "Fosil Yakıtsız Yaşamda Jeotermal Enerji", **Bilim Teknik Dergisi**, Şubat, 1996, Tübitak Yayın No:339, Ankara, s.60.

endüstri için söz konusudur. Yüksek entalpili ($h > 770$ j/g) kaynakların önemli bir çoğunluğu düşük entalpili olduğu için, doğrudan kullanıma uygundur. Entalpi, birim akışkanın sıcaklığını belli bir miktar artırmak için verilmesi gereken ısı miktarıdır. Türkiye'deki jeotermal kaynakların önemli bir çoğunluğu düşük entalpili olduğu için, doğrudan kullanılmada verim daha yüksektir. Yapılan çalışmalar, konut ısıtmacılığında jeotermal enerji kullanımının yüksek olduğunu göstermektedir. Örneğin, 150 °C lik bir jeotermal kaynak doğrudan kullanıldığında verim %80 iken, elektriğe dönüştürüldüğünde verim % 10'a düşebilir. Konut ısıtmacılığının tekniği ise, jeotermal suyun sıcaklığı ve bileşimi ile değişmektedir. Örneğin 60-100 °C arasındaki bir jeotermal su ile ısıtma doğrudan yapılırken, suyun aşındırıcı (koroziv) maddeler içermesi ya da çökelme eğilimi taşıması durumunda ısı değiştirici gerekmektedir.²⁹

²⁹ SERPEN, A.g.e., s.62.



Şekil 1.1. Jeotermal Enerjinin Oluşumu ve Yeryüzüne Çıkışı

(CULUP, A.W., Principles of Energy Conversion, 1991, MC Graw-Hill Inc, Singapore.)

1.2.2. Jeotermal Enerji' nin Genel Özellikleri

Petrol ve kömür gibi günümüzde yaygın olarak kullanılan enerji kaynaklarının yakın bir gelecekte tükeneyeceği veya rezervlerinin büyük ölçüde azalacağı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle yeni enerji kaynaklarının bulunması veya bazı enerji kaynaklarından daha geniş ölçüde yararlanılması yollarının araştırılması gerekmektedir. Böyle bir durumda jeotermal enerji, alternatif enerji kaynağı olarak dikkati çekmektedir.

Yer yuvarlağının derinliklerindeki sıcaklıkla ilgili olan ve bu güçle ısınarak oluşan enerjiye jeotermal enerji adı verilmektedir³⁰. Yerin derinliklerine doğru inildikçe sıcaklığın artması jeotermal enerji oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Bilindiği gibi yerkabuğundan aşağıya doğru her 33 m. derinliğe inildikçe, ortalama 1 °C sıcaklık artışı olmaktadır³¹. Söz konusu alanlar, jeotermal enerji oluşumu için oldukça uygun koşullara sahip olabilir. Gerçekten de yeryüzünde jeotermal enerji kaynaklarının dağılımı ile tektonik kuşaklar, kırık hatlar ve volkanik sahalar arasında yakın bir benzerlik vardır. Jeotermal enerjinin alışılmış enerji kaynaklarına göre, bazı üstünlükleri vardır. Öncelikle jeotermal enerji güneş, rüzgar ve gel-git enerjisi gibi tükenmez bir enerji kaynağıdır. Diğer enerji kaynaklarında sıkça rastlanan çevreyi kirlileme sorunu , bu enerji kaynağının da söz konusu değildir. Ayrıca jeotermal enerjinin üretim maliyeti diğer enerji kaynaklarından daha ucuzdur. Belirtilen avantajlar, jeotermal enerjinin uygulama alanlarının giderek çeşitlenmesine neden olmaktadır. Nitekim günümüzde seraların, konutların, havaalanı pistlerinin, hayvan çiftliklerinin ve yüzme havuzlarının ısıtılması, balık başta olmak üzere çeşitli yiyeceklerin kurutulması, deniz suyundan tuz elde edilmesi ve elektrik enerjisi üretilmesi gibi çeşitli faaliyet alanlarında jeotermal enerjiden yararlanılmaktadır. Bununla birlikte, jeotermal enerjinin kullanım alanını belirleyen en önemli faktör sıcaklık değeridir. Örneğin, 60 °C nin altındaki jeotermal sulardan elektrik enerjisi üretiminde yararlanmak mümkün değildir.³²

³⁰ **Türk Kültürü Dergisi**, Türk Kültürünü Araştırma Enstitüsü, Yayın No:390,Ankara,1995, s.622'den naklen; DOĞANAY, H., **Enerji Kaynakları**, Atatürk Üniv.Yayınları No:707,Erzurum,1991, s.158.

³¹ GÖKSU, A.g.e.,s38.

³² AKKUŞ, F.,ŞİMŞEK, Ş., "Jeotermal Enerji ve Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli", **Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Dergisi**, Yay. No:27, Ankara-1982,s.129.

Dünya' da tüketilen enerji miktarı içerisinde, jeotermal enerjinin payı henüz çok azdır. Ancak bu payın, gelecekte artması beklenmektedir. Özellikle yıllık elektrik enerjisi üretiminde, jeotermal enerjinin payı giderek yükselmektedir. Örneğin bu pay İtalya da % 6, Yeni Zelanda da %20, El Salvador da %50 ve ABD'n de ise % 0.3 dolayındadır. Dünyada jeotermal enerjiden en fazla yararlanan ülkelerin başında İtalya, İzlanda, Yeni Zelanda ve ABD gelmektedir.³³

1.2.3. Jeotermal Enerjinin Önemi

Dünya' da olduğu gibi ülkemizde de önemli bir jeotermal enerji potansiyeli mevcuttur. Gerek elektrik üretimi gerekse elektrik dışı uygulamalar olarak pek çok kullanım alanı bulunan bu enerji kaynağının üstünlüklerinin yanısıra sorunları da vardır. Jeotermal enerji kaynağından maksimum yararlanma, genel olarak belirlenen, yönetim-organizasyon, finans, planlama ve diğer sorunların çözümü ile yakından ilgilidir.

Yenilenebilir bir enerji kaynağı olması, tükenmezliği, çevreyi kirliletmemesi, ekolojik dengeyi bozmaması, arama ve işletme aşamasında maliyetinin düşüklüğü, ülkemizin hemen her yanında yaygın olarak bulunması, özellikle ısıtmacılıkta ve endüstriyel kullanımda devreye çok çabuk sokulabilmesi bu kaynağa fazla önem verilmesini gerektirmektedir. Tüm sorunların çözülerek maksimum kapasitelere erişilmesi ülke ekonomisi için büyük kazanç olabilecektir.³⁴

1.2.3.1. Jeotermal Enerji' nin Hava Kirliliği Yönünden Önemi

Hava kirliliği bugün ülkemizde birinci derecede önemli çevre sorunu haline gelmektedir. Hava kirlenmesi, genel şekli ile insanların çeşitli aktivitelerinden doğan ve sağlıklarının yanısıra kaynakların da kirlenmesine sebebiyet veren kirlleticilerin atmosfere karışmasıdır.³⁵

³³ ERİŞEN Bilge, "Jeotermal Enerji Kullanımı ve Türkiye'deki Durumu", *Jeomorfoloji Dergisi*, Sayı:15, Mart 1987, Ankara, s.81.

³⁴ ORME JEOTERMAL, Ucuz Isınma, Temiz Hava İçin; *Jeotermal Merkezi Isıtmanın Dünyada ve Türkiye'deki Durumu ve Ekonomisi*, , Yayın No:94/2, Ankara,1994, s.8.

³⁵ INCECIK Selahattin, *Hava Kirliliği*, İstanbul Tek. Ün.v.Yayınları, Yay. No:1539, İstanbul,1994, s.1.

Günümüzde elektrik enerjisinin üretiminde kullanılan yakıtlar içerisinde en ön planda kömür ve petrol gibi fosil yakıtlar gelmektedir. Bu yakıtlar içerisinde bulunan en önemli elemanın kükürt olması sebebiyle enerji santralleri, yüksek miktarlarda yakıt kullanmaları nedeniyle en fazla SO₂ kirlenmesine yol açan kirlenici kaynaklar olmaktadır. Yine, konut ısıtılmasında ve enerji temininde kullanılan fosil yakıtlar içerisinde en büyük pay kömür ve petrole aittir. Kullanılan yakıtın kalitesi bu tür kaynaklardan gelen hava kirliliği üzerine çok fazla etki yapmaktadır. Son yıllarda özellikle kış mevsimlerinde başta büyük şehirlerimiz olmak üzere birçok yerleşim bölgelerinde hava kirliliği hat safhaya ulaşmaktadır.³⁶

Hava kirliliği başlıca olarak; insan ve hayvanların sağlıklarının, bitki örtüsüne, toprak ve malzemelerin bozulmasına, iklim üzerinde değişikliklere, güneş radyasyonu ve görüş azalmasına yol açmaktadır.³⁷ ABD ve Avrupa'da birçok yerleşim bölgelerinde fuel-oil, kömür beslemeli merkezi şehir ısıtma sistemleri vardır. Bunlar hava kirliliğini önleyen ve buna ilaveten yakıt ekonomisi sağlayan altyapı tesisleridirler. Bu merkezi ısıtma sistemlerini ucuz bir ısı kaynağı olan jeotermal enerjiye dayalı hale getirdiğimiz zaman ülke ekonomisine ve çevreye olan katkısı çok daha büyük olabilecektir.³⁸ Türkiye de şu anda Gönen ve Simav'dan başka merkezi şehir ısıtma sistemi bulunmamaktadır. Bu konutlar jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Türkiye, jeotermal enerji (ısıtma amaçlı) potansiyeli olarak, Dünya' da ilk 7 ülke arasına girmektedir. Jeotermal enerji kullanımının yaygınlaşması ile fosil yakıtların tüketimi ve bunların kullanılmasından doğan sera etkisi ve asit yağmuru gazların atmosfere atımından dolayı meydana gelen zararlı etkiler azaltılabilecektir. Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal santrallerde zehirli gaz atımı çok düşük olup, özellikle merkezi ısıtma sistemlerinde sıfırdır. Yeni kuşak modern jeotermal santrallerde, yoğunlaşmayan gazları buharın içinden alıp, kullanılmış jeotermal akışkan ile birlikte yeraltına geri veren reenjeksiyon sistemleri vardır. Bu jeotermal santraller ile jeotermal ısıtma sistemleri tarafından dışarı atılan hiç bir şey yoktur denilebilir. Yani tüm istenmeyenlerin sıfır olduğu bu enerji kaynağı hava kirliliğinin önlenmesinde son derece önemlidir.³⁹

³⁶ INCECIK, A.g.e., s.21.

³⁷ STERN, A.C., *Air Pollution, The Effects of Air Pollution*, Mc Graw Hill Co.(1977).

³⁸ ORME JEOTERMAL, *Ucuz Isınma, Temiz Hava İçin; Jeotermal Merkezi Isıtmanın Dünyada ve Türkiye'deki Durumu ve Ekonomisi*, Yayın No:94/2, Ankara, 1994, s.2.

³⁹ Türkiye 6. Enerji Kongresi Tebliği, İzmir, 17-22 Ekim, 1994.

Kullanım alanlarındaki işlevleri bittikten sonra jeotermal akışkanlar, rezervuar kayalara tekrar gönderilirler, dolayısı ile herhangi bir çevre kirliliği yaratmadığı gibi kendilerini de tekrar beslemiş olurlar. 40 °C sıcaklığındaki jeotermal su ile bile, artık evlerde ısıtma yapılabilir. Türkiye de, batı Anadolu'da orta ve düşük sıcaklıklı kaynaklar vardır. Ancak sıcaklığı 40 °C nin üzerinde Türkiye'de 140 jeotermal saha bulunmaktadır ve Türkiye jeotermal kaynak zenginliğinde dünya da ilk 7 ülke arasında yer almaktadır. MTA verilerine göre jeotermal ısı potansiyelimiz 31500 Mwt' dır. Bunun konut eşdeğeri beş milyon konutun jeotermal enerji ile ısıtılmasıdır. Türkiye de yerleşim bölgelerinin % 30-35'i jeotermalle (ekonomik olarak) ısıtılabilir, hava kirliliği kesinlikle önlenir ve bacaların yerini jeotermal merkezi ısıtma sistemleri alabilir. Gönen ve Simav Jeotermal enerji ile merkezi olarak ısıtıldıkları için hava kirliliği sorunları yoktur.⁴⁰ Türkiye'de jeotermal enerji ile ısıtılacak yerler Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1:Türkiye'de Jeotermal Enerji İle Isıtılacak Yerler

Afyon	Sorgun	Nazilli	Bursa	Yenice	Akyazı
Simav	Bolvadin	Buldan	Aydın	Karasu	Seben
Gediz	Sandıklı	Kızılcahamam	Germecik	Pamukçu	Erciş
İzmir	Edremit	Emet	İlgın	Balya	Sivas
Balçova	Hisaralan	Havran	Sındırgı	Gönen	Pasinler
Seferihisar	Balıkesir	Güre	Dikili	Yozgat	Bigadiç
Kozaklı	Turgutlu	Reşadiye	Salavatlı	Ilıca	Sakarya
Havza	Salihli	Kırşehir	Sarayköy	Bademli	Kuzulu

Kaynak: Orme Jeotermal,A.g.e. Yay. no:94/02,s.3.

1993 yılı rakamlarına göre jeotermal merkezi ısıtma sistemi yatırımları ev başına 8-9 milyon TL' sına mal olmuş, kendilerini en geç 4 yılda geri ödemişlerdir. Jeotermal ısıtma işletmeciliğinin hiç bir problemi yoktur.⁴¹ Jeotermal merkezi ısıtma sisteminin, imkan olan yerlerde uygulanması, hava kirliliğinin önlenmesi açısından son derece önemli bir çözüm yolu olabilir.

⁴⁰ ORME JEOTERMAL,1994,A.g.e.,s.4.

⁴¹ Simav Belediyesi Jeotermal Müdürlüğünden Alınmıştır.

1.2.3.2. Jeotermal Enerji' nin Çevre Yönünden Önemi

Çevre sorunları, yaşadığımız yüzyılın en önemli problemi olarak ekvator dan kutuplara kadar her bölgede kendisini göstermektedir. 21. yüz yıla yaklaşırken her geçen gün büyüyen ve doğal kaynakları kullanılmaz hale getiren çevre sorunları, dünyanın geleceğini ciddi bir şekilde tehdit etmektedir. 1940'lı yıllarda 3 milyar civarında olan dünya nüfusu günümüzde 6 milyara ulaşmıştır. Ancak 50 yıllık bir süre içerisinde dünya nüfusunun iki kat artmasına karşın enerji üretimi dört kat artmıştır. Bu örnek, enerji üretiminin ve üretim şeklinin dünyamız için ne kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır.⁴²

Çevre boyutuna yeterince önem verilmemesi dünyamızı ve ülkemizi ekolojik tehlikelerle yüz yüze getirebilecektir. Bu konuda en önemli göstergelerden biri de fosil yakıtların yanması sonucu çıkan atmosferdeki CO₂ miktarıdır.⁴³

1880'li yıllarda dünyadaki CO₂ konsantrasyonları 275 ppm olarak belirlenmiş iken, 1992'de 360 ppm' i aşmıştır. Eğer fosil yakıt kullanımında bir değişiklik olmazsa 2050'li yıllarda CO₂ konsantrasyonunun 400 ppm' i aşacağı tahmin edilmektedir. Arz atmosferinin ısınmasına yol açan bu olumsuz durum özellikle 1970'li yıllardan itibaren dünya ülkelerini yeni çevre politikaları üretmeye zorlamıştır. 1985 Helsinki protokolü, 1990 Londra anlaşması ve 3-4 Haziran 1992 tarihlerinde Brezilya da yapılan konferanslar çevrenin önemini vurgulayan toplantılar olmuştur. Rio' da yapılan Birleşmiş Milletler Çevre ve Gelişme konferansı sonrasında yayınlanan bildiri "Ormanlar Geleceğin Kapitalidir" sözü ile son bulmaktadır.⁴⁴ 21. yüz yılda dünya için yeni bir çevre sloganı, bireysel çevre sorumluluğunu yerleştirecek olan "Global Düşün, Lokal Hareket Et" ilkesi olabilecektir.⁴⁵

Bugün jeotermal enerji kullanımı sonucunda fosil yakıtlarının tüketimi ve bunların kullanımından doğan sera etkisi ve asit yağmuru gazlarının atmosfere atımından dolayı meydana gelen zararlı etkiler azaltılmıştır. Jeotermal enerjiye dayalı

⁴² INCECİK Selahattin, *Hava Kirliliği*, İstanbul Tek. Üniv. Yayınları, Yay. No:1539, İstanbul, 1994, s.1.

⁴³ INCECİK Selahattin, *Hava Kirliliği*, İstanbul Tek. Üniv. Yayınları, Yay. No:1539, İstanbul, 1994, s.1.'den naklen; Böttcher, F., Science and Fiction of the Greenhouse Effect and Carbon Dioxide, Change Research and Policy Newsletter on Global Change, 13, April, 3-5, 1993, s.14

⁴⁴ INCECİK Selahattin, *Hava Kirliliği*, İstanbul Tek. Üniv. Yayınları, Yay. No:1539, İstanbul, 1994, s.2.'den naklen; Earth Summit Rio Declaration and Forest principles, United Nations Conference on Environment and Development, 3-4 Jun, Rio De Janeiro, 1992.

⁴⁵ INCECİK, A.g.e. s.4.

modern jeotermal santrallerde CO_2 , NO_x , SO_x atımı çok daha düşük olup (Grafik 1.1.), merkezi ısıtma sistemlerinde sıfırdır⁴⁶ (Grafik 1.2).

Yeni kuşak modern jeotermal santrallerinde, yoğunlaşmayan gazları buharın içinden alıp, kullanılmış jeotermal akışkan ile birlikte yer altına geri veren reenjeksiyon sistemleri vardır. Bu jeotermal santraller ile jeotermal ısıtma sistemleri tarafından dışarı hiç bir şey atılmaz. Eski tip jeotermal santraller, üretilen her Mwh elektrik için en fazla 0,136 kg karbon dışarı verebilirler. Bu değer konvansiyonel sistemlerle kıyaslandığında, doğal gaz ile çalışan bir santral için 128 kg/Mwt, 6 numaralı fuel-oil ile çalışan bir santral için 190 kg/Mwt ve kömür ile çalışan bir santral için ise 226 kg/Mwt' tır.⁴⁷ Kömür yakıtlı santrallerdeki CO_2 atımı, eski tip jeotermal santrallerdekine oranla 1600 kat daha fazladır. Bu karşılaştırmaların ışığında, jeotermal enerjinin avantajı kesin olarak görülebilmektedir. Eski tip jeotermal santraller, fosil yakıtlar ile çalışanların sadece %1 i kadar kükürt atarlar. Ayrıca azot-oksit atışı da fosil yakıtlı santrallere göre daha düşüktür. Eski tip jeotermal santrallerdeki partikül atım, sadece soğutma kulelerinin içindeki suyun buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu da, kömür ve petrol yakan santrallerden bin kat daha azdır. Netice olarak, yeni kuşak Binary jeotermal elektrik santralleri ile jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinde hiç bir atım yoktur.⁴⁸

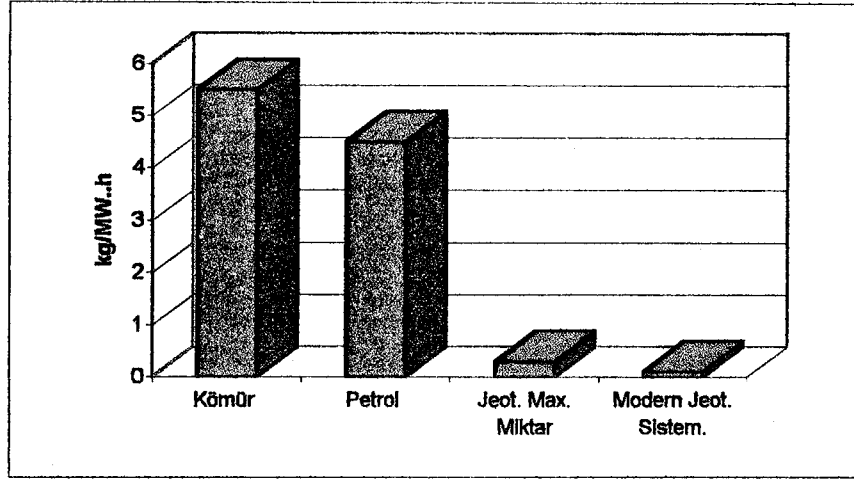
1.2.3.3. Jeotermal Enerjinin Atık Yönünden Önemi

Jeotermal enerji ısı aktarıcılar vasıtasıyla temiz suya enerjisini aktardıktan sonra tekrar reenjeksiyon kuyularına geri gönderilmektedir. Bu nedenle bünyesinde bulundurduğu çeşitli gaz ve minerallerin çevreye zarar vermesi önlenmektedir. Yani bu enerji kaynağının dışarıya hiç bir atık maddesi bırakılmamaktadır. Günümüzde alışılmış enerji kaynakları olan fosil yakıtlar (petrol, doğalgaz, kömür, odun, tezek vb.) belirli oranlarda yanmayan maddeler ihtiva ettikleri için gaz olarak havaya, katı olarak ta çevre ve akar sulara zarar vermektedirler.

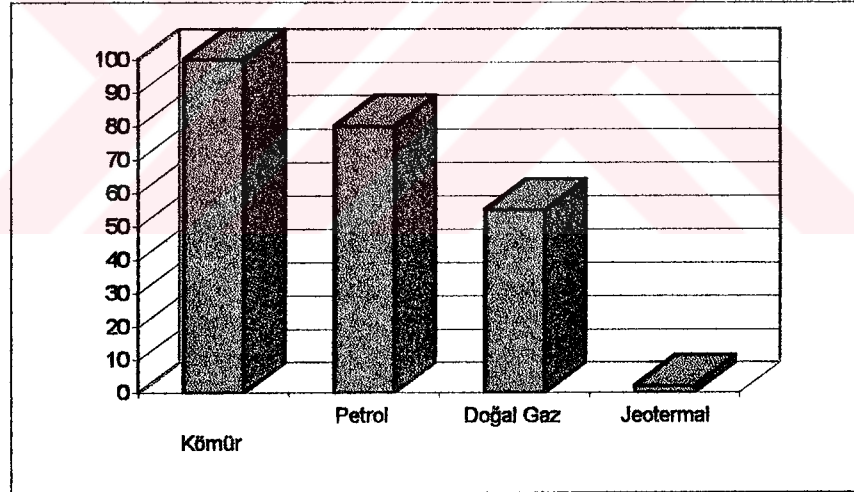
⁴⁶ ORME JEOTERMAL, **Çevre Dostu Yeşil Enerji**, Yayın No:Kasım 1996, Ankara, s.4.

⁴⁷ MERTOĞLU Orhan, MERTOĞLU Mehmet, "Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemlerinin Çevreye Müspet Katkısı" **Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu**, Denizli,1994, s.6.

⁴⁸ A.g.e.,s.6.



Grafik 1.1: Elektrik Santrallerinde Kullanılan Yakıtların SO_x Emisyonu
(Orme Jeotermal 1996, s.6.)



Grafik 1.2: Merkezi Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Yakıtların CO₂ Emisyonları
(Orme Jeotermal 1996, s.6.)

1.2.3.4. Jeotermal Enerji' nin Ekonomik Yönden Önemi

Türkiye'de tarım sektörünün enerji kullanım payı, nüfus, gayri safi milli hasıla ve yaşam standardı gibi farklı stratejik parametrelere göre sürekli artış göstermektedir. Birincil enerji kaynaklarının fiyatlarının artması, kaynakların tükenmesi ve çevre kirliliği gibi nedenlerle enerji kullanımı, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru taşınmaktadır. Uygulamada önemli yeri bulunan yeni enerji kaynaklarından biriside jeotermal enerjidir. Özellikle kırsal yöreler için elektrik üretimi dışında konutların, hayvan barınaklarının ve seraların ısıtılması ile önemli ekonomik kazançlar sağlanabilir. Yapılan çalışmalara göre, aramalarla geliştirilmesi olası biçimde kırsal kesim açısından ekonomik jeotermal enerji potansiyeli, 10 milyar kwh elektrik ve 60 milyar kwh ısı enerjisi olabilecektir. Kurulacak ekonomik güç ise, yılda 5 bin saat çalışması öngörülen sistemler için 400 Mw. elektrik ve 4000 Mw. ısısal güç düzeyindedir. Halen 50 Mw. gücün konut ve seraların ısıtılmasında kullanıldığı düşünülmektedir. Ülkemizde seracılığın yaygınlaştırılması, büyük oranda ısıtma giderlerinin en alt düzeye indirilmesi ile mümkün olabilecektir. Yapılan araştırmalara göre, Ege, Marmara ve iç Anadolu bölgelerinde toplam 15 bin hektar alanın jeotermal enerji ile ısıtılacağı tahmin edilmektedir. Ancak ülkemizin yüksek jeotermal enerji potansiyelinin olduğu bilinmesine karşın, bu güne kadar etkili olarak değerlendirilemediği söylenemez. Bu amaçla, hem jeotermal enerji teknolojisinin hem de sera ve konut ısıtma teknolojisinin iyi uygulanması ekonomik kazanım açısından son derece önemlidir.⁴⁹

Seralarda ısıtma harcamalarının üretim giderleri içinde % 80'lere ulaşan bir paya sahip olması, enerjinin maliyetlerin oluşmasındaki önemini ortaya koymaktadır. Bu nedenle araştırmacılar sera yetiştiriciliğinde enerji tasarruf teknolojileri ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda yoğun çalışmalara başlamışlardır. Enerji tasarrufu ile elde edilen başarının sınırlı oluşu yenilenebilir enerji kaynaklarına ilginin artmasına neden olmuştur. Bu ilgide en fazla jeotermal enerji kaynağıdır.⁵⁰

⁴⁹ ÜLTANIR M.Özcan, "Jeotermal Sera Isıtma Sistemlerine İlişkin Tarımsal Parametrelerin Belirlenmesi", *Termodinamik Aylık Dergisi*, Şubat 1995, Ankara, s.43.

⁵⁰ AKKUŞ M.F., *Present Status and Prospectives of Geothermal Energy Use in Agriculture*, Some Comments and proposals; FAO/CNRE Bulletin No.21, 1988, s.79-80.

Jeotermal enerji ile ısıtma uygulamalarının ekonomisi, bu enerjiden yararlanım yoğunluğuna ve birim alandaki ısı gereksinimine bağlıdır. Bununla birlikte; akışkan sıcaklığı, kaynağın derinliği, verdisi ve akışkanın iletildiği uzaklık gibi enerjinin üretim ve iletimine ilişkin giderlerde ısıtma uygulamalarının ekonomik kullanımına etkili faktörlerdir. Jeotermal ısıtma sistemlerinin yüksek olan ilk yatırım maliyetleri, sistemin işletmeye alınmasından kısa bir süre sonra tekrar kazanılmaya başlanmaktadır.⁵¹

Mevcut uygulamalardan da, jeotermal enerjinin diğer fosil yakıtlardan daha ekonomik olduğu, yatırım maliyetlerini en kısa sürede amorti ettiği anlaşılmaktadır. Ayrıca, işletme maliyetlerinin düşüklüğü yenilenebilir özelliğe sahip olması, ekolojik dengeyi tahrip etmemesi, çevre ve hava kirliliği yaratmaması, insan, bitki ve canlıların sağlığını bozmaması bu enerji kaynağının diğer önemli avantajlarındandır.

1.2.3.5. Jeotermal Enerji'nin Sosyal Yönden Önemi

Jeotermal enerji ile merkezi olarak ısıtılan bir bölgede, bacalardan karbondioksit, karbonmonoksit, kükürtoksit, azotoksit gibi havayı kirleten gazlar teneffüs edilmeyeceğinden insanların ve diğer canlıların sağlık sorunlarında azalma görülebilecektir. Ormanlar ve çevredeki yeşil ağaçlar yakacak için kesilmeyeceğinden asli fonksiyonlarına devam edebileceklerdir. Katı, sıvı, gaz, kül, is, koku vb. yakıt atıkları olmayacağından konut ve iş yerlerinin iç ve dış yüzeylerindeki ısınmadan dolayı oluşan kirlenmeler yaşanmayacak, fiziki mekânların bir kısmı değil, tamamı ısınacak, sıcak su eldesi için tüp, elektrik, şofben gibi ısıtıcılar kullanılmayarak, günün her saatinde kesintisiz olarak sıcak su musluklardan akabilecektir. Ayrıca bu sistemin uygulandığı bölgelerde konut, arsa, kira gibi emlak fiyatlarında ekonomik artışlar olabileceğinden, yöre göç veren değil göç alan duruma gelebilecektir.⁵²

Diyebiliriz ki; jeotermal enerji ile merkezi ısıtma sisteminin uygulandığı bölgelerde insanlar, ekonomik olarak ısınabilecekleri gibi, rahat, konfor, huzur, yeşil, temiz hava gibi insan hayatındaki en önemli faktörleri de bir arada bulabileceklerdir.

⁵¹ BAŞÇETİNCİLİK Ali, "Jeotermal Enerjide Sera Ekonomisi" **Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu**, 27-30 Eylül 1994, Pamukkale Ün. Denizli, s.7.

⁵² KARAKUYU Metin, "Temiz Çevre, Hava ve Ucuz Isınma", **Simav Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi**, Simav, 1994, s.3.

1.2.4. Jeotermal Enerji' nin Kullanım Alanları

1.2.4.1. Jeotermal Enerji' nin Sıcaklıklarına Göre Değerlendirme Şekilleri

Yeryüzüne sondajlarla ulaştırılan jeotermal enerjiden doğrudan veya başka enerji türlerine dönüştürülerek yararlanılmaktadır. Rezervuar sıcaklığı 150 °C yi aşan yüksek entalpili jeotermal alanlarda elektrik üretimi gerçekleştirildiği gibi, son yıllarda düşük entalpili alanlarda da buharlaşma noktaları düşük gazlar kullanılarak elektrik üretimi mümkün olmaktadır. Elektrik dışı kullanımların başında ise ısıtmacılıkta kullanım gelmektedir. Ancak, enerji krizinin ortaya çıkışından bugüne değin ısıtmacılıkta alternatif enerji kaynaklarına yönelme sınırlı olmuştur. Oysa, işletme maliyeti çok düşük olan jeotermal akışkanlardan, ısı pompaları kullanılarak sıcaklık 20 °C' ye düşünceye kadar yararlanılabilir. Jeotermal kaynağın ısıtmacılıkta kullanımı için orta ve düşük entalpili su-egemen sistemlerden faydalanılmakta ve kullanım sürecinde değişik sıcaklıklarda farklı yararlanma olanakları bulunmaktadır. Tablo 1.2.'de jeotermal enerjinin sıcaklıklarına göre değerlendirme şekilleri verilmiştir. Sıcaklık aralıkları incelendiğinde, düşük entalpili akışkanlardan doğrudan sıcaklıkla ilgili kullanımlarda, orta ve yüksek entalpili akışkanlardan ise endüstriyel etkinliklerde yararlanıldığı görülmektedir.⁵³ Doğrudan sıcaklıkla ilgili ısıtmacılıkta esas itibariyle toprak tarafından istenen sıcaklıklar sağlanmakta, buna bağlı olarak yazın veya ilkbaharda serin, kışın sıcak seralar Avrupa'nın birçok ülkesinde mevcut bulunmaktadır (Fransa, Macaristan, İzlanda, İtalya). Çeşitli endüstrilerde jeotermal enerjiden yararlanma da en az ısıtmacılıkta kullanım kadar önem taşımaktadır. Endüstriyel ürünlerin pişirilme, kurutulma, dondurulma, damıtılma, pastörize ve sterilize edilme vb. işlemlerinde jeotermal akışkan kullanılmakta ve bu amaçla dünyanın birçok ülkesinde büyük tesisler kurulmuş bulunmaktadır. (Japonya, İtalya, Yeni Zelanda, İzlanda, ABD, Filipinler)⁵⁴.

⁵³ ERİŞEN Bilge, "Jeotermal Enerji Kullanımı ve Türkiye'deki Durumu", **Jeomorfoloji Dergisi**, Sayı:15, Türkiye Jeomorfoloji Demeği Yayınları, Ankara, 1987, s.8.

⁵⁴ ERİŞEN, A.g.e. s.51

Tablo 1.2: Jeotermal Enerji' nin Sıcaklıklarına Göre Değerlendirme Şekilleri

<u>Sıcaklık °C</u>	<u>Değerlendirme şekli</u>
180-	Solüsyonun yüksek konsantrasyonunun buharlaşması, Amonyum absorpsiyonu ile soğutma.
170-	Ağır su (D ₂ O Döteryum oksit) ve hidrojen sülfid eldesi.
160-	Kereste Kurutulması balık vb. yiyeceklerin kurutulması
150-	Bayer's yoluyla alüminyum ve diğer kimyasal maddeler eldesi,
140-	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (konservecilikte)
130-	Şeker endüstrisi ,tuz eldesi,
120-	Saf su eldesi, tuzluluk oranının artırılması
110-	Kerestecilik, çimento kurutması,
100-	Organik maddeleri kurutma (yosun, et, sebze)
90-	Balık kurutma, yün yıkama ve kurutma
80-	Ev ve sera ısıtma
70-	Soğutma (Alt sıcaklık sınırı)
60-	Sera, kümes ve ahır ısıtması
50-	Mantar yetiştirme,balneolojik banyolar
40-	Toprak ısıtma, kent ısıtma (alt sınır). Sağlık tesisleri.
30-	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlı tesisleri.
20-	Balık çiftlikleri.

Kaynak: ŞAMİLGİL Erman, **Jeotermal Enerji**, Y.T.Ü.Kocaeli Müh .Fak. Jeoloji Müh.Bl.Sayı:262, İstanbul,1992,s.4.

1.2.4.2. Jeotermal Enerjinin Konutların Isıtılmasında Kullanılması

Binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada ve sıcak kullanma suyu şebekelerinde (İzlanda, Yeni Zelanda, Fransa, Japonya, ABD, ve Macaristan'da olduğu gibi) 40 °C' nin üzerindeki sıcaklıkta jeotermal akışkanlar kullanılmaktadır.⁵⁵

Ülkemizde halen az sayıda yerleşme merkezinde jeotermal enerjiden yararlanılarak konutlar ısıtılmakta, bazı yerleşmelerde ise konutların bu yolla ısıtılması için çalışmalar yapılmaktadır. 40 °C' nin üzerindeki jeotermal sularla konutların ısıtılabilirdiği ve bunun dünyada birçok örnekleri olduğu dikkate alınarak, ülkemizde yaklaşık 5 milyon konutun jeotermal enerjiden yararlanarak ısıtılabilirdiği ileri sürülmektedir. Bu varsayım gerçekleşirse, İzmir, Bursa, Aydın, Erzurum, Sakarya ve Denizli gibi büyük şehirlinde yer aldığı 51 şehir yerleşmesinin ısıtılmasında, jeotermal enerji kullanılabilecektir. Gerçekten de Türkiye 40 °C nin üzerinde sıcaklığa sahip jeotermal kaynak zenginliği açısından dünyada 7. sırada gelmektedir.⁵⁶

1.2.4.3. Jeotermal Enerjinin Endüstriyel Alanda Kullanılması

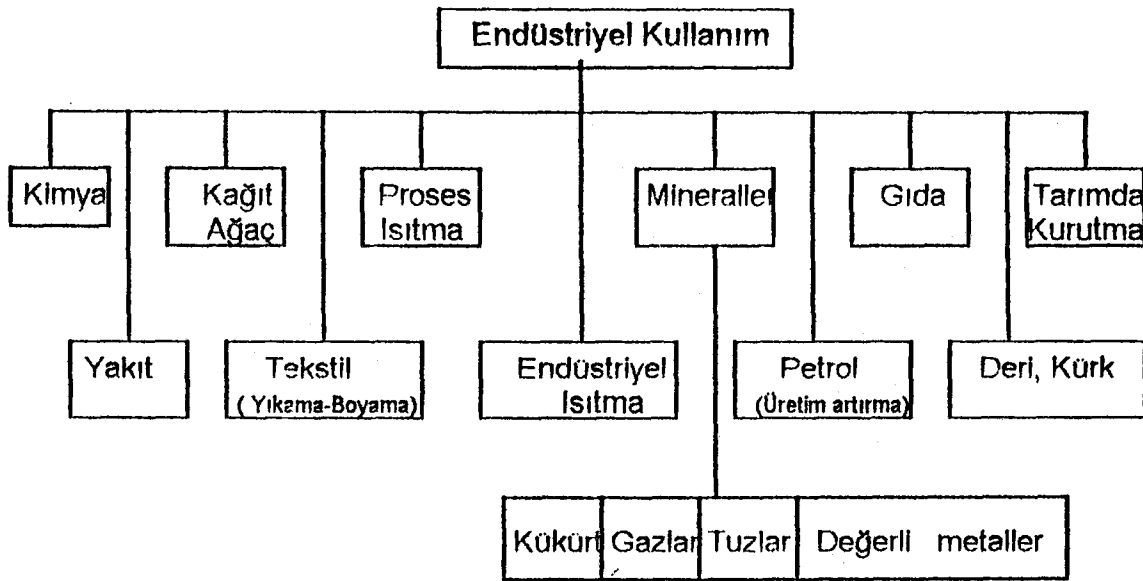
jeotermal enerji sanayi ve endüstriyel alanda da bir çok şekilde kullanılabilir. Bunlar arasında sebze kurutma, tahıl ve kereste kurutma, kağıt ve kağıt hamuru işleme, kimyasal madde elde etme ve atık su işlemleri sayılabilir. Bu alandaki en büyük tesisler, Yeni Zelanda'daki bir kağıt ve kereste işleme tesisi, Amerika Birleşik Devletlerindeki bir sebze kurutma tesisi ve İzlanda' daki bir silisli toprak tesisidir. Bu tesisler jeotermal enerjinin sanayideki kullanımının en güzel örnekleridir.⁵⁷

Jeotermal enerjinin endüstriyel kullanım alanları şematik olarak Şekil 1.2'de gösterilmiştir.

⁵⁵ ŞAMİLGİL Erman, Jeotermal Enerji, Yıldız Tek.Ünv.Kocaeli Müh.Fak.Jeoloji Müh. Böl. Yayınları, Sayı:262, İstanbul,1992, s.2.

⁵⁶ ORME JEOTERMAL Ucuz Isınma, Temiz Hava İçin; Jeotermal Merkezi Isıtmanın,Dünyada ve Türkiye'deki Durumu ve Ekonomisi, ,Yayın No:Kasım 1996, Ankara, s.3.

⁵⁷ ŞAMİLGİL, A.g.e. s.4



Şekil 1.2: Jeotermal Enerji Kaynaklarının Endüstriyel Kullanım Alanları

(Bilim Teknik Dergisi, Şubat 1996, s.61)

1.2.4.4. Jeotermal Enerji' nin Sera Isıtmacılığında Kullanılması

Dünya 'nın çeşitli ülkelerinde seraların jeotermal enerji ile ısıtılması suretiyle turfanda sebzeçilik, meyvacılık ve çiçekçilik yapılmaktadır. 1980 yılı verilerine göre bu amaç için toplam 6298 termal Mwt. karşılığı enerji kullanılmıştır. Örneğin Rusya'da 25 bin dönüm sera, 5 bin termal Mwt karşılığı jeotermal enerji ile ısıtılmakta ve 1 milyon ton sebze elde edilebilmektedir. Benzer şekilde 30 °C' nin üzerindeki jeotermal akışkanlarla Macaristan, İtalya, Yeni Zelanda, İzlanda ve ABD' de geniş çapta sera ısıtmacılığı yapıldığı bilinmektedir.⁵⁸

Geçtiğimiz yıllarda jeotermal enerji ile seraların ısıtılması birkaç uygulamayı geçmiyordu. Fakat son yıllarda bu konuda önemli gelişmeler görülmektedir. Halen jeotermal enerji ile ısıtılan sera alanı 8.36 ha' a yakındır. Bununla beraber, ülkemizin bilhassa düşük ve orta sıcaklıktaki jeotermal kaynaklar bakımından zengin ve ülke düzeyinde yaygın olmasına rağmen, bugün ulaşılan miktar ülke potansiyeli ile karşılaştırılınca elde edilen yararın çok sınırlı olduğu görülmektedir.⁵⁹

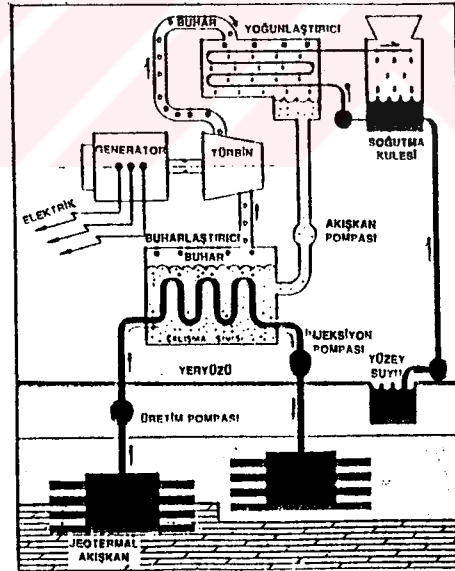
⁵⁸ ŞAMİLGİL, A.g.e., s.5

⁵⁹ POPOVSKI K., *Geothermal Energy*, FAO/REUR Technical Series 3, 1988., p.96-109.

1.2.4.5. Jeotermal Enerji'nin Elektrik Üretiminde Kullanılması

Rezervuar sıcaklığı 150 °C'yi aşan yüksek entalpili jeotermal alanlarda elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Günümüzde jeotermal enerjiden elektrik üretimi, başta ABD ve İtalya olmak üzere dünyanın birçok ülkesinde yapılmaktadır (Yeni Zelanda, Japonya, Filipinler, Meksika, El Salvador, Nikaragua, Endonazya, Çin, Türkiye). ABD'de jeotermal akışkanlardan üretilen elektrik 1350 Mwt olup, El Salvadora 95 Mwt., Türkiyede ise, 20 Mwt civarındadır.⁶⁰

Çeşitli araştırma tekniklerinin uygulanması sonucunda, jeotermal enerjinin olduğu uygun jeolojik koşullarda yapılan sondajlarla aşırı derecede ısınmış sular yaş ve kuru buhar olarak yeryüzüne çıkarılmaktadır. Bu jeotermal akışkan, üzerinde basıncın azalması ile su-buhar fazlarına ayrılmaktadır. Ayrılan buhar, jeotermal santrallere gönderilerek, elektrik enerjisine dönüştürülmekte, atık su ise diğer ısıtma sistemlerinde kullanılmakta veya yeraltına basılmaktadır. Yaş buhar, buhar yüzdesinin ve entalpisinin yüksek olması durumunda elektrik üretimi için daha verimli olmaktadır. Yerkabuğunun derinliklerinden elde edilen kızgın kuru buhar ise, doğrudan jeotermal santrallere gönderilerek elektrik enerjisine dönüştürülmektedir⁶¹ (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Ornat Binory Jeotermal Güç Santrali
(Bilim Teknik Dergisi, Ağustos, 1990, s.40)

⁶⁰ ŞAMİLGİL Erman, Jeotermal Enerji, Yıldız Tek.Ünv.Kocaeli Müh.Fak.Jeoloji Müh.Böl. Yayınları, Sayı:262, İstanbul,1992, s.2.

⁶¹ ERİŞEN Bilge, "Jeotermal Enerji Kullanımı ve Türkiyedeki Durumu", Jeomorfoloji Dergisi,Sayı:15, Türkiye Jeomorfoloji Derneği Yayınları, Ankara, 1987, s.74.

1985 yılı sonunda, yerküre üzerindeki jeotermal santrallerin toplam kapasitesi 4763 Mwt. dolayında bulunmaktaydı. 990 yıllarında 9400 Mwt' a ulaşan bu gücün 2000 yılında ise 72890 Mwt' a ulaşması beklenmektedir. Bu veriler, jeotermal enerjinin önemli bir güç kaynağı haline geleceğini ve konvansiyonel fosil enerji kaynaklarının yerini alacağını göstermektedir.⁶²

1.2.4.6. Jeotermal Akışkanların Termal Turizmde Kullanılması

Kaplıca maksatlı termal su, yurdumuzun % 40-60 bölgesinde bulunmaktadır. Termal turizm yönünden önemli görülen 30 adet kaplıcaya ait termal kaynak suların ve sondaj kuyuların mevcut debilere göre yapılan kabaca hesaplamada en az 40.000 yatak kapasiteli jeotermal su ortaya çıkmaktadır. Japonya'da Beppu şehrine kaplıca maksatlı yılda 13 milyon turist gelmektedir. Almanya'da kaplıca turisti sayısı yılda 7,3 milyon kişi olup, Almanya da ki toplam kaplıca yatağı 600.000 civarında ve kaplıca kaynak sayısı yaklaşık 200'dür; Almanya' ya göre on katı fazla kaynağa karşın Avrupa standartları ve kurallarına uygun kaplıca tesisimiz ve yatağımız yoktur. Bir termal tesiste üç ana bölüm bulunur.⁶³

- Kür oteli,
- Kür merkezi,
- Kür parkı ve etrafı.

Türkiye'de termal su kaynaklarının kaplıca maksatlı işletilmesi özel idare ve Belediyelerin elindedir, ayrıca bu kaynakların etrafında bulunan arsalarda yine genellikle Özel İdare, Belediye veya Hazineye aittir. Termal tesis (kaplıca) yatırımcısının, iki önemli alt yapı unsuruna birlikte sahip olması zorunludur. Birisi arsa, diğeri termal su' dur. Bugüne kadar bu iki ana alt yapı unsuruna uygun, cazip şartlarda temin edebilmiş yatırımcı yoktur. Güneyde yaz turizmi, yatırımcıya arsa tahsisi yapılarak, teşvik ediliyorsa, termal turizm de termal su ve arsa tahsisi yapılarak teşvik edilmelidir. Termal turizm; bilimsellik, tıbbi uygulama ve teknikleri açısından Türkiye de çok geri kalmış durumdadır. Halk iptidai tesislerde tedavi olma veya avunmak mecburiyetindedir. Özel İdare ve Belediyeler küçük, ucuz, basit ve tekniğe uygun olmayan tesislerin yatırımına yönelmişler ve neticede bu yanlış

⁶² ERIŞEN,A.g.e., s.75.

⁶³ ORME JEOTERMAL ,Ucuz Isınma, Temiz Hava İçin; Jeotermal Merkezi Isıtmanın,Dünyada ve Türkiye'deki Durumu ve Ekonomisi, ,Yayın No:Kasım 1996, Ankara, s.4.

yatırımlarla tesislerin işletmeciliği; yanlış, eksik ve sakıncalı olmuştur. Artık hamam ile kaplıca bir birinden ayrılmalıdır. Türkiye’de termal turizmin dışa açılması; Avrupa standardında tesis yatırımı ve işletilmesi, boşa akan termal kaynakların yerli ve yabancı özel sermayeye açılmasıyla mümkün olabilecektir.⁶⁴

1.2.5. Jeotermal Enerji’ nin Diğer Enerji Kaynakları İle Karşılaştırılması

I. Jeotermal Enerjinin Diğer Enerji Kaynaklarına Göre Üstünlükleri

a-Jeotermal enerji rezervleri, diğer kaynaklara göre sonsuzdur.

b-Jeotermal enerji, diğer enerjilere kolaylıkla dönüşür. Petrolün damıtılması, nükleer santraller için büyük tesisler gerekir.

c-Jeotermal enerji diğer enerjilerden ucuzdur.

d-Çevre kirlenmesine, diğer enerji kaynaklarından (nükleer, petrol, kömür, termik santraller) daha az etkisi vardır.

e-Jeotermal enerji tesislerinin bakımı, korunması kolay ve ucuzdur. Barajların bakımı pahalı ve savaş zamanlarında savunulması zordur.

f-Jeotermal enerji, genellikle kısa dönemli meteorolojik olaylardan etkilenmez. Hidrolik kaynaklar mevsimsel yağışlara bağımlıdır.

g-Jeotermal enerji yüksek teknoloji gerektirmediğinden, ülkeyi politik yönden bağımsız kılar. Buna karşın, nükleer enerji teknolojisi bir kaç ülkenin tekelindedir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler, radyoaktif hammaddelerce zengin bile olsalar, nükleer santrallerde kullanacakları yakıtın artırılması başka bir gelişmiş ülkede yapılacağı için ekonomik ve politik yönden bağımlı olur. Dünya koşullarında, ülkemizin nükleer araştırmalara katılması varolma sorunudur; ancak,

enerji ihtiyacının büyük bir bölümünün nükleer santrallere dayandırılması sakıncalıdır. Bundan başka, nükleer santral teknolojisi oldukça yenidir ve henüz gelişme safhasındadır. Nükleer santrallerde ortaya çıkabilecek sızıntılar büyük çevre kirlenmesine neden olabilir. Örneğin, nükleer araştırmalarda başı çeken Birleşik

⁶⁴ A.g.e., s.5.

Amerika'da nükleer santrallerden birinde meydana gelen sızıntılar sonucu bir şehrin tümüyle boşaltılmasına gidilmiştir. Son örnek, Çernobil nükleer santral faciasıdır. (Rusya) Petrol yatakları az ülkeler (Türkiye gibi) enerji gereksinmelerini tümüyle petrole bağımlı kalmaları durumunda, benzer sorunları doğurur.⁶⁵

h-Jeotermal enerji kaynaklarını belirleme ve sıcak akışkanları saptama şansı, petrole oranla daha fazladır.

ı-Jeotermal sondajlar, genellikle petrol sondajlarına oranla daha sığdır (3km).

i-Jeotermal enerji için gerekli yatırım ve masraflar, diğer enerji kaynaklarına göre daha ucuzdur.

j-Jeotermal enerji tesisleri basit olması nedeniyle, yakıt, kül, dışarıdan suyla beslenme, ısıtma kazanı gibi sorunları ve gereksinimleri yoktur. Ayrıca, kullanım ve denetiminin kolay olması, jeotermal tesislerde fazla personelin çalışmasını sınırlar.

II. Jeotermal Enerjinin Diğer Enerji Kaynaklarına Göre Zayıflıkları

a-Jeotermal araştırmalar ile enerji üretim tesislerinin yapımına kadar geçen süre oldukça uzundur(Tablo 1.3).

b-Başlangıçta, jeotermal sistemlerin kapasitelerini belirlemek zordur,

c-Jeotermal sistemler çok fazla miktarda yoğunlaşmayan gaz içerdiklerinden, vakum sistemi ile ortamdan ayrılması gerekir.

d-Büyük çaplı soğutma kulelerine gereksinme vardır.

e-Jeotermal akışkanlarda çürütücü gazlar (sülfid gazları gibi) çevreyi kirleten ve tarım bitkilerine zararlı maddeler (bor, arsenik, NaCl), kabuklaşma (silis, karbonat) sorunlar yaratır,

f-Atmosfere atılan gazlar (H_2S gibi) çevreyi kirletir.

g-Yüzeye erişen buhar gürültüsü,

h-Arazi çökmeleri (Sübsidans),

⁶⁵ ŞAHİNCİ Ali, Jeotermal Sistemler ve Kimyasal Özellikleri, İzmir, 1991,s.54.

ı-Zamanla, kabuklaşma veya fazla çekim sonucu üretim kuyularında akışkan miktarında azalma gibi sorunlardır.⁶⁶

Tablo1.3:Jeotermal Sistemlerde, Tesislerin Başlangıçtan Üretime Geçinceye Kadar Geçirdikleri Safha ve Süreleri

Ön çalışmalar, geniş ve dar ölçekli incelemeler.....	2-3 yıl
Araştırma, sondaj, kuyu açımı ve ek incelemeler.....	2-3 yıl
Geliştirme çalışmaları, üretim ve enjeksiyon sondaj kuyuların yapımı, kuyu karakteristiklerinin ve parametrelerinin saptanması için yapılan testler, jeotermal tesislerin planlanması (tesis tipi seçimi, ısı dengesi ve temel ekipmanların planlanması, iletim borularının cinsi ve çapının belirlenmesi	3-4 yıl
Tesislerin yapımı.....	2-3 yıl
Tesislerin çalışması.....Toplam	9-13yıl

Kaynak: ŞAHİNCİ Ali, **Jeotermal Sistemler ve Kimyasal Özellikleri**, İzmir,1991,s.56.

1.2.6.Jeotermal Enerjiyi Arama Yöntemleri ve Karşılaşılabilecek Sorunlar

1.2.6.1. Jeofiziksel Arama Yöntemleri

1.2.6.1.1. Gravite Yöntemi

Yoğunluk bakımından, sıcak su içeren kayalar porozitesi yüksek olmayan kayalardan az da olsa daha düşük bir gravite değerine sahip olurlar. Çünkü, kayacın bir kısmının yerini almış olan suyun ve özellikle de sıcak suyun yoğunluğu ebetteki kayacın yoğunluğuna kıyasla daha düşüktür. Bunun yanı sıra grafite etütleri, yeraltı yapısal durumlarının ortaya çıkarılmasında, jeolojik ve diğer jeofizik etütlerin değerlendirilmelerinde yararlanılmak üzere kaçınılmaz bir ön etüt olarak yapılmaktadır. Gravite yöntemi, fiziki yoğunluk parametresi üzerine kurulmuştur.

⁶⁶ ŞAHİNCİ Ali, **Jeotermal Sistemler ve Kimyasal Özellikleri**, İzmir, 1991,s.57.

durumlarından dolayı yerkürenin yerçekimi ivmesi (g) de küçük değişimler meydana gelir. Gravimetre cihazı ile ölçülen bu değişimler, bir referans noktasına göre değerlendirilerek yer altının jeolojik yapısı hakkında global da olsa bir yargıya varılır. Örneğin yoğunluğun ani değişim gösterdiği fay veya kontakt zonlarında gravite ikinci türev değeri "sıfır" olmaktadır. Keza yeraltındaki antiklinaller yüksek ve senklinaller ise düşük gravite değerleri ile kendilerini gösterirler.⁶⁶

Böylece alınan gravite ölçüleri sonucunda bougue haritaları ve hesaplamaları çizilmiş olan ikinci türev haritaları bölgesel jeolojinin eşliğinde kıymetlendirilerek gravitetonitrentler ortaya çıkarılır. Buna dayalı olarak da daha sonra uygulanacak olan yöntem (veya yöntemler) in seçimi, onların uygulama sınırları ile saha sınırlarının az masrafla ve hızla lokalize edilmesi gibi yorumsal sonuçlara gidilir.⁶⁷

1.2.6.1.2. Manyetik Yöntem

Jeotermal sahalarda genellikle H₂S gazı çıkışları da görülmektedir. Rezervuar yolu ile yüzeye çıkan bu gaz, içinden geçtiği sedimanter veya volkanik kayalardaki manyetiti piritte dönüştürmekte ve bu yolla kayacın manyetik süseptibilitesini azaltmaktadır. Bu değişim her ne kadar küçük bir miktarda oluyor ise de yine de miktarını, yerini ve derinliğini manyetik yöntemle saptamak mümkün olabilmektedir.⁶⁸

1.2.6.1.3. Sismik Yöntem

Mikrosismik hareketlerin saptanması şeklin de uygulanan bir yöntemdir. Rezervuarlarda şiddetli konveksiyon akımları ve gaz hareketleri nedeniyle mikrosismik titreşimlerin oluşması olayından yararlanarak yapılmaktadır. 0,5-3 Hz'lik titreşimlerin amplitüdları (genlikleri) kaydedilerek aktivitenin gazla olduğu lokasyonlar ile bunların derinlikleri(kısaca sıcak akiferlerin yerleri) saptanabilmektedir.⁶⁹

⁶⁶ ŞAMILGİL Erman, *Jeotermal Enerji*, Yıldız Tek.Ünv.Kocaeli Müh.Fak.Jeoloji Müh.Böl. Yayınları, Sayı:262, İstanbul,1992, s.29.

⁶⁷ A.g.e.,s.30.

⁶⁸ A.g.e., s.30.

⁶⁹ A.g.e. s.30.

1.2.6.1.4. Rezistivite Yöntemi

Genelde, su içeren (gözenekli) kayaların elektriksel geçirgenlikleri yüksek, dolayısıyla rezistiviteleri düşüktür. Hele ortam bir sıcak su akiferi ise bu rezistivite düşüklüğü daha da belirginleşir. (çünkü sıcak sular genelde, daha fazla iyon içerebilirler). Hal böyle olduğuna göre primer poroziteleri yüksek olan sıcak akiferler, rezistivite yöntemini uygulayarak bulmak mümkün olur. Kil komponenti yüksek olan kayalar, yüksek poroziteye sahiptirler. Eğer bu kayalar jeotermal bir rezervuarın üzerinde yer almış iseler gözeneklere sıcak su dolar ve rezistiviteleri, diğer kısımlara oranla büyük ölçüde düşer. Sıcaklık yükseldikçe, rezistivite deki düşüklük derecesi daha da belirginleşir. Bu esastan hareketle, killi formasyonlarla örtülü bölgelerde rezervuarın yerini ve özellikle derinliğini bulmak mümkün olmaktadır. Volkanik kayalar içinde veya altında bulunan jeotermal rezervuarlar, bu kayalarda “hidrotermal alterasyonlar” meydana getirirler. Böyle bir değişikliğe uğramış olan kayaları rezistivite düşer. Dolayısıyla volkanik arazilerde de rezistivite yöntemi uygulanarak jeotermal enerji aramaları yapılabilir.⁷⁰

1.2.6.1.5. Isı Akısı Yöntemi

Jeotermal enerji, yerkürenin iç ısısının meteorik sularla toplanıp yeryüzüne kadar getirilmiş şekli olduğuna göre, bunun aranmasındaki esasta, bu karaktere uygun olarak, yeryüzüne yapılacak ısı akısı ölçüleri ile bu enerjinin geldiği yeri bulmak olacaktır. Dolayısı ile yapılacak olan en önemli çalışma, bu jeofizik büyüklüğün dağılımının saptanması olacaktır. Rezervuarın yeryüzüne en yakın olduğu yer genelde ısı akısının en yüksek olduğu kısımdır. Ancak ölçülerin, yeryüzü sıcak su belirtileri gibi bozucu ya da yanıltıcı etkilerin dışında yapılmış olması gerekir. Örtü kayacın, her yerde aynı termal iletkenliğe sahip olması halinde jeotermal gradyanların kıyaslanması ve gradyanı en yüksek olan lokasyona, arama sondajı için öncelik verilmesi yoluna gidilir.⁷¹

⁷⁰ A.g.e., s.30

⁷¹ A.g.e., s.30

Şu halde sistematik bir ısı akısı yöntemi uygulamasında önce (eğer gerek görülür ise ve de mümkün ise) bölgesel olarak havadan, yani uçaktan, kar tutmayan sahaların prospeksiyonu ve haritalaması yapılır. Sonra önemi beliren kesimlerde 3 m. derinlikli çukurlar açılarak sıcaklık saptamaları yapılır ve eş sıcaklık yatay dağılım konturları çizilir. Nihayet yüksek sıcaklık değerine sahip kapanımların bulunduğu lokasyonlar da 60-100 m derinlikli ve dar çaplı gradyan sondajları açılarak bu seferde sıcaklığın düşey dağılım grafiği çıkarılır. Böylece termal gradyanı en yüksek olan gradyan lokasyonları tespit edilir.⁷²

1.2.6.2. Sondajlar - Üretim Testleri

Jeoloji, jeofizik, hidro jeokimya ve gereği halinde gradyan sondajları yapıldıktan sonra arama sondajlarına geçilir. Çoğu kez bu arama sondajları, çeşitli kuyu ölçümleri ve üretim testleri yapıldıktan sonra üretim sondajı olarak değerlendirmeye alınabilir. Bu ölçüm ve testler gerek kuyunun ilerleme aşamasında, gerekse kuyunun bitiminden sonra çeşitli kademeler halinde yapılabilir. Yapılan başlıca ölçümler sıcaklık, basınç, üretim vb., başlıca testler ise kabuklaşma, korozyon, kondanase olmayan gazlarla ilgili testler, akışkan üretim testleri, elektrik üretim testleri, kuyular arası girişim testleri, ısıtmaya ilişkin testler vb. olabilir. Kuyunun ilerlemesi aşamasında olsun, ölçme ve testler aşamasında olsun kesinti (Cutting), karot ve akışkan örnekleri üzerinde yapılacak jeolojik, fiziksel ve kimyasal incelemeler sürekli olarak, daha önceki jeolojik ve jeofizik yargılara korale edilir. Kuyu başında ve kuyu içinde yapılan testler, elde edilen sıvının termodinamik özelliklerini verdikleri gibi bundan ne kadar enerji sağlayabileceğimizi de göstermektedirler. Ancak bu sonuçlar, testlerin yapıldıkları zamanlar için geçerlidir. İlerisi için kullanılması düşünüldüğünde, en önemli faktör olan "zaman" ın etkisi dikkate alınmalıdır. Bu nedenle yeni bir saha önce belirtilen testlerin belirli aralıklarla tekrarlanması gereklidir. Jeotermal sondajların ilerlemesi sırasında tehlikeli olabilecek sıcak akışkan püskürmelerini engelleyecek ya da kontrol altında tutabilecek özel kuyu başı donanımı (Yani preventer adı verilen, uzaktan kumandalı vana sistemi) kullanılabilir.⁷³

⁷² A.g.e. , s.30.

⁷³ A.g.e., s.31.

1.2.6.3. Karşılaşılabilecek Sorunlar

1.2.6.3.1. Kabuklaşma

Jeotermal akışkanlar bileşimlerinin ve asiditelerinin (P^H) bir fonksiyonu olarak çoğu kez kireç ($CaCO_3$) ve bazı durumlarda ise silis (SiO_2) kabuklaşmaları yapabilirler. Bu kabuklaşmalar sondaj boruları içerisinde olabildiği gibi separatör içerisinde, türbin kanatlarında ve iletim borularında (pipelines) olabilir. Suları 350 ppm'den daha fazla SiO_2 içeren termal sahalarındaki sondajlarda, sıcaklığın belli bir limitin altına düşmesi halinde borular içerisinde SiO_2 kabuklaşması kendini gösterir. Kaynak sularındaki P^H 'ın 6 ile 8 arasında olduğu ve Ca^{++} iyonu konsantrasyonunun birkaç ppm'i bulunduğu her termal ortamda ise ($CaCO_3$) kabuklaşması görülür. Bunun nedeni, kuyunun üretime geçmesi ile birlikte basıncın, dolayısıyla CO_2 gazı kısmi basıncının düşmesi ve yeni basınç dengesi koşuluna uyacak şekilde, sıvı ortamdan atmosfere doğru CO_2 gazı kaybı ile, p^H yükselmesi ve suda erimeyen $CaCO_3$ kimyasal tuzunun oluşarak sıvı ortamı terk etmesidir. Bu duruma karşı bazı önlemler alınır. Bu önlemlerin en basiti üretimi zaman zaman durdurarak temizleme yapmaktır. Diğer bir önlem, kuyu başı basıncını belli bir limitin üzerinde kalacak şekilde yüksek tutmaktır. Kuyu içi kabuklaşmasını engelleyecek bir başka yöntem de, kuyu içerisinde belli bir basınç altında (kompresör ile), CO_2 gazı enjekte edilmesidir. Bütün bu yöntemler sistemin çalışmasını engelleyici yönde olumsuzluklar içermektedir. En ideal yöntem, son yıllarda geliştirilen kuyu içerisine belli miktarlarda "inhibütör" genel adı ile bilinen ve formülleri, üretim firmalarınca gizli tutulan kimyasal maddenin enjekte edilmesidir.⁷⁴

1.2.6.3.2. Isı Kaybı

Jeotermal akışkanı kuyu başından türbinlere, meskenlerdeki radyatörlere, sera vb. yerlere ileten borulardan kaybedilen ısı iyi bir izolasyonla minimuma indirilmelidir. Metalik borular genellikle, su geçirmez asbestli (amyantlı) çimento boru kılıfı içerisine sokularak izole edilmektedir. Bu izolasyon, boruları toprak altında korozyona karşıda korumaktadır.⁷⁵

⁷⁴ A.g.e. ,s.31

⁷⁵ A.g.e., s.33

1.2.6.3.3. Korozyon

Bazı jeotermal akışkanlar ise asit karakterli olup betonu, metalleri, harçları vb. malzemeyi kemirebilirler. Bunun önlenmesi için korozyona dayanıklı (genellikle plastik) malzemenin kullanılması yeğlenmeli ve toprağa gömülü metalik elemanlar, katodik koruma ile korozyonun etkisinden kurtarılmalıdır. Problemin diğer bir çözüm alternatifi de, jeotermal akışkanın direk olarak kullanımı yerine, ısı enerjisinin, eşanjörler vasıtasıyla agresif olmayan başka bir suya aktararak değerlendirilmesidir.⁷⁶

1.2.6.3.4. Kimyasal Kirleticiler

Jeotermal santrallerden ya da seralardan, kullanımdan sonra atılan artık ya da artık akışkanlar gerek tuzlulukları gerekse sıcaklıkları nedeniyle karıştıkları akarsu göl veya deniz sularında biyokimyasal bir dengesizlik yaratabilirler; balıklara ve bitkilere zararlı olabilirler. Bu sorunun çözümü de, jeotermal suyu yeraltına tekrar enjekte etmektir. Eğer teknolojik imkanlar elveriyor ise, jeotermal su içerisindeki kimyasal maddeler çeşitli yöntemlerle üretilmek suretiyle ortamdan uzaklaştırılabilir ve böylece, ekonomiye bu bakımdan da katkıları sağlanmış olur.⁷⁷

1.2.7. Jeotermal Isıtmadaki Gelişmeler ve Sistemler

1.2.7.1. Jeotermal Isıtmadaki Gelişmeler

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artmasına paralel olarak, kişi başına düşen enerji tüketimide artmaktadır. Diğer enerji kaynaklarının kısıtlı oluşu, ucuz, yenilenebilir, çevre dostu bir enerji kaynağı olan jeotermal enerjiyi Dünya' da ve Türkiye'de uzun zamandır gündeme getirmiştir. Ülkemizde jeotermal enerji elektrik üretimi, ısıtmacılık, CO₂ üretimi ve sağlık turizmi amaçlı olarak değerlendirilmektedir. Bugüne kadar başlıca tüketim alanı ısıtmacılık ve sağlık turizmi olmuştur.⁷⁸

⁷⁶ A.g.e., s.34.

⁷⁷ A.g.e., s.34.

⁷⁸ MERTOĞLU Orhan ve Diğerleri, "Jeotermal Isıtmadaki Gelişmeler ve Sistemler", **Uluslararası Enerji, Teknoloji ve Tesisat Dergisi**, Sayı:Mayıs-Haziran,1994, Ankara, s.10.

Türkiye'deki jeotermal enerji tüketiminin % 87'si ısıtma amaçlı olmaktadır. Ülkemizdeki jeotermal sahaların % 95'i ısıtmaya uygun sahalardır. Yurdumuzda yapılan en son gelişmeler göz önüne alındığında, işletmeye alınmış jeotermal merkezi ısıtma sistemleri ve termal tesis ısıtmalarının kapasitesini 159,41 Mwt (137.092.600 kcal/h), inşaat halinde olan sistemler 121.10 Mwt (104.146.000 kcal/h), fizibilite çalışmaları tamamlanmış olan projeleri 552.26 Mwt (475.000.000 kcal/h) ve mevcut kaynak ve kuyuların kapasitesini (atım sıcaklığı 35 °C kabul edilmiştir.) 1420 Mwt. (1.2 milyar kcal/h) olarak görmekteyiz. Bu değerler Türkiye'nin görülebilir mevcut kapasitesini (2253 Mwt veya, 1.94 milyar kcal/h) oluşturmaktadır.⁷⁹

1.2.7.2. Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemleri'nin Ana Özellikleri

Bir jeotermal merkezi ısıtma sistemini, kuyular, jeotermal su taşıma hattı, eşanjör merkezi, şehir içi şebekesi, kontrol sistemi ve reenjeksiyon sistemi oluşturmaktadır. Kuyubaşı sistemleri dozajlama, üretim, pompalama (kuyu içi ve kuyu başı) ve gaz seperasyonu bölümlerini kapsamaktadır. Jeotermal akışkanın kimyasal kompozisyonuna göre gerektiğinde kuyu içi, kuyu başı ekipmanı, boru hattında meydana gelecek kabuklaşmayı önlemek için kuyu içine kimyasal madde dozajı yapılmaktadır. Kuyunun artezyenik olup olmaması ve kuyubaşı basıncına bağlı olarak kuyu içi pompası veya kuyu başı pompalama sistemi ve malzeme seçimi yapılmaktadır. Jeotermal ısıtmanın yapılacağı yerin, yani uygulama yerinin jeotermal sahanın dışında olması durumunda, jeotermal suyun nakli direkt olarak toprağa gömülen izolasyonlu özel paket borular aracılığı ile yapılmaktadır. Jeotermal su taşıma ana hattında 0.1-0.3 °C/km sıcaklık kaybı gradyanı başarı ile elde edilmektedir. Bu boru sistemlerinin düşük sıcaklık kaybı gradyanı özelliğinin yanı sıra, düşük basınç kaybı, daha iyi boru iç yüzey kalitesi, korozyona karşı mükemmel rezistans, daha az ısı uzama ve klasik ısı galerili sisteme göre daha düşük maliyet gibi avantajları vardır. Teknik ve ekonomik şartların uygun olduğu durumlarda, Jeotermal su 150-200 km mesafeye teknik olarak taşınabilmektedir.⁸⁰

⁷⁹ A.g.e.s.10.

⁸⁰ A.g.e., s.11.

Jeotermal merkeze gelen jeotermal akışkanın enerjisi, özel olarak dizayn edilmiş, 1-1,5 °C yaklaşım sıcaklığına sahip, çok yüksek verimli eşanjörlerle kapalı çevrimde sirküle eden temiz suya aktarılmaktadır. Bu eşanjör sistemi ise kuyu başı ve kuyu içi eşanjörleri şeklinde sahanın ve akışkanın özelliğine göre kurulmaktadır. Enerjisi aktarılan jeotermal su, mevcut termal tesislere verilmekte veya reenjeksiyon boru hattı ile yeniden yerin altına gönderilmektedir. Böylece rezervuar ömrü artmakta ve bor ve/veya tuzluluktan dolayı bitki örtüsüne zarar verilmemektedir. Jeotermal akışkan kimyasal özelliğine göre problem yaratmayacaksa ısıtma radyatör veya taban ısıtma sistemine direkt uygulama ile sağlanmaktadır (Örnek olarak; Rize Ayder kür merkezi ve kaplıca tesislerini ile Haymanada cami ısıtmasını verebiliriz). Şehir içi şebekesi, kapalı genleşmeli bir sistem olup, direkt toprağa gömülü özel paket borulardan oluşmaktadır. Şehir içi şebekesinde sıcaklık kaybı 0.5 °C/km civarındadır. Merkezi ısıtma sistemi şebekesinde dengeli dağıtımı sağlayabilmek, gerekli olan debinin geçmesi ve sıcaklık kontrolünün yapılabilmesi için bina girişlerine bina kontrol cihazları monte edilmektedir. Isıtma sistemlerinin verimliliği, sürekliliği veya başarısı teknolojisine uygun olarak kullanılmasına bağlıdır. Kullanılacak malzemeler jeotermal akışkanın kimyasal kompozisyonuna göre seçilmektedir⁸¹.

Türkiye'deki jeotermal akışkanlar kalsiyum-karbonat veya kalsiyum-sülfat orijinli olmakta ve buna bağlı olarak kabuklaşma problemi yaratmaktadırlar. Türkiye'de bugünün teknolojisi ile kabuklaşmaya karşı jeotermal akışkanın kısmi basıncı artırılarak, CO₂ gazı sıvı hale dönüştürülmekte veya üretim kuyusunun derinliklerine kimyasal inhibitör enjekte edilmektedir. Korozyona karşı alınan önlemler ise kısmen inhibitör'ün kullanımı, PE, PVC, PPC, epoxy cam elyaf veya polyester özel paket borular, paslanmaz çelik veya titanyum plate tip eşanjörlerin kullanımı ile olmaktadır. Jeotermal akışkanın üretimi, taşınması ve ayrıştırılması esnasında meydana gelen CO₂ veya H₂S gaz korozyonuna karşı alınan önlemlerin başında ise basınç uygulanması, uygun plastik, epoxy cam elyaf ve 316 paslanmaz çelik boruların kullanılması gerekmektedir. Gelişen jeotermal teknolojisi kendisinin işletme problemlerini artık çözmüştür.⁸²

⁸¹ A.g.e., s.12.

⁸² BAŞARIR Nilgün, "Türkiye'deki Jeotermal Isıtma Uygulamaları, Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemlerinin Teknolojisi ve Ekonomik Değerlendirmesi", Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu, Denizli, 1994.

1.2.7.3. Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemlerinin Uygulama Alanlarındaki Sonuçları

Jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinin konut başına genel toplam maliyeti 180-200 milyon TL. arasında değişmektedir. Konutların ödediği jeotermal dönüşüm giderleri ise daire başına 15 ila 20 milyon TL arasında değişim göstermektedir. (1996 yılı ortalaması)⁸³ Jeotermal merkezi ısıtmanın konut başına dönüşüm giderleri doğal gazın dönüşüm giderinin en az yedide birine mal olur. Bu avantaja ilaveten, jeotermal merkezi ısıtmanın işletme maliyeti doğal gazın 1/8 -10 una mal olması, jeotermal merkezi ısıtmanın cazipliğini ortaya çıkarmaktadır. Jeotermal elektrik santrallerinde toplam maliyetin yaklaşık %70 ini santral kurma maliyeti, %30 unu ise kuyu maliyeti oluşturmaktadır. Jeotermal uygulamalarda, yaratılan istihdam ülkemiz açısından önem taşımaktadır. Jeotermal elektrik üretimi ve konut ısıtmasında önemli istihdam yaratmaktadır. Ayrıca seracılık ve termal turizm uygulamalarında yaratılan istihdam değeri daha da yüksek görünmektedir. Türkiye'de 2000 yılında ısı üretimi 2500 Mwt, elektrik üretimi 125 Mwt, 2010 yılındaki ısı üretimi 6500 Mwt. ve elektrik üretimi ise 258 Mwt olarak tahmin edilmektedir. Jeotermal kaynaklarımızın 2000 yılında değerlendirilmesi ile toplam 1,02 milyon ton petrol eşdeğeri enerji üretilecek, dolayısı ile döviz tasarrufu sağlanacak ve petrole ikame olacaktır. 1,02 milyon ton petrol eşdeğerinin % 85'i ısıtmadan ve %15'i de elektrik üretiminden gelmektedir. Jeotermal santraller ve merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılacak, Türkiye de imalatı olmayan makina ve cihazların ithalatı işletme ve yatırım için 5 yılda 200 milyon \$'dır ve bu değer 5 yıldaki petrol ikamesi 1 milyar \$ tutmaktadır. Bunu takip eden 5 yılda ise 10 milyon \$ ithalata karşın, 1 milyar \$ petrol ikamesi olabilecektir. Önümüzdeki yıllarda jeotermal enerji potansiyelimizin önemli bir bölümünün devreye girmesi düşünülmektedir. Bu nedenle, yeni sahaların keşfedilmesi, mevcut sahaların özellik belirlene ve kapasite çalışmalarının devamı ve reenjeksiyonu amacı ile MTA, Üniversiteler ve Özel Kuruluşlara araştırma-geliştirme, uygulama projeleri ve yatırımlar içinde özel idarelere, belediyelere ve özel sektöre destek sağlanması planlananlar doğrultusunda hareket edilebilmesi için büyük önem taşımaktadır.⁸⁴

⁸³ ORME JEOTERMAL, Ucuz Isınma, Temiz Hava İçin; Jeotermal Merkezi Isıtmanın,Dünyada ve Türkiye'deki Durumu ve Ekonomisi, Yayın No:Kasım 1994, Ankara, s.8.

⁸⁴ MERTOĞLU Orhan ve Diğerleri, "Jeotermal Isıtmadaki Gelişmeler ve Sistemler", Uluslararası Enerji, Teknoloji ve Tesisat Dergisi, Sayı;Mayıs-Haziran,1994, Ankara, s.13.



İKİNCİ BÖLÜM

**DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ UYGULAMALARI
VE JEOTERMAL ENERJİNİN EKONOMİK ANALİZİ**

2.1. DÜNYA' DA JEOTERMAL ENERJİ UYGULAMALARI

Dünya' da jeotermal enerjiden yararlanılmaya 1800'lü yılların sonlarında başlanmışsa da asıl gelişme 1960'lı yıllardan sonra olmuştur. Enerji krizi arttıkça, bu tür enerji kaynaklarına sahip ülkelerin konuya verdikleri önem artmıştır. Tablo 2.1'de dünya' da jeotermal enerjinin elektrik dışı uygulamaları verilmiştir.⁸⁵

İtalya jeotermal enerjiden yararlanmayı ilk başlatan ülkedir. Bu özelliği nedeniyle, konu ile ilgilenen diğer ülkelere de örnek olmuştur. Ülkenin özellikle Toskana ve Larderello bölgelerinde açılan kuyulardan yüksek sıcaklıkta buhar elde edilmiş ve ülke enerji ihtiyacının bir bölümü bu yolla karşılanmaya başlanmıştır. İzlanda'da da benzer uygulamalar söz konusudur. Bu ülkede de ihtiyaç duyulan enerjinin yaklaşık % 2'si jeotermal enerjiden karşılanmaktadır. Ülke nüfusunun yaklaşık yarısı, jeotermal enerji ile ısıtılan konutlarda oturmaktadır.⁸⁶ Dünyanın bazı bölgelerinde jeotermal akışkan kümes hayvanı yetiştirilmesi , tropikal bitki, timsah ve balık üretimi ve geliştirilmesi, sığır, domuz ahırlarının ve tavuk çiftliklerinin, sebze ve bitki yetiştirilen seraların ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır (Çin, Yeni Zelanda, Japonya, Macaristan, ABD). Bunun ötesinde eğer tuz içeriği elverişli olursa, jeotermal su yüksek protein içerikli alg (spiriluna, clorella) yetiştirilmesinde de etkin olmaktadır (Çin, Japonya, ABD). Çeşitli endüstrilerde jeotermal enerjiden yararlanma da en az ısıtmacılıkta kullanım kadar önem taşımaktadır. Endüstriyel ürünlerin pişirilme, kurutulma, dondurulma, damıtılma, pastörize ve sterilize edilme işlemlerinde jeotermal akışkanlar kullanılmaktadır (Japonya, İtalya, İzlanda, Yeni Zelanda, ABD, Filipinler).⁸⁷

⁸⁵ GÖKSU Ekrem, *Enerji Kaynakları I*, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fak. Yayın No:21, İstanbul, 1986, s.39.

⁸⁶ UYSALLI Hakan, "İzlanda Jeotermik Enerji Kaynakları ve Bundan Yararlanma Şekilleri", MTA. *Enstitüsü Dergisi*, Sayı:76, Ankara, 1971, s.194.

⁸⁷ ERİŞEN Bilge, "Jeotermal Enerji Kullanımı ve Türkiye'deki Durumu", *Jeomorfoloji Dergisi*, Sayı:15, Türkiye Jeomorfoloji Derneği Yayınları, Ankara, 1987, s.76.

Tablo 2.1: Dünya' da Jeotermal Enerjinin Elektrik Dışı Uygulamaları

Ülke	Debi (Lt/sn)	Güç (Mwt)	*Kullanılan Termal Enerji (Tj/Yıl)	Ortalama Yük Faktörü	Maliyet 85/94
Cezayir	550	100	1657	0.5	0.0
Arjantin	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
Avusturya	173	19.5	184.0	0.3	0.0
Belçika	57.9	3.9	101.6	0.82	0.5
ÇİN	8628	1915	16981	0.28	0.0
Danimarka	44.3	3.5	45	0.4	5.5
Fransa	2971	337	31.90	0.3	580
Arnavutluk	1363	245	7689	1.0	35
Yunanistan	242	32.2	133	0.22	0.0
Guatemala	12	2.64	83	1.10	0.0
Macaristan	1714	340	5861	0.54	0.0
İzlanda	5794	1443	21158	0.57	240
İsrail	1217	44.2	1196	0.84	0.0
İtalya	1612	307	3629	0.57	54
Japonya	1670	318	6978	0.84	0.0
Makedonya	761	69.5	509.6	0.37	26.7
Yeni Zelanda	353	264	6614	0.69	0.0
Polonya	298	63	740	0.23	60
Romanya	300	130	1230	0.79	0.0
Rusya	1240	210	2422	0.37	0.0
Saray Bosna	892	80	2375	0.30	0.0
Slovakya	353	99.7	1808	0.37	0.0
Slovenya	373	39.1	780	0.94	73.5
İsveç	455	47	960	0.57	0.0
İsviçre	120	110	3470	1.63	177
Türkiye	700	140	1987	0.0	0.0
ABD	3905	1874	13890	0.45	68.4
TOPLAM	35998	8228	13890	0.40	1325

Kaynak: D, Freeston, **World Geothermal Congress'95**, Country
Reports-Direct Uses of Geothermal Energy.

*Kullanılan Enerji (Tj/y)=Yıllık ortalama debi (lt/sn)x(ti-to)(°C)x0.1319
ti=giriş sıcaklığı, to=çıkış sıcaklığı

2.1.1. Dünya' da Jeotermal Enerji İle Konut Isıtma Uygulamaları

Bugün Dünyada ki birçok ülkede jeotermal enerji ile şehir, ev, sera, vb. ısıtması yapılabilmektedir.

53 lt/sn, 77 °C sıcaklıktaki jeotermal kuyudan beslenen dünya' nın ilk jeotermal ısıtma sistemi Boise İdaho'da (ABD) 1870 yılında inşa edilmiştir. 200 ev ile 12 iş merkezini besleyen bu sistem başarı ile halen çalışmaktadır. ABD'de klamath falls oregon'de 35 yıldan fazla bir zamandan beri 400'ün üzerinde jeotermal kuyu ısıtmada kullanılmaktadır. Takribi ısıtma gücü 180 Mwt'dir. Ayrıca Nevada Renc şehrinde, 35.000 konut 12-22 km. mesafeden taşınarak 90 °C deki jeotermal su ile ısıtılacaktır. Şehirde halen 100 adet kuyu içi eşanjörlü sistem ile ısıtma yapılmaktadır.⁸⁸

İzlanda'da evlerin yaklaşık % 85'i jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Nesjavellir jeotermal ısıtma sistemi 100 Mwt kapasiteli ilk ünitesi işletmeye açıldıktan sonra, direkt kullanımdaki toplam jeotermal enerji kapasitesi 1096 Mwt olabilecektir.

İzlanda'nın başkenti Reykjavik'in tümü 1943 yılından beri jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Ayrıca, bu şehirde yollar, yaya kaldırımları jeotermal enerji ile ısıtılmakta ve şehre dumansız şehir denilmektedir. Bu şehrin dizayn dış hava sıcaklığı -12 °C olup Ankara ile aynı değerdedir. Şehirde 120.000'nin üzerinde insan yaşamakta ve şehre jeotermal su ortalama 40 km mesafeden getirilmektedir. Kuyulardan alınan jeotermal suyun sıcaklığı ise 85-90 °C civarındadır. Bu şehirdeki jeotermal ısıtma sistemi 44 adet jeotermal kuyu tarafından beslenmektedir. Isıtma gücü 1096 Mwt'dir ve şehri besleyen kuyuların ortalama derinliği 1500 m'dir. Halen Dünya' da en uzun jeotermal su taşıma boru hattı 61 km ile İzlanda'da inşa edilmiş olup, işletilmektedir. Japonya'da 70 °C sıcaklığındaki jeotermal su 12 km taşınarak kaplıca tesisleri ısıtması yapılmaktadır.⁸⁹

ABD'de jeotermal ısıtmanın, 1993 yılı fiyatları ve durumu ile fuel-oil eş değeri; yılda 14 trilyon TL' dir. ABD Enerji bakanlığının yayınına göre; ABD'de jeotermik kaynakların ısıtmada kullanımının petrol eşdeğeri, yılda 300 trilyon TL dolayında

⁸⁸ ORME JEOTERMAL, Ucuz Isınma Temiz Hava İçin; Jeotermal Merkezi Isıtmanın Dünyada ve Türkiye'deki Durumu ve Ekonomisi, Yayın No:94/02, Ankara, Mart 1994, s.5.

⁸⁹ ,A.g.e., s.5.

olabilecektir. ABD'de jeotermal ısıtma, doğal gaz ısıtmaya göre %70 daha ucuza mal olmaktadır.⁹⁰

NATO, CCMS 1976 raporuna göre jeotermal akışkanların 150 km'ye kadar ısıtma maksatlı taşınması belli şartlarda ekonomik görülmektedir⁹¹. Çeşitli ısıtma sistemleri işletme maliyetleri Tablo 2.2'deki gibidir.

Tablo 2.2: Çeşitli Isıtma Sistemlerinin İşletme Maliyetleri

a) Jeotermal bazlı	1 Cent / kwh ısı
b) Fuel-oil bazlı	6 Cent / kwh ısı
c) Elektrik bazlı	
1. Ev tarifi	5 Cent / kwh ısı
2. Ticari tarife	9 Cent / kwh ısı

Kaynak: John, Stenior Gudmundsson Stanford University, USA Geothermal Resources Council Bulletin, Sept, 1985.

İtalya'da jeotermal merkezi ısıtma sistemleri olarak, Vicenza'da bölge ısıtması, Abano' da (padova) hotel ısıtması, monte Amita'da sera ısıtması ve Castelnovo / Larderello'da bölge ve sera ısıtması yapılmaktadır.⁹²

Fransa'da, 40 tanesi Paris çevresinde olmak üzere 60'tan fazla tesis ile jeotermal merkezi ısıtma yapılmaktadır. Kuyuların ömürlerini artırmak, korozyon ve kabuklaşmayı önlemek için inhibütör kullanılması yaygın hale gelmiştir. Paris civarında ortalama 2000 m derinlikli jeotermal kuyulardan elde edilen 57-79 °C sıcaklıklı 250 m derinde çalışan kuyu içi pompaları aracılığı ile elde edilen jeotermal su ile 150.000 adet ev ısıtılmaktadır(1992).⁹³

⁹⁰ A.g.e., s.5.

⁹¹ A.g.e., s.6

⁹² A.g.e., s.8.

⁹³ A.g.e., s.9.

Romanya'da kurulu jeotermal ısıtma sistemlerinin toplam kapasitesi 350 Mwt'dır. Fakat sadece 120 Mwt kapasiteli üretim gerçekleştirilmektedir. Şu an 8 adet jeotermal sistem 200'den fazla üretim kuyusu ile beslenmekte ve 3000 mesken, birçok ticari binanın ve 15.000 apartman dairesine sıcak su verilmesin de, 10 fabrikada kullanılmak üzere endüstriyel su ve balneolojik uygulamalarda kullanılmaktadır.

İsveç'te jeotermal akışkanlar ısı pompası (heat pump) kullanılarak ısıtmada kullanılmaktadır. Lund' da yaklaşık 33 Mwt kapasiteli ve 22 °C' de hidrotermal su kullanılarak elde edilmektedir. Şehrin % 35-40' bu sistemle ısıtılmaktadır.⁹⁴

1990 yılı sonunda jeotermal enerji ile dünyada ısıtılan konut eşdeğeri sayısı bir milyon' a (1.000.000) yaklaşmıştır. Dünyada Jeotermal Isıtma ve Diğer Kullanımların yapıldığı Yerler ve Kurulu Güçleri 1990 Yılı İtibariyle Tablo 2.3.' de verilmiştir.⁹⁵

Tablo 2.3: Dünya' da Jeotermal Isıtma ve Diğer Kullanımların Yapıldığı Yerler ve Kurulu Güçleri (1990 yılı itibarıyla)

ÜLKE	Jeotermal Isıtma Kurulu Gücü (Mw th)	ÜLKE	Jeotermal Isıtma Kurulu Gücü (Mw th)
İzlanda	774	Çin	2143
Macaristan	1276	Türkiye	246
SSCB (Eski)	1133	Çekoslovakya	105
Fransa	337	Y.Zelanda	258
İtalya	329	Japonya	3321
Romanya	251	Bulgaristan	293
Yugoslavya	112	Diğerleri	343
Amerika	463	Toplam	11384 Mwt

Kaynak: Geothermal Resources,Council BULLETİN,July/Agust 1990(USA).

⁹⁴ A.g.e., s.9.

⁹⁵ A.g.e., s.9.

2.1.2. Dünya' da Jeotermal Enerji İle Sera Isıtma Uygulamaları

Dünya' nın çeşitli ülkelerinde seraların jeotermal enerji ile ısıtılması suretiyle turfanda sebzeçilik, meyvecilik ve çiçekçilik yapılmaktadır. Örneğin, Rusya'da 5.000 termal Mwt. karşılığı jeotermal enerji kullanılarak yılda 1 milyon ton sebze elde edilebilmektedir. İtalya'nın monte-amita ve larderello bölgelerinde jeotermal enerji kullanılarak sera ısıtması yapılmaktadır. Romanya'da 45 hektar sera jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır.⁹⁶ 1960'lı yıllarda Macaristan ve Yugoslavya'daki seralar jeotermal akışkanlarla ısıtılmaya başlanmış olup, halen uygulamalar artarak devam etmektedir. Avrupa'da jeotermal ısıtmalı sera alanı 1988 yılı itibarıyla 300 hektarı aşmış durumdadır. Tablo 3.4.'de Avrupa'da jeotermal enerji ile ısıtılan sera alanları verilmiştir.⁹⁷

Tablo 2.4: Avrupa'da Jeotermal Enerji İle Isıtılan Sera Alanları

Ülke Adı	Sera Alanı (ha)
Macaristan	130.38
Yugoslavya	60.70
İtalya	36.60
Fransa	24.30
İspanya	20.00
İzlanda	14.50
Yunanistan	7.76
Türkiye	7.30
Çekoslovakya	1.50
Almanya	0.30
Belçika	0.05
TOPLAM	303.39

Kaynak: POPOVSKI, K., *Geothermal Energy*, FAO/REUR Technical Series 3, 96, 1988. .

⁹⁶ ŞAMILGİL Erman, *Jeotermal Enerji*, Yıldız Tek.Ünv.Kocaeli Müh.Fak.Jeoloji Müh.Böl. Yayınları, Sayı:262, İstanbul,1992, s.4.

⁹⁷ POPVSKI, K., *Present Status of the Use of Geothermal Energy in European Agriculture.*, FAO/CNRE Bulletin No.21, 1988,p.12-15.

2.1.3.Dünyada Jeotermal Enerji İle Elektrik Üretimi Uygulamaları ve Kurulu Güçleri

Günümüzde jeotermal enerjiden elektrik üretimi, başta ABD ve İtalya olmak üzere dünya' nın birçok ülkesinde yapılmaktadır (Yeni Zelanda, Japonya, Filipinler, Meksika, El Salvador, Endonezya, Çin, Türkiye). 1984 rakamlarına göre ABD'de jeotermal akışkanlardan üretilen elektrik 1350 Mwt. olup, El Salvadordaki elektrik santralinden ise ülke elektrik üretiminin % 40'ı sağlanmaktadır. Tablo 2.5.'de dünyada termal enerji üreten ülkeler, üretim alanları ve üretim kapasiteleri verilmiştir.⁹⁸

Tablo 2.5: Dünyada Termal Enerji Üreten Ülkeler, Üretim Alanları ve Üretim Kapasiteleri.

Ülke	Jeotermal Enerji Alanları	Üretim Başlangıcı	Üretilen Enerji
İtalya	Larderello (Toskana) Monte Amiata Monte Cattini	1904'de ilk defa	Toplamı 400 Mw güç, yılda 3 milyar Kwh
Yeni Zelanda	Taupo Gölü Civarı	1960	192 Mw. olup 282 Mw.'a çıkarılacak 1,5 milyar Kwh/yıl
ABD	San Fransisko Kuzeyi	1960	Halen 0,5 Milyar Kwt. Çıkarılacak
Meksika	Kaliforniya	1965	Halen 3,5 Mw. Yakında 100 Mw'a çıkacak, potansiyel 1000Mw
İzlanda	Kırım civarı, Hazar gölü civarı, urallar ve kamçatka dolay	1968	5 Mw'lık bir santral kamçatka bölgesinde vardır.
Japonya	Thoku (Matsukava Bölgesi)	1966	20 MW.

Kaynak: GÖKSU Ekrem, *Enerji Kaynakları I*, İ.T.Ü., İstanbul, 1986, s.39.

Dünyadaki jeotermal enerjinin elektrik üretiminde kullanımının son durumu (1990 yılı itibarıyla) ve elektrik santrallerinin kurulu güçleri Tablo 2.6.'da verilmiştir.

⁹⁸ ERİŞEN Bilge, "Jeotermal Enerji Kullanımı ve Türkiye'deki Durumu", *Jeomorfoloji Dergisi*, Sayı:15, Türkiye Jeomorfoloji Derneği Yayınları, Ankara, 1987, s.74.

Tablo 2.6: Jeotermal Enerji Kullanılan Elektrik Santrallerinin Kurulu Güçleri

ÜLKE	1990	1995	2000
ARJANTİN	0.67	0.67	T.B
AVUSTRALYA	0	0.17	T.B
ÇİN	19.2	28.78	81
KOSTA RİKA	0	55	170
EL SALVADOR	95	105	165
FRANSA	4.2	4.2	T.B
YUNANİSTAN	0	0	T.B
İZLANDA	44.6	49.4	T.B
ENDONEZYA	144.75	309.4	1080
İTALYA	545	631.7	856
JAPONYA	214.6	413.705	600
KENYA	45	45	T.B
MEKSİKA	700	753	960
YENİ ZELANDA	283.2	286	440
NİKARAGUA	35	35	T.B
FİLİPİNLER	891	1227	1978
PORTEKİZ	3	5	T.B
RUSYA	11	11	110
TAYLAND	0.3	0.3	T.B
TÜRKİYE	20.6	20.6	125
AMERİKA	2774.6	2816.7	3395
TOPLAM	5831.72	6797.975	9960

Kaynak: G.W. Huttner, **World Geothermal Congress'95**, Country Reports-the status of world Geother Power production 1990-1994

2.1.4. Dünya' da Jeotermal Enerji Kullanımının Endüstriyel Alandaki Uygulamaları

Dünyanın çeşitli ülkelerindeki jeotermal enerjinin, endüstriyel ve kimyasal alanlardaki uygulamalarını aşağıdaki gibi özetlemeye çalışırsak;

- Yiyeceklerin kurutulmasında (balık, yosun vb.) ve sterilize edilmesinde, (Örneğin Japonya, ABD, İzlanda, Filipinler),
- Kerestecilik ve ağaç kaplama işlerinde (Yeni Zelanda),
- Kağıt ve dokuma endüstrisinde ağartma maddesi olarak kullanım (Yeni Zelanda, İzlanda, Japonya),
- Şeker, ilaç, pastörize süt fabrikalarında (Japonya),
- Soğutma tesislerinde (İtalya),
- Derilerin kurutulması ve işlenmesi (Japonya, İzlanda),
- Diatomitlerin kurutulmasında (İzlanda),
- Volkanlardan çıkan doğal gazlardan kükürt elde etme (Japonya, İtalya)
- Jeotermal akışkanlardan asit borik, amonyum bikarbonat, ağır su, amonyum sülfat vb, kimyasal maddelerin elde edilmesinde (ABD),
- Jeotermal akışkandaki CO₂ gazından kuru buz elde edilmesinde (ABD),
- Deniz suyundan tatlı su ve kimyasal maddeler elde edilmesinde (Japonya, Filipinler).

Yukarıda belirtilen alanlarda ve daha birçok işlerde jeotermal enerji kaynakları kullanılmakta ve böylece ekonomiye büyük katkılar sağlanmaktadır. ⁹⁹

⁹⁹ ŞAMILGİL ,Erman, **Jeotermal Enerji**, Yıldız Teknik Üniv.Kocaeli Müh.Fak.Jeoloji Müh.Bl.Sayı:262, İstanbul, 1992, s.4.

2.2. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ UYGULAMALARI

2.2.1. Türkiye'de Jeotermal Enerji Potansiyeli

Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyanın şanslı ülkelerinden biri sayılabilir. Yapılan araştırmalar sonucunda, ülkemizde 600 den fazla sıcak su kaynağı olduğu belirlenmiştir. MTA'nın verilerine göre, saptanan rezerv 1045 Mwt'dır. Bu miktarda 1×10^6 ton/yıl petrole eşdeğerdir. Kızıldere sahasında elektrik enerjisinin üretiminden sonra bırakılan atık sudaki enerji 6×10^5 varil/yıl petrol eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan yine MTA'nın verilerine göre, Türkiye'nin olası jeotermal potansiyeli 31500 Mwt' tır¹⁰⁰.

1960'lı yılların ortasında UNDP ve MTA'nın ortak projesi olarak geliştirilen Kızıldere Jeotermal sahasında bugün bir elektrik santrali bulunmaktadır. 1970' li yıllarda MTA Jeotermal kaynaklar konusundaki aramalarına yalnız devam ederek, başta germencik olmak üzere birçok hidrotermal kaynağı ortaya çıkarmıştır.¹⁰¹

Son yıllarda Simav, Kırşehir, Balçova ve Gönen gibi birçok yerleşim alanında merkezi sistemle ısıtma projelerinde jeotermal enerjiden yararlanılmaktadır. Türkiye'de bulunan sahaların büyük bir çoğunluğunun düşük entalpili olmaları nedeniyle, jeotermal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi teknolojik ve ekonomik açıdan uygun olmayabilir. Kızıldere sahasında elektrik üretmek amacıyla yaklaşık 20 Mwt.'lık bir santral kurulmuş ve santralin işletilmesi TEAŞ'a devredilmiştir.¹⁰²

Türkiye'de jeotermal enerjiden yeterli düzeyde yararlanamamanın nedenleri teknik, finans ve yönetim sorunlarına bağlanabilir. Teknik sorunlar arasında kaynakların düşük entalpili olması, üretim sırasında rezervuarda, kuyu içinde ve yüzey donanımlarında kalsit çökmesi ve çevre sorunları yer almaktadır. Düşük entalpili jeotermal kaynaklar yerleşim alanlarının ısıtılmasında, bazı endüstriyel işlemlerde ve seracılık gibi alanlarda kullanılabilir. Ancak, doğrudan kullanım projeleri

¹⁰⁰ ERIŞEN Bilge, "Jeotermal Enerji Kullanımı ve Türkiye'deki Durumu", *Jeomorfoloji Dergisi*, Sayı:15, Türkiye Jeomorfoloji Demeği Yayınları, Ankara, 1987, s.78

¹⁰¹ ORME JEOTERMAL, 1994, A.g.e., s.14.

¹⁰² ŞAMİLGİL Erman, "Dünyada ve Türkiye'de Jeotermal Enerji", Makina Mühendisleri Odası, Mühendis ve Makina Dergisi, Enerji Özel Sayısı, Ankara, 1973, s.67.

gerçekleştirilirken (Kızıldere Jeotermal sahasının işletilmesinde de görüldüğü gibi), bu tür projelerde kaynağın sağlıklı kullanılması için rezervuar mühendisliği çalışmalarına gereken önem verilmelidir. Bu nedenle, bu kaynakların bulunduğu rezervuarlarda üretimle düşen basıncın tekrar basma yöntemiyle (reenjeksiyon) korunmasının yanısıra, çevrenin korunmasının da rezervuar mühendisliğiyle olanaklı olduğu unutulmamalıdır. Bu yapılmadığı takdirde, bir süre sonra yeterli sıcak su kalmayacağından bazı projelerden vazgeçilmesi tehlikesi doğabilir.¹⁰³

Türkiye'deki jeotermal enerjinin yeteri kadar hızlı gelişmemesinin en önemli nedenlerinden biride, uzun yıllardan beri jeotermal enerjiye yatırım yapılmamasıdır. Germencik sahası'nın hiç birşey yapılmadan yıllardan beri olduğu gibi duruyor olması ekonomik bir kayıptır. Diğer yandan düşük entalpili sahaların yerleşim alanlarının ısıtılmasında, seracılık ve bazı endüstriyel alanlarda kullanılmasını içeren projeler ve uygulamalar, Devletin belirgin bir jeotermal politikasından çok yerel yönetimlerin veya şahısların çabalarıyla gerçekleşmektedir. Jeotermal kaynak bakımından zengin Batı Anadolu Bölgesindeki bir çok uygulama projesi, bu tür enerjinin son derece ekonomik olduğunu göstermiştir.¹⁰⁴

Yerkabuğunun yakın derinliklerine yükselmiş magmanın ısısı söz konusu olduğunda sınırsız, sıcak akışkan üretimi söz konusu olduğunda ise sınırlı sayılabilecek jeotermal enerjinin, yerel olarak kullanıma zorunluluğuda göz önüne alınırsa, ülkelerin enerji sorunlarını tek başına çözebilecek bir kaynak olmadığı ortadadır. Ancak Türkiye'nin de içinde bulunduğu bir grup ülke için, enerji sorunlarının yerel, kısmi ve çevreye en az zarar veren çözümünde ekonomik bir alternatif enerji kaynağı olma özelliği vardır. Türkiye'de jeotermal enerjinin özellikle doğrudan kullanımının (ısıtma, seracılık ve endüstri) artırılmasıyla önemli yararlar sağlanacaktır. Tükettiği enerjinin yarısına yakını ithal eden Türkiye'nin, jeotermal enerji zenginliğinden yeteri kadar yararlanması gerekmektedir.¹⁰⁵

Türkiye'deki jeotermal enerji kaynaklarının tümüne yakınının düşük entalpili olması, kaynakların değerlendirilmesinde endüstri proses ısısı, sera ısıtması ve konut ısıtmasına yönelinmesi gereğini ortaya çıkarmaktadır. Yine de Türkiye'nin gelecek

¹⁰³ ERİŞEN, A.g.e., s.82.

¹⁰⁴ ORME JEOTERMAL, 1993, A.g.e., s.5.

¹⁰⁵ EŞDER Tuncer, "Jeotermal Kaynaklardan Elektrik Üretimi", *Bilim Teknik Dergisi*, Tübitak Yayınları ,Sayı:Ağustos 1990, s.39.

yıllardaki enerji gereksinimleri dikkate alındığında jeotermal enerjinin tek başına çözüm olmayacağı, ama enerji sorununda tamamlayıcı bir rol oynayacağı açıktır. Devletin ve özel yatırımcıların, jeotermal kaynakların son derece çekici olduğu konut ısıtması, sera ısıtması ve proses ısısı gibi kullanımlara yatırım yapması ülke ekonomisine yeni bir dinamizm kazandıracak, hava kirliliğini azaltma yanında petrol için harcanan döviz giderlerini de azalabilecektir. Türkiye'deki 140 adet jeotermal sahanın isimleri ve kuyubaşı sıcaklıkları Tablo 2.7'de, jeotermal enerji ile merkezi olarak ısıtılacak yerleşim yerleri Tablo 2.8.'de verilmiştir.¹⁰⁶

¹⁰⁶ ORME JEOTERMAL, 1996, A.g.e., s.8.

Tablo 2.7: Türkiye'deki 140 Adet Jeotermal Sahanın İsimleri ve Kuyubaşı Sıcaklıkları

Jeotermal Saha	Sıcaklık ⁰ C	Jeotermal Saha	Sıcaklık ⁰ C
AFYON		AYDIN	
Ömer-Gecek	98	Germencik-Ömerbeyli	232
Arap deresi	75	Çamköy,Bozköy,	90
Heybeli	79	Salavatlı	171
Gazlı göl	74	Aydın-Şehiriçi Ilıcabaşı	103
Hüdai	71	Gümüşköy	41
AĞRI		Davutlar	65
Dişadin,Köprü çermik,Yılanlı	71	Ortakçı	50
AMASYA		BALIKESİR	
Hamam özü	42	Gönen	82
Gözdek	40	Hisaralan	100
ANKARA		Hisarköy	93
Kızılcahamam	86	Pamukçu	60
Haymana	45	Kepekler	60
Seyhamamı	43	Havran-Derman	60
Dutluca	51	Dağlıcası-Ekşidere	64
Ayaş	31	Güre	58
Ayaş-Çoban	50	Kızıkköy-Manyas	51
ANTAKYA		Yıldız	47
Kırıkhan	33	Şamlıdağ	62
AKSARAY(ZİGA)	53	DIYARBAKIR	
BİNGÖL		Çermik	51
Kös	47	ELAZIĞ	
Hacı köy	62	Kolan	42
Harur	52	ERZURUM	
Hozavıt	48	Ilıca	39
BİTLİS		Pasinler	43
Nemrut	66	Kığıhazman	56
Ilıca köy	44	Meman	45
BOLU		ESKİŞEHİR	
Merkez	44	Sarıcakaya, Sakanlıca	56
Sarıot	63	Merkez	45
Kesenözü-Seben	73	İZMİR	
Efteni	42	Balçova	124
BURSA		S.Hisar,Cuma,Karakoç	153
Çekirge	47	Doğanbey burnu	64
Karamustafa-Kaynarca	83	Dikili kaynarca	130
Armutlu	75	Bademli	70
Kemalpaşa	51	Çeşme	61
Oylat	40	Şifne	57
Kaya-Sada (Orhaneli)	68	Nebiler	57
ÇANAKKALE		Paşa	43
Tuzla	174	Aliğa	58
Kestanbol	75	Bayındır-Dere köy	45
Hıdırlar	81	MANİSA	
Kumılacası, Yenice	69	Kurşunlu-Salihli	98

Jeotermal Saha	Sıcaklık °C	Jeotermal Saha	Sıcaklık °C
Ozancık	65	Urganlı	83
Kırkgeçit	52	Sart	54
Kara	48	Saraycık	51
Çan	46	Menteşe	63
Küçükçetmi	41	Şehitler (Emir-Kula)	55
ÇANKIRI		MARDİN	
Çavundur	54	Germiab	61
DENİZLİ		MUĞLA	
Kızıldere	212	Velibey	39
Tekkehamamı, kaba ağaç	100	Sultaniye	41
Gölemezli	55	NEVŞEHİR	
Karahayıt	56	Kozaklı	93
Kamaryenice	56	Acıgöl (Tahmini)	200
Pamukkale	36	NİĞDE	
KAYSERİ		Narköy	63
Tekgöz	40	Çiftehane	53
Bayramacı	40	ORDU	
KIRŞEHİR		Fatsa	49
Terme	57	YOZGAT	
Mahmutlu	70	Köhne (Sorgun)	78
Karakurut	55	Cavlak (Boğazlayan)	46
Bulamaçlı	44	Sarıkaya	48
KONYA		Yerköy (Uyuz)	47
İlgın	42	Karadikmen	40
KÜTAHYA		Karamağara	68
Eynal-Sınav	163	SAKARYA	
Naşa	52	Kuzuluk	84
Çitgöl	97	SAMSUN	
Abide, Gediz	78	Havza	54
Yoncalı Saha	42	Ladik	38
Kızılşın	44	SİİRT	
Emet	47	Billuris	38
Yeniceköy	49	Hısta Çermiği	67
Dereli, Günlüce	41	RİZE	
Samrık	46	Ayder	55
Muratdağı	42	KAHRAMANMARAŞ	
Hamamköy	51	Süleymanlı	43
SİVAS		URFA	
Sıcakçermik	56	Karaali	48
Akçaağıl	43	UŞAK	
TOKAT		Banaz	61
Sulusaray	54	Eşme-Örencik	40
Reşadiye	48	VAN	
YALOVA		Hasanabdal-Zilan	90
Yalova	66	Zereni	55

Kaynak: 1. Geothermal Resources Council Bulletin 1985-1990

2. Reseaux ET Chaleur Magazine international des reseaux de
chaleur et de la Geothermie

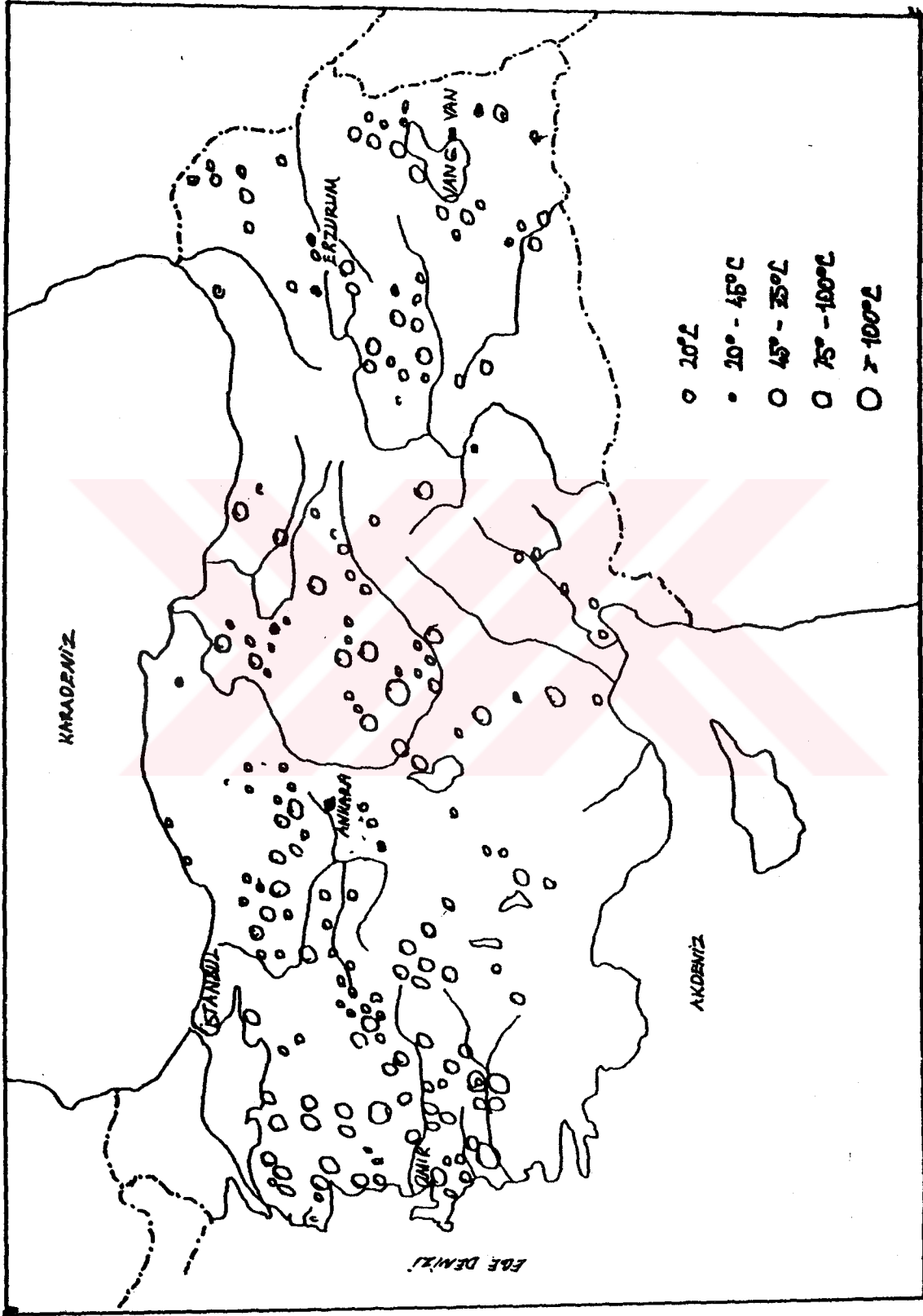
Table 2.8: Türkiye'de Jeotermal Enerji İle Merkezi Olarak Isıtılabilecek Yerleşim Yerleri

AFYON	GEMENCİK
BOLVADIN	SALAVATLI
SANDIKLI	NAZILLI
İZMİR	KARACASU
BALÇOVA	ILGIN (KONYA)
SEFERİHİSAR	DENİZLİ
DİKİLİ	SARAYKÖY
BADEMLİ	BULDAN
SEBEN (BOLU)	EMET (KÜTAHYA)
TURGUTLU (MANİSA)	GEDİZ (KÜTAHYA)
SALİHLİ (MANİSA)	BURSA
YENİCE (ÇANAKKALE)	KOZAKLI
REŞADİYE (TOKAT)	SAKARYA
BALIKESİR	AKYAZI
EDREMIT	KUZULUK
SARUHAN	ERCİŞ (VAN)
GÜRE	ERZURUM
PAMUKÇU	PASINLER
HAVRAN	ILICA
SUSURLUK	GÖNEN (Halen Isıtılıyor)
BİGADİÇ	KIRŞEHİR (Halen Isıtılıyor)
BALYA	SİMAV (Halen Isıtılıyor)
SİVAS	KIZILCAHAMAM(Halen Isıtılıyor)
SORGUN (YOZGAT)	BALÇOVA (Halen Isıtılıyor)
AYDIN	

Kaynaklar: 1. Geothermal Resources Council Bulletin 1985-1990

2. Reseauxet Chaleur Magazine International
Des.Reseaux De chaleur et Dela Geotherme

3. Geothermal Direct Engineering And Design
GUIDEBOOK



Şekil 2.1: Türkiye'deki Jeotermal Kaynakların Dağılımı (Mertoğlu, O vd.1994)

2.2.2. Türkiye'de Jeotermal Enerji İle Konut Isıtma Uygulamaları

Türkiye'de şu anda Gönen, Simav, Kırşehir ve Kızılcahamam da merkezi sistemle konutlarda ısıtma yapılmaktadır.

1981 yılında İzmir-Balçova jeotermal alanında kuyu içi eşanjörünün Türkiye'de ilk uygulaması neticesi Otel-Motel-TV salonu vb. yerler (250 oda muadili) 1982 yılından beri ısıtılmaktadır. (6 Mwt). Ayrıca, beş yıldızlı termal otel Balçova termal tesislerine ilave olarak Aralık 1994'ten beri işletilmektedir (5,1Mwt). Dokuz Eylül Üniversitesi Kampüsü, Tıp Fakültesi, Hastane ve Fakülte binaları (yaklaşık 90.000 m³ hacmindeki) 2,2 Mwt kapasite ile 1993 yılından bu yana Balçova jeotermal alanından ısıtılmaktadır. Yatırım kendisini fuel-oil'e göre 6 ayda geri ödemiştir.¹⁰⁷

Gönen'de 2400 konut, 56 adet tabakhane ve 600 yataklı otellerin ısıtma, tabakhanelerin proses sıcak suyu sistemi, yatırımı, inşaat ve montajı Nisan 1987 de başlamış ve Ekim 1987 den beri işletilmektedir. Toplam kurulu kapasite 19,3 Mwt'dir. Gönen'de konutlar kışın ısınma ve tüm yıl sıcak su ayda 2.750.000TL ödemektedirler. (Kasım 1996 itibariyle).¹⁰⁸

Kızılcahamam'da 2000 konut kapasiteli jeotermal merkezi ısıtma sistemi kasım 1995'de 250 konut eşdeğeri ile devreye alınmıştır. Devreye alınan konutların sayısı her geçen gün artmaktadır. Sistemin kapasitesi 16,5 Mwt 'dir. Kızılcahamamdaki konutlar kışın ısınma ve tüm yıl sıcak su için ayda 1.800.000 TL ödemektedirler (Mart 1997).¹⁰⁹

Gediz Kaplıca ve Motelleri (200.000 kcal/h kapasiteli) 78 °C deki jeotermal su ile Kasım 1987 den itibaren ısıtılmaktadır. Havza kaplıcası 1000 m², 54 °C deki jeotermal su ile tabandan ısıtılmaktadır. Ekim 1988' de işletmeye alınan tesis 60.000 kcal/h kapasitelidir.¹¹⁰

Ayrıca Rize Ayder'de 1700 m kod'daki kür merkezi ve kaplıca tesisi 54°C jeotermal su ile ısıtılmaktadır. Haymana'daki iki adet camii 43°C deki jeotermal su ile

¹⁰⁷ ORME JEOTARMAL, Ucuz Isınma, Temiz Hava İçin; Jeotermal Merkezi Isıtmanın,Dünyada ve Türkiye'deki Durumu ve Ekonomisi, ,Yayın No:Kasım 1996, Ankara, s.3.

¹⁰⁸ A.g.e.,s.4.

¹⁰⁹ A.g.e.,s.5.

¹¹⁰ A.g.e.,s.5

tabandan ısıtılmaktadır. Toplam 60.000 kcal/h kapasiteli sistemler, Aralık 1989'da devreye alınmıştır.¹¹¹

Salihli Termal Tesislerinde 50 adet apart otelin jeotermal ısıtma sistemi 220.000 kcal/h kapasite ile kasım 1989'dan beri işletilmektedir. Sivas sıcak çermik kaplıcaları (2100 m²), 46 °C jeotermal akışkan ile ısıtma ve termal su ve kabuklaşmayı önleme komple sistemi ile birlikte Aralık 1993 tarihinde devreye girmiştir.¹¹²

Türkiye'nin en büyük kapalı yüzme havuzunun (Balçova termal tesisleri) jeotermal ısıtma sistemi 1.600.000 kcal/h kapasite ile Şubat 1987 de devreye alınmıştır. Balçova termal tesisleri bünyesinde bulunan kaplıca tedavi merkezi (11.000 m²) jeotermal ısıtma sistemi 1.200.000 kcal/h kapasite ile Eylül 1989'da devreye alınmıştır. Afyon-Ömer termal tesislerinde 35 adet apart-otel, restaurant, kaplıca ve 5000 m² seraya jeotermal ısıtma uygulanmış ve 2.200.000 kcal/h kapasite ile Kasım 1989 da işletmeye alınmıştır. Bu tesise kabuklaşmayı %100 önleyen özel sistem uygulanmıştır.¹¹³

Afyon-Gazlıgöl Kaplıca tesisleri jeotermal ısıtma sistemi 68 °C jeotermal akışkan ile beslenmektedir. Sistem 550.000 kcal/h kapasitelidir. Afyon-Bolvadin kaplıcaları ve Oteli 900.000 kcal/h kapasiteyle ve Simav-Eynal termal tesisleri kaplıcaları ve otelleri 1.900.000 kcal/h kapasiteyle 1994 yılı başından itibaren ısıtılmaktadır.¹¹⁴

2000/3500/6500 konut kapasiteli Simav jeotermal merkezi ısıtma sisteminin, inşaat ve montajı Mart 1991 de başlamış, Aralık 1992 de işletmeye alınmıştır.

1994 Mart ayı başında devreye alınmış olan Kırşehir jeotermal Merkezi ısıtma sisteminde şu anda 1800 konut jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Kırşehir de konutlar kışın ısınma ve tüm yıl sıcak su için ayda 2.500.000 TL ödemektedirler. (1996 yılı)¹¹⁵

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastaneler 2. Bölüm 110.000 m² (1100 konut eşdeğeri) jeotermal ısıtma sistemi mahal ısıtma + kullanım sıcak suyu montajı

¹¹¹ A.g.e.,s.6.

¹¹² A.g.e.,s.8.

¹¹³ A.g.e.,s.8.

¹¹⁴ A.g.e.,s.9

¹¹⁵ A.g.e.,s.12.

Şubat 1992 de başlamış ve sistem Kasım 1992 de devreye girmiştir. Sistem kapasitesi 6.900.000 kcal/h (9,3Mwt) dir. Türkiye'nin jeotermal potansiyeli açısından en zengin bölgesi olan Ege bölgesinde Balçova 7500/2500 konut kapasiteli jeotermal merkezi ısıtma ve 1500/5000 konut kapasiteli jeotermal soğutma sistemi 31 Ekim 1996 tarihinde 4 apartmanın devreye alınmasıyla hizmet vermeye başlamıştır.¹¹⁶

Türkiye deki en uzun jeotermal su taşıma hattına sahip olacak olan sandıklı 5000/7000 konut kapasiteli jeotermal merkezi ısıtma sisteminde jeotermal suyun taşınma mesafesi 8600 m dir. Boru hattının montajı devam etmektedir (Haziran 1996).¹¹⁷

Eylül 1996 Rakamlarına göre Türkiye'de Konut Isıtma Maliyetleri:

Elektrik Bazlı Isıtma	:9006 TL/1000 kcal
Fuel-Oil Bazlı Isıtma	:3367 TL/1000 kcal
Doğal Gaz	:2682 TL/1000 kcal
Kömür Bazlı Isıtma (ortalama)	:3922 TL/1000 kcal
Jeotermal bazlı Isıtma	:85-400 TL/1000 kcal

Kaynak: Orme Jeotermal, Kasım-1996

Yukarıdaki karşılaştırmada, jeotermal enerji merkezi ısıtma sisteminin diğer ısıtma sistemlerine göre çok daha ucuz olduğu açıkça görülmektedir. Evlerde, artı maliyet yapılmadan yirmidört saat sıcaksu akması, konutların is, toz vb. kirlenmeden kurtulması, hava kirliliğinin önlenmesi jeotermal enerji kullanımının diğer önemli üstünlükleridir. Tablo 2.9.'de Türkiye'de işletilmekte olan jeotermal sistemlerin Mwt. cinsinden kapasiteleri verilmiştir.

¹¹⁶ A.g.e. s.12.

¹¹⁷ A.g.e.,s.13.

Tablo 2.9: Türkiye’de İşletilmekte Olan Jeotermal Sistemlerin Mwt Cinsinden Kapasiteleri

Yer	Kapasite(Mwt)	Açıklama
Gönen	16,20	1400 konutluk eşdeğeri ısıtma, 2000 m ² ve 60 adet tabakhane
Balçova	17,80	Balçova termal tesisleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Kampüs ısıtması
Kızılcahamam	0,76	Kaplıcalar Otel jeotermal ısıtma sistemi
Gediz	0,61	Kaplıcalar jeotermal ısıtma sistemi
Havza	0,7	Kaplıcalar jeotermal ısıtma sistemi ve Türk Hamamı
Afyon-Bolvadin	1,05	Kaplıca ve Otel jeotermal ısıtması
Salihli	0,26	50 apart otelin jeotermal ısıtma sistemi
Afyon-Ömer	2,60	35 apart otel, restoran, kaplıca otel ısıtması
Afyon-Oruçoğlu	2,73	Oteller ve kür merkezi jeotermal ısıtma sistemi
Afyon-Gazlıgöl	0,64	Kaplıca tesisleri jeotermal ısıtma sistemi
Kırşehir	18,25	1800 Konut jeotermal merkezi ısıtma sistemi
Simav	66,0	3500/6500 Konut ısıtma ve sıcak su
Simav-Eynal	2.20	Termal tesis, otel, kaplıca ve sera ısıtma sistemi
Rize-Ayder	0,24	Kür merkezi jeotermal ısıtma sistemi
Diğerleri	30,0	Bazı sera ve küçük kaplıca ısıtmaları
Toplam	159,41	23.000 konut eşdeğeri 6000 m ² sera

Kaynak: Orme Jeotermal Dergisi, Sayı:Kasım 1996, Ankara, s.8.

2.2.3. Türkiye’de Jeotermal Enerji İle Sera Isıtma Uygulamaları

Türkiye’de jeotermal enerjinin sera ısıtmacılığında kullanımını göstermek için ilk uygulama Kızıldere sahasında UNDP ve MTA Genel müdürlüğü tarafından yapılmıştır. Halen 0,5 ha sera Denizli Ziraat Müdürlüğü tarafından işletilmektedir. Bu alan gelecekte santralden çıkan atık suyun kullanımı ile 100 ha’dan daha büyük bir alana yükseltilebilecektir. Kızıldereye ek olarak aşağıdaki sahalarda belirtilen kapasitelerde uygulamalar mevcuttur. Türkiye’de jeotermal enerji ile ısıtılan sera alanları ve konumları Tablo 2.10.’da verilmiştir.¹¹⁸

Aşağıda belirtilen alanlarda kurulan seralarda yeni teknolojilerin arzu edilen düzeyde kullanılması maalesef mümkün olmamıştır. Isıtma, havalandırma ve sulama sistemlerinde yapılan hatalar, bu alanda beklenen patlamayı yapamamıştır. Uygulamadaki hatalar üreticinin bu alandaki beklentilerini karşılamadığından sera alanları gelişememiş, var olan seralarda da arzu edilen üretim gerçekleştirilememiştir. Bu bölgelerde yapılan en büyük hatalar konstrüksiyon ve ısıtma sistemlerinde görülmektedir. Belirtilen sıcaklıkların giderilmesi koşuluyla, seracılık teşvik edildiği takdirde, ülke düzeyinde zengin ve yaygın halde bulunan düşük ve orta sıcaklıktaki jeotermal kaynaklardan yeterince yararlanılması ile, bu sektörün gelecekte ülke ekonomisine önemli katkı sağlayacağı kuşkusuzdur. Mevcut uygulamalarda özellikle fosil yakıtlara oranla ucuz ve temiz olduğu belirlenen, ayrıca yenilenebilir özelliği bulunan jeotermal kaynaklardan bir an önce entegre olarak yararlanılması, ülkemize ekonomik ve sosyal açıdan önemli katkı sağlayacaktır.¹¹⁹

¹¹⁸ AKKUŞ, M.F., Türkiye 5. Enerji Kongresi Tebliğleri.

¹¹⁹ BAŞÇETİNÇELİK Ali, Enerji Koruma ve Yenilenebilir Enerji, Temav Yayınları 1, Adana, 1996, s.119

Tablo 2.10: Türkiye’de Jeotermal Enerji İle Isıtılan Sera Alanları

Yer	Alan (ha)	Su sıcaklığı (°C)
Kızıldere-Denizli	0,5	171
Tekkehamam-Denizli	0.3	100
Balçova-İzmir	5.5	63
Ömer-Afyon	0.35	98
Kestanbol-Çanakkale	0.1	73
Yalova-İstanbul	0.04	66
Sındırgı-Balıkesir	0.2	98
Havran-Balıkesir	0.8	42
Gönen-Balıkesir	0.2	82
Havza-Samsun	0.05	55
Kızılcahamam	0.14	75
Kozaklı-Nevşehir	0.05	90
Sıcakçermik-Sivas	0.03	47
Seferihisar-İzmir.	01	144
Simav-Kütahya	04	162

Kaynak: AKKUŞ, M.,F., Türkiye 5. Enerji Kongresi

2.2.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji İle Elektrik Üretimi Uygulamaları

Alp kuşağında yer alan İtalya, Yunanistan, Tibet ve Çin Halk Cumhuriyeti ile beraber Türkiye’de, jeotermal kaynaklardan elektrik üretim potansiyeline az da olsa sahiptir. Bu kuşak üzerinde kurulu güç bakımından Türkiye, İtalya’dan (545 Mwt) sonra (20 Mwt. ile) ikinci sırada dır Türkiye’de elektrik enerjisi elde edilebilecek , bilinen yüksek entalpili iki jeotermal saha Kızıldere ve Germenciktir.¹²⁰

2.2.4.1. Kızıldere Sahası (Denizli)

Bu sahada aramalar 1968 yılında başlamış ve 198 °C rezervuar sıcaklığı tespit edilmiştir. Saha daha sonra açılan 20 kuyudan 200-212 °C sıcaklıklı mermer rezervuarlarının bulunuşu ile , elektrik üretimine uygun hale gelmiştir. 1974 yılında MTA tarafından kurulan 500 Kwt’lık pilot santralden deneme üretimi yapılmış ve çevredeki 3 köye elektrik sağlanmıştır. 1984 yılında Türkiye Elektrik Kurumu tarafından kurulan 20 Mwt’lık santralde elektrik üretimi başlamıştır. Kuyulardaki kabuklaşma ve yedek kuyu bulunmaması nedeniyle santralde üretim bir süre aksamış, daha sonra saha da ilave çalışmalar yapılarak, inhibitör denemeleri gerçekleştirilmiş ve başarılı olmuştur. Aynı kuyular ile 12-15 Mwt. düzenli üretim sağlanmaktadır. Jeotermal akışkanda ergimiş halde bulunun (%1,5) CO₂ gazının sanayiinin ihtiyacını karşılamak amacı ile özel sektör tarafından 40.000 ton / yıl kapasiteli sıvı CO₂ (-25 °C, 20 barg.) üretim ve dağıtım tesis ve sistemi 1986 yılından beri işletilmektedir.¹²¹

2.2.4.2. Germencik Sahası (Aydın)

Kızıldere sahasının yaklaşık olarak 100 km batısındaki saha,1982 yılında yapılan ilk derin sondaj çalışmalarında jeotermal rezervuar tespit edilmiştir. Sahada derinlikleri 285-2398 m arasındaki 9 kuyuda 200-232 °C rezervuar sıcaklığı ölçülmüştür. Bu sahada da iki rezervuar ortaya çıkarılmış, II.rezervuar kızıldere sahasında olduğu gibi metamorfik kayalardan meydana gelmektedir. Sahada elektrik üretimi ile ilgili fizibilite çalışmaları devam etmektedir. Sahanın 125 Mwt. kapasitesi

¹²⁰ EŞDER Tuncer, "Jeotermal Kaynaklardan Elektrik Üretimi", *Bilim Teknik Dergisi*, Tübitak Yayınları , Ankara, Ağustos, 1990, s.39.

¹²¹ A.g.e.,s.41.

olduğu tahmin edilmiştir. Jeotermal enerjinin doğrudan olmayan kullanımı, elektrik enerjisine çevrilmesiyle gerçekleştirilir. Yüksek entalpili ($h > 770$ j/g) kaynaklar elektrik üretiminde kullanılmaya uygundur. Bunlardan başka, Çanakkale-Tuzla sahasında 173 °C, Aydın-Salavat sahasında 171 °C, Kütahya-Simav sahasında 162 °C rezervuar sıcaklığında yüksek entalpili akışkanlar tespit edilmiştir.¹²²

2.2.5. Türkiye’de Jeotermal Akışkanların Termal Turizmde Kullanılması

Türkiye’de termal turizmin dışa açılması; Avrupa standartlarında tesis yatırımı ve işletilmesi ancak boşa akan 1000’nin üzerindeki termal kaynağın yabancı sermaye ve özel sektörün yatırımları ile mümkün olabilir. Ayrıca bu durumda termal turizmin yerli turistin yanında dış ülkelere turist çekecektir. Bunun dünya da örnekleri çoktur, örneğin; Romanya, Almanya, Fransa Çekoslovakya, Japonya vb. jeotermal ucuz ısıtma sayesinde termal turizm de tam yıl işletme vardır. Sonbahar aylarında % 100’e ulaşan doluluk kış aylarında %50-60’larda gerçekleşmektedir.¹²³

Bir termal tesiste bulunması gereken üç ana bölüm; kür oteli, kür merkezi ve kür parkı’nın projesidir. Bilindiği gibi Türkiye’de faaliyet gösteren termal tesislerin sezon doluluk oranları % 90-100’lere ulaşmaktadır. Termal tesisler bünyesindeki kaplıca tedavi merkezleri, apart otel, yüzme havuzları, çamur banyoları gibi birçok sağlığa yönelik merkezlerin yanısıra, turistik amaçlı bir çok faaliyet içermektedir. Günümüzde %100 doluluk oranında seyreden İzmir Balçova termal tesisleri, termal turizme en güzel hizmetlerden yalnızca bir tanesidir. Oruçoğlu Termal Resort, Termal Yeni otel (sandıklı), Gönen Kaplıcaları işletmesi A.Ş., Termal Hotel Kervansaray, Clossec Hotel, doluluk oranları bakımından sayılı termal otellerimiz arasındadır. Ülkemizde bunlardan başka 40 civarında termal turizme hizmet veren otellerimiz bulunmaktadır.¹²⁴

¹²² A.g.e.,s.41.

¹²³ A.g.e.,s.41.

¹²⁴ ORME JEOTARMAL, Ucuz Isınma, Temiz Hava İçin; Jeotermal Merkezi Isıtmanın,Dünyada ve Türkiye’deki Durumu ve Ekonomisi, ,Yayın No:Kasım 1996, Ankara, s.18.

2.3. JEOTERMAL ENERJİNİN EKONOMİK ANALİZİ

2.3.1. Uygulama Konusu

Uygulama konusu, binaların ısıtılmasında jeotermal enerjiden faydalanılmasının ekonomik olup, olmadığının incelenmesidir. Bunun için 100 m²'lik bir dairenin ısıtılmasında kullanılan yakıtların ekonomik analizi yapılmaya çalışılacaktır.

2.3.2. Ekonomik Analiz Çalışması

2.3.2.1. İçsel Ekonomik Etkiler

Konutların jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılması, diğer fosil yakıtlı ısıtma sistemlerine göre çok daha ekonomik olduğu için kullanıcılara artı içsellik yaratabilecektir. Bunun yanında, konutlarda kullanım suyunun ısıtılması masrafı, iç yüzeylerin is, toz, vb.nedenlerle kirlenmesinden dolayı boya badana masrafı olmayabilecektir.

2.3.2.1.1. Alternatiflerin Belirlenmesi

Isıtılması düşünülen ev, 100 m²'lik betonarme bir evdir. Bu evin ısıtılması için alternatif enerji kaynakları şunlar olabilir.

- a) Kömür Sobası
- b) Gaz Sobası
- c) Kat Kaloriferi
- d) Elektrik Sobası

Kömür sobasında kullanılan kömüre göre iki ayrı alternatif düşünülebilir.

- Tunçbilek (Linyit) kömürü kullanılan kömür sobası
- Seyitömer (Linyit) kömürü kullanılan kömür sobası

2.3.2.1.2. İlk Yatırım Maliyetlerinin Hesaplanması

Jeotermal Enerji Merkezi Isıtma Sistemi:

Jeotermal enerji merkezi ısıtma sisteminde yıllık bakım-onarım ve yakacak masrafları yok denecek kadar azdır. Ancak, ısıtılan konutun m²'sine göre belediyeye abonman ücreti ödenmektedir.

Jeotermal Enerji Merkezi Isıtma Sisteminin İlk Yatırım Maliyeti

<u>Malzemenin Cinsi</u>	<u>Miktarı</u>	<u>1997Birim Fiyatı(TL)</u>	<u>Maliyeti(TL)</u>
144/500 Radyatör	110 dilim	1.200.000	132.000.000
Köşe radyatör valfi	14 adet	1.300.000	18.200.000
Radyatör tapası, rekor	28 adet	70.000	1.960.000
Purjör	7 adet	240.000	1.680.000
Konsol	25 adet	76.000	1.900.000
1/2 Siyah boru	18 metre	150.000	2.700.000
3/4 Siyah boru	30 metre	190.000	5.700.000
1" Siyah boru	48 metre	271.000	13.000.000
1.1/4 Siyah boru	24 metre	325.000	7.800.000
Alfa Laval M3 FGL 15 Plaka 16.000 kcal/h'lik Eşanjör	1 adet	80.000.000	80.000.000
Sirkülasyon pompası (25/60)	1 adet	34.000.000	34.000.000
1.1/4 Küresel vana	2 adet	3.500.000	7.000.000
1" Küresel vana	4 adet	2.500.000	10.000.000
1.1/2 Küresel vana	1 adet	4.500.000	4.500.000
1.1/4Eşanjör için Fittings	5 adet	2.500.000	12.500.000
Karpit	20 kg.	100.000	2.000.000
Elektrik panosu	1 adet	2.000.000	22.000.000
Termometre	1 adet	1.650.000	1.650.000
Manometre	1 adet	1.650.000	1.650.000
İşçilik, görünmeyen giderler	-	-	45.000.000

Genel Toplam: 422.340.000

Jeotermal enerji merkezi ısıtma sisteminin ilk yatırım maliyeti 422.340.000 TL'dir. (Aralık 1997)

Kat Kaloriferinin İlk Yatırım Maliyeti

<u>Malzemenin Cinsi</u>	<u>Miktarı</u>	<u>1997 Birim Fiyatı</u> (TL)	<u>Maliyeti (TL)</u>
PKKP 400 Tipi radyatör	15 metre	12.650.000	189.750.000
1/2"Kromajlı radyatör musluğu	20 adet	1.000.000	20.000.000
1/2" Radyatör rekoru	20 adet	300.000	6.000.000
Radyatör konsolu ve teferruatı	30 adet	300.000	9.000.000
1/2" Siyah boru	20 metre	140.000	2.800.000
3/4" Siyah boru	14 metre	180.000	2.520.000
1" Siyah boru	26 metre	270.000	7.020.000
1.1/4" Siyah boru	10 metre	350.000	3.500.000
1.1/4" Şiber vana ve rekoru	2 adet	2.500.000	5.000.000
Konfor alkat kalorifer kazanı	1 adet	149.500.000	149.500.000
Yakıt deposu (1500 lt.lik)	1 adet	59.800.000	59.800.000
Denge deposu	1 adet	12.000.000	12.000.000
Mazot deposu seviye göstergesi	1 adet	200.000	200.000
Mazot filitresi ve adaptörleri	1 adet	1.600.000	1.500.000
İşçilik, görünmeyen giderler	-	-	45.000.000

Genel Toplam: 513.590.000

Kat kaloriferinin ilk yatırım maliyeti 513.590.000 TL'dir. (Aralık 1997)

Kömür Sobası İlk Yatırım Maliyeti

Alternatif ev, üç oda bir salondan oluşmaktadır. Evin tamamını ısıtabilmek için, 3 adet kovalı sobanın yeterli olabileceği düşünülmektedir. (Malzeme ve yakacak fiyatları Aralık 1997'ye göredir.)

1997 yılı Simpaş kovalı soba fiyatı teferruatı ile birlikte yaklaşık olarak 18.000.000 TL.'dir.

$$3 \times 18.000.000 = 54.000.000 \text{ TL.}$$

Kömür sobasının ilk yatırım maliyeti 54.000.000 TL.'dir.

Gaz Sobasının İlk Yatırım Maliyeti

Alternatif evin tamamını ısıtabilmek için 3 adet gaz sobasına ihtiyacımızın olacağı düşünülmüştür.

Gaz sobasının 1997 fiyatı 20.000.000 TL'dir.

$$3 \times 20.000.000 = 60.000.000 \text{ TL'dir.}$$

Gaz sobasının toplam ilk yatırım maliyeti 60.000.000 TL'dir.

3.3.2.1.3. Yıllık Maliyetlerin Hesaplanması

1997 Yılı Yakacak Fiyatları

Fuel-oil.....	65.165.000	TL/ton
Linyit Kömürü (Tunçbilek).....	16.000.000	TL/ton
Linyit Kömürü (Seyitömer).....	9.200.000	TL/ton
Gaz Yağı.....	129.593.000	TL/ton
Tahta	7.500.000	TL/ton
Elektrik.....	16.000	Kw/h
Jeotermal (Belediye aidatı).....	30.000	TL/m ² /Ay

Yıllık Yakıt Sarfıyatı¹²⁵

$$B_y = (Q_k \cdot Z_g \cdot Z_y) / (2 \cdot H_u \cdot \eta_k)$$

Q_k : Kazanın ısı kapasitesi. Kcal/h

Z_g : Günlük çalışma süresi, saat.

Z_y : Yıllık çalışma süresi, gün.

H_u : Yakıtın alt ısı değeri. Kcal/kg.

η_k : Kazanın verimi, % olarak belirlenir.

Yakıtın alt ısı değeri :¹²⁶

Linyit kömürü : 2.000-5500..... Kcal/kg

Fuel-oil : 10.000 Kcal/kg

Elektrik : 860..... Kcal/Kwat

Kazan verimleri :¹²⁷

Linyit kömürü için : 0,60 - 0,65

Fuel-oil için : 0,75 - 0,80

Kat Kaloriferi:

Alternatif evin ısı ihtiyacı 12.000 kcal/h olarak düşünülmüştür. Bu ihtiyacı kat kaloriferi ile temin edebilmek için yıllık yakıt miktarını şöyle hesaplayabiliriz;

Q_k : 12.000 Kcal/h

Z_g : 14 saat.

Z_y : 180 gün.

H_u : 10.000 kcal/kg.

η_k : 0.75

¹²⁵ Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Teknik Esasları, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yay.No:84, İstanbul,1989,s39.

¹²⁶ A.g.e.,s.41.

¹²⁷ A.g.e.,s.42.

$$B_y = (Q_k \cdot Z_g \cdot Z_y) / (2 \cdot H_u \cdot \eta_k)$$

$$B_y = (12.000 \times 14 \times 180) / (2 \times 10.000 \times 0.75)$$

$$B_y = 30.240.000 / 15.000$$

$$B_y = 2.016 \text{ ton/yıl bulunur.}$$

O halde yıllık gerekli yakıt miktarı (Fuel-oil) 2.016 ton'dur

Yıllık Maliyet = Yıllık yakacak maliyeti + Yıllık bakım-onarım masrafı'dır.

Kömür Sobası (Tunçbilek kömürü kullanan için)

Yakıtın alt ısı değeri :

Linyit kömürü (Tunçbilek) : 5.000 kcal/kg

Linyit kömürü (Seyitömer) : 3.200 kcal/kg

Gaz yağı : 10.000 kcal/kg

Tahta : 2.500 kcal/kg

Soba verimleri :¹²⁸

Kovalı soba için : 0,61

Gaz sobası için : 0,70

Elektrik Sobası için : 0,80

Buna göre, yıllık gerekli linyit (tunçbilek) kömürü miktarını şöyle hesaplayabiliriz;

Günde 14 saat ve yılda 180 gün (6 ay) soba kullanılırsa;

¹²⁸ KURAL Orhan, ÖZCAN A.N., Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt:5, Sayı:1, Mayıs,1982,s.18.

$$By = (Q_k \cdot Z_g \cdot Z_y) / (2 \cdot H_u \cdot \eta_k) = \text{kg/yıl}$$

$$By = (12.000 \times 14 \times 180) / (2 \times 5.000 \times 0.61)$$

By= 4.957 kg/yıl ~ 5 ton/yıl tunçbilek kömürü kullanılır.

1 kg linyit kömürünün (tunçbilek) fiyatı : 16.000 TL.

$$5 \text{ ton} \times 16.000.000 \text{ TL} = 80.000.000 \text{ TL/yıl}$$

Yılda 5 ton tunçbilek kömürü kullanılır. Tutuşturucu olarak'da yılda 1 ton tahta kullanılır. Yıllık bakım-onarım masrafı ise ihmal edilebilir. O halde; Yıllık Maliyet = 80.000.000 + 7.500.000 = 87.500.000 TL/yıl, olur.

Kömür Sobası (Seyitömer kömürü kullanan için)

$$By = (Q_k \cdot Z_g \cdot Z_y) / (2 \cdot H_u \cdot \eta_k) = \text{kg/yıl}$$

$$By = (12.000 \times 14 \times 180) / (2 \times 3.200 \times 0.61)$$

$$By = 30.240.000 / 3.904$$

By= 7.745 kg/yıl ~ 7.5 ton/yıl seyitömer kömürü kullanılır.

1 kg linyit kömürünün (seyitömer) fiyatı : 9.200 TL. (Aralık 1997)

$$7.5 \text{ ton} \times 9.200.000 \text{ TL} = 69.000.000 \text{ TL/yıl}$$

Yılda 7,5 ton seyitömer kömürü kullanılır. Tutuşturucu olarakta yılda 1 ton tahta kullanılır. Yıllık bakım-onarım masrafı ihmal edilebilir. O halde;

Yıllık Maliyet = 69.000.000 + 7.500.000 = 76.500.000 TL/yıl, olur.

Elektrik Sobası Kullanımı İçin

Bu even ısıtılması için 2 Kwt/h enerji harcayan bir ısıtıcı kullanılacaktır.

$$By = (Q_k \cdot Z_g \cdot Z_y) / (2 \cdot H_u \cdot \eta_k) = \text{kg/yıl}$$

$$By = (12.000 \times 14 \times 180) / (2 \times 860 \times 0.80)$$

$$By = 21.976 \text{ Kwt/yıl} \times 16.000 = 351.616.000 \text{ TL Yıllık maliyet}$$

Gaz Sobası

Yıllık gaz yağı ihtiyacı;

$$By = (Q_k \cdot Z_g \cdot Z_y) / (2 \cdot H_u \cdot \eta_k) = \text{kg/yıl}$$

$$By = (12.000 \times 14 \times 180) / (2 \times 10.000 \times 0.70)$$

$$By = 30.240.000 / 14.000$$

$$By = 2.160 \text{ kg/yıl} \sim 2.2 \text{ ton/yıl gaz yağı kullanılır.}$$

1 kg gaz yağının fiyatı : 129.593 TL. (Aralık 1997)

$$\text{Yıllık gaz yağı Maliyeti} = 2.2 \times 129.595$$

$$= 285.109.000 \text{ TL./ yıl, olur.}$$

Jeotermal Enerji Kullanımı

Alternatif evin Simav'da olduğu düşünülürse yıllık belediyeye ödeyeceği;

$$\text{abonman ücreti} = 100 \text{ m}^2 \times 30.000 = 3.000.000 \text{ TL/Ay}$$

$$= 12 \times 3.000.000 = 36.000.000 \text{ TL/yıl, olur.}$$

100 m²'lik bir alternatif evin ısıtılabilmesi için, değişik ısıtma metotlarının ilk yatırım maliyetleri ve yıllık işletme maliyetleri hesaplanmıştır. İlk yatırım maliyetleri açısından en iyi alternatif kömür sobası olarak görülmektedir. İkinci alternatif gaz sobası, üçüncü alternatif jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi, son alternatif ise kat kaloriferi'dir.

Yıllık işletme maliyetleri kıyaslandığında ise; en iyi alternatif jeotermal merkezi ısıtma sisteminin olduğu anlaşılmaktadır. Sırasıyla kömür sobası, kat kaloriferi ve gaz sobası'da diğer alternatifleri oluşturmaktadır. Yıllık yatırım maliyetleri ve yakacak fiyatlarının aynı oranlarda değişebileceği düşünülürse; jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi; kat kaloriferi ile 4 yılda, kömür sobası ile 7.3 yılda başabaş hale gelmektedir. Yani; jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi kurulduktan sonra 4

yılda kat kaloriferinden daha karlı, 7.3 yılda da kömür sobasından daha karlı hale gelmektedir. Bu da jeotermal enerjinin, kullanıcılara artı ekonomik içsellik yaratabileceğini göstermektedir.

2.3.2.2. Dışsal Ekonomik Etkiler

Atmosfer'in bileşiminde bulunan CO₂'nin %50'sinden fazlası kömür ve katı yakıtların, %30 kadarı petrol, %10 kadarı da doğal gazın yanmasından oluşmaktadır. Geri kalan kısım ise orman yangınları gibi yangınlardan gelmektedir. Bu sonuçlara göre fosil yakıtların kullanımına devam edildiği sürece atmosferin ısınması ve havadaki karbondioksit emisyonunun yükselmesi kaçınılmaz olacaktır. Havadaki karbondioksit ve diğer gazların yükselmesiyle birlikte 50 yaş'ın üzerindeki ölümlerde artış, ilkökul çocuklarında solunum yolu rahatsızlıkları, orta ve ileri yaştaki insanlarda akciğer rahatsızlıkları, yaşlılarda şiddetli kronik bronşitler görülebilecektir. Fosil yakıtların kullanılmasıyla meydana gelen hava kirliliğinin, yukarıda belirtilen rahatsızlıklara sebep olması sağlık harcamalarını artıracığından bireylerde ve toplumda eksi dışsallık yaratacaktır.¹²⁹

Yine fosil yakıtların kullanımı sonucunda meydana gelen hava kirliliğinin ziraat, malzeme ve iklim üzerinde önemli ölçüde olumsuz etkileri olabilecektir. Örneğin gaz kirleticiler, bitkilerin yapraklarında bulunan klorofili yok ederek fotosentez yapmalarını önleyebileceğinden bitkilerde büyümemeye, bodurlaşma, yaprakların kuruması vb. hastalıklar söz konusu olabilecektir.¹³⁰ Bu etkilerin en aza indirilebilmesi veya tamamen kaldırılması için belli oranlarda ekonomik harcamalar gerekecektir. Bu da bireysel ve toplumsal açıdan eksi dışsallık yaratacaktır. Ayrıca kömür, odur, fuel-oil, petrol gibi alışılmış enerji kaynaklarının kullanımı sonucu ortaya çıkan gaz, sıvı ve katı atıklar suların kirlenmesine neden olabilecektir. Bu kirliliğin önlenmesi için kurulan arıtma sistemleri, klorlama vb. önlemler için yapılan harcamalarda toplumda eksi dışsallık yaratabilecektir.

Konutların ve kentlerin ısıtılmasında fosil enerji kaynakları yerine Jeotermal enerjinin kullanılması hava ve çevre kirliliği yaratmayacağından sağlık, ziraat, arıtma tesisi, baca filitresi, dış cephe boyası vb. ek harcamalara sebebiyet vermeyeceğinden

¹²⁹ INCECIK Selahattin, *Hava Kirliliği*, İstanbul Tek.Ünv.Yayınları, Yay.No:1539, İstanbul,1994.s.45.

¹³⁰ A.g.e.,s.46

bireysel ve toplumsal açıdan artı dışsallık yaratacaktır. Ormanların yakacak olarak kullanılmaması da toplum ve ülke için artı ekonomik dışsallık yaratabilecektir.

2.3.2.3. Uygulama Sonuçları ve Değerlendirmesi

Bu çalışmada, jeotermal enerjiden yararlanılarak bina ısıtmanın; çağdaş yaşam koşullarında gözetildiğinde ekonomik olduğu sonucuna varılmaktadır. Zaten çağdaş yaşam koşullarına uygunluk açısından düşünüldüğünde kömür sobaları ısıtmada tercih edilir seçenekler olmamalıdır.

Jeotermal enerjiden yararlanılarak bina ısıtmanın; kömür, fuel-oil, petrol, odun, vb. tükenebilen enerji kaynaklarına bağımlı olmaması; ekonomideki değişikliklerden etkilenmemesini ve ısınma sorununa uzun vadeli, kesin bir çözüm olmasını sağlamaktadır.

Ekolojik dengenin bozularak çevre ve hava kirliliklerinin gittikçe büyük boyutlara ulaştığı dünyamızda, konut ısıtılmasında ve diğer kullanım alanlarında jeotermal enerjiden yararlanılması çevre ve toplum hayatına olumlu etkilerde bulunabilecektir. Ayrıca; jeotermal enerji ile ısınan konutlarda devamlı sıcak su akacak, is, toz, duman, koku gibi atıklardan dolayı binaların iç ve dış yüzeyleri kirlenmeyecek.

Özellikle, coğrafi durumu nedeniyle bol jeotermal kaynaklar bulunan ülkemizde, konutların ısıtılmasında ve diğer alanlarda bu enerji kaynağından yararlanılması, ülke ekonomisi açısından da olumlu sonuçlar yaratabilecektir. Sağlanan enerji tasarrufu ile kazanılan fonlar başka kaynaklara aktararak değerlendirilebilecektir.

Tüm bu nedenlerle, ülkemizdeki mevcut ve muhtemel jeotermal kaynaklar son teknolojik sistemlerle değerlendirilerek insanlığın hizmetine sunulmalıdır. Özellikle bundan sonra yapılan toplu konut ve uydu kentlerin ısıtılmasında jeotermal enerji kaynaklarından yararlanıldığında, bölge ve ülke ekonomisine önemli katkılar sağlanabileceği gibi ısınmada çağdaş yaşam standartlarında yakalanabilecektir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

**SİMAV'DA JEOTERMAL ENERJİNİN ÇEVREDEKİ YERLEŞİM
ALANLARINA DAĞITIMININ EKONOMİYE KATKISI**

3.1. SİMAV İLÇE MERKEZİNE AİT GENEL BİLGİLER

3.1.1. Yeri

Bağlı bulunduğu il olan Kütahya'nın batısında yer alan Simav ilçesi batıda Balıkesir, güneybatıda Manisa, doğuda Emet ve Gediz ilçeleri ile komşudur. Simav, il merkezi olan Kütahya'ya 147 km mesafededir.

3.1.2. Tarihçesi

Simav, tarihlerimizde 1327 yılında Germiyanogulları Beyi Çağaçan Mehmet Bey'in ordusu tarafından Bizans'ın paralı askerleri Katalanların yenilmesi ile fethedildiği kaydedilir. Daha önceleri ise 200 yıl kadar devamlı Bizanslılar ile Türkler arasında el değiştiren bir sınır kasabası olmuştur. Simav'ın antik çağda ve Türklerden önceki toplulukların yaşadığı yıllardaki adı Synaus'dur. Bu kelime tarih bilimcileri tarafından yamaç veya ortak tapınak anlamına geldiği söylenmektedir. Bu gün Simav'da M.Ö. 1200 yıllarında hüküm süren Friglere ait olduğu sanılan bir çok tarihi kalıntı ortaya çıkmaktadır.¹³¹

3.1.3. Coğrafi Yapısı ve Nüfusu

Simav ilçesi Ege Bölgesinin İçbatı Anadolu Bölümünde yer alır. Yönetim açısından ise, Kütahya ili sınırları içerisinde kalmaktadır. İlin batısında yer tutan Simav ilçesi, yaklaşık 1627 km² lik bir yüzölçümüne sahiptir. İlçe kuzeydoğuda Tavşanlı, doğuda Emet, Hisarcık ve Gediz, güneydoğuda Şaphane ve Pazarlar, güneyde Selendi, batıda Demirci ve Bigadiç, kuzeybatıda ise Dursunbey ilçeleri ile

komşudur. Simav ilçesi, tektonik kökenli bir çöküntü alanı olan Simav depresyonunun doğu kesiminde yer tutmaktadır. Simav ovası olarak da adlandırılan bu depresyon, kabaca batı-doğu doğrultusunda uzanmaktadır. Depresyon sahası kuzeyde Akdağ, kuzeydoğuda Katrancı dağı, doğuda Şaphane dağı ve güneyde ise Simav-Demirci dağlık kütlesi ile sınırlandırılmıştır. Yaklaşık 800 m civarında yükseltiye sahip olan depresyon sahası ile, kenardaki dağlık sahalar arasında yükselti farkı yer yer 800-1000 m'ye kadar ulaşmaktadır.¹³² Simav depresyonu tektonik kökenli olması nedeniyle, jeotermal enerji potansiyeli açısından oldukça uygun koşullara sahiptir. Ayrıca depresyon sahasının doğu kesiminde yer alan Eynal, Naşa ve Çitgölde bulunan sıcak su kaynaklarından kaplıca olarak yararlanılmaktadır.¹³³

Kütahya il merkezine 147 km uzaklıkta olan Simav ilçesi yaklaşık 820 m yükseklikte kurulmuştur. Sahanın tarihi geçmişi günümüzden yaklaşık 5500 yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Tarihi kaynaklarda Sindos adıyla da anılan Simav, 1429 yılında Süleyman Şahın oğlu II. Yakut Bey'in vefatı ile tamamen Osmanlıların eline geçmiştir. Simav 1921 yılında kaza haline getirilerek, Kütahya Vilayetine bağlanmıştır. İlçede halen tek şehir yerleşmesi (Simav) ve 90 adet köy yerleşmesi bulunmaktadır. Bu köylerden 10 tanesinde Belediye örgütü bulunmaktadır. İlçenin toplam nüfusu (1990 genel nüfus sayımına göre) 78.460 kişi kadardır. Toplam nüfusun yaklaşık %19,6 sı (15.460 kişi) ilçe merkezinde %80,4'ü (63.363 kişi) ise kırsal yerleşmelerde yaşamaktadır.¹³⁴

3.1.4. İklimi

Simav Ege bölgesi ile İç Anadolu bölgesi iklimlerinin geçit noktasındadır. Ege bölgesinin İç Anadolu bölümü kuzeyinde yer alır. Yazın yeşil bir denizi andıran Simav, kışları soğuk ve kar yağışlı geçer. İlk ve son bahar bol yağmurludur. Simav sık ormanlı dağlarla çevrili olduğundan yağışları bol ve düzenli olmaktadır. İlçede güneydoğu ve güneybatı rüzgar yönleri hakimdir.

¹³¹ **Bizim Simav Dergisi**, Sayı: Temmuz 1992, s.7

¹³² **Türk Kültürü Dergisi**, Türk Kültürünü Araştırma Enstitüsü, Sayı:390,Ankara, Ekim,1995, s.621'den naklen; ERER,S., **Simav Depresyonu ve Çevresinin Jeomorfolojisi**, İstanbul Üniv.Ed.Fak.Yay.No:2028, Coğrafya Ens.Yay.No:86,İstanbul, 1977,s.2.

¹³³ **Türk Kültürü Dergisi**, Türk Kültürünü Araştırma Enstitüsü, Sayı:390,Ankara, Ekim,1995, s.621'den naklen; TUNCEL M., DOĞANER S., " Kütahya'da Kaplıca Turizmi",Ege Üniv.Ed.Fak.,**Ege Coğrafya Dergisi**, Sayı:6, İzmir 1992, s.48

¹³⁴ **Türk Kültürü Dergisi**, Türk Kültürünü Araştırma Enstitüsü, Sayı:390,Ankara, Ekim,1995, s.621'den naklen; VARLIK Ç., **Germiyanogulları Tarihi**,Atatürk Üniv.Yay.No:288,Ed.Fak.Yay.No:57, Ankara,1974,s.61.

3.1.5. Ekonomik Durumu

İlçe ekonomisi tarıma dayalıdır. Simav'da kerestecilik, halıcılık, madencilik, mobilyacılık, bağcılık çok gelişmiştir. Kerestecilik ve orman ürünleri sanayii ilçe ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. 53 adet imalat yapan firmaların yanında bir çok kereste ticareti (alım-satım) yapan firma mevcuttur. İlçede bu dalda en büyük kuruluş olan SETAŞ A.Ş. yonga levha, kontraplak ve kaplama imal etmektedir. Simav'da 1970'li yıllardan sonra başlayan sanayileşme, faal nüfusun iş kollarına dağılımında tarımın ağırlığını giderek düşürmüş ve imalat sanayiine kaydırmıştır. Bugün Simav'da faal nüfusun büyük bir bölümünü halı ve kerestecilik istihdam etmektedir.¹³⁵

3.1.6. Tarım ve Sulama

İç Batı Anadolu eşiğinde yer alan Simav'ın değişik havzalara bölünmesi, önemli özelliklerinden birisidir. Bölgenin en geniş havzasını Simav çayı oluşturur. Bu arada ilçenin doğu bölümü ise Hamzabey deresi ile kocaçay havzasına ayrılır. Simav köylerinin ekonomisi büyük ölçüde tarıma dayalıdır. Simav merkezi ise tarımsal ekonomiden giderek uzaklaşmaktadır. 1557 km²'lik bir alan içinde tarıma elverişli alanlar oldukça sınırlıdır. Hele bu tarım yapılan alanların Simav ovası dışında kalanları verimlilik açısından hayli düşüktür. Yörenin çok engebeli oluşu erozyonu da arttırdığından, tarım alanlarında zamanla verimsizlik görülmektedir. Yörede sulu tarım alanları oldukça sınırlıdır. Kirovadi ovası'nda gerçekleştirilen sulama projesi dışında modern usullerle sulama yapılmamaktadır. Simav ovası yeraltı suyu yönünden çok zengin bir potansiyele sahip olmasına karşın; toplu sulama projelerine geçilememiştir.¹³⁶

Simav'da tarımda çalışanların ilçe faal nüfusu içindeki payı geçmiş yıllara göre giderek düşmektedir. Bunada; taşlık, sığ, eğimli toprakların artık mevcut nüfusu besleyemez olması ve Simav ilçe merkezinde hızlı bir sanayileşmenin olması neden olmaktadır. Özellikle Orman ürünleri sanayiinde son yıllarda görülen patlama, tarımda çalışanları hızla bu sanayii koluna kaydırmaktadır. Bu arada topraktan kopamayan, ama kendi toprağında yeterli görmeyen faal nüfusun bir bölümü, geniş tarım

¹³⁵ Simav Ticaret Odasında Yapılan Mülakat.

¹³⁶ Jeotermal Sera Yatırımı Teknik ve Ekonomik Fizibilite Raporu, Simav Belediyesi, Ankara, 1993, s.124.

alanlarının bulunduğu İzmir ve Manisa yörelerine göç etmektedirler. Simav'da genellikle kuru tarım yapılmaktadır. Demirci köy, Öreğler, Çaysimav, Bahtılı, Hisarköy, Aksaz, Kalkan ve Muradinlar'da sulu tarım ve sebzeçilik yapılmaktadır. Kuru tarım alanlarında haşhaş, tahıl, baklagiller kurutulan göl alanlarında ise, fasulye, şekerpancarı ve ayçiçeği gibi sanayii bitkileri yetiştirilmektedir. Simav'da son yıllarda gelişim gösteren diğer bir tarımsal faaliyet ise kavakçılıktır. Simav'ın ağaç sanayiinde gösterdiği büyük gelişmeye paralel olarak kavakçılık büyük hızla yayılmaktadır. Simav'da iklim ve toprak koşulları hayvancılık içinde müsaittir. Fakat bu elverişli koşullara karşın pazarlama imkanlarının olmayışı hayvancılığı olumsuz yönde etkilemektedir. İlçe içerisinde değişik mevki ve yörelerde değişik yapıda topraklara rastlanmaktadır. Özellikle kurutulmuş 2100 hektarlık göl arazisinde, yer yer tarflar bile görülmektedir. Dağlık yörelerde kumlu, ovalarda ise kumlu-tınlı, humus oranı yüksek toprak özelliklerine rastlamak mümkündür.¹³⁷

Simav'da son yıllarda, eynal kaplıcalarının sıcak su kaynaklarından yararlanılarak seracılık da yapılmaktadır. Henüz deneme üretiminin yapıldığı bu seralarda özellikle hıyar, domates, gibi sebze bitkileri yetiştirilmektedir. Simav'da yeni bir tarımsal potansiyel olan seracılık hızla gelişmektedir. İlçede tarıma elverişli araziler çok küçük mülkiyetlere bölündüğünden, verimlilik düşmekte ve tarımda ekonomik olmayan çeşitli sorunları beraberinde getirmektedir. Arazi mülkiyetinin küçük olması, birim alanda fazla verim veren seracılığın bu bölgede uygulanması ile 1970 li yıllardan sonra yavaş yavaş gerilemeye başlayan tarım sektörünün şahlandırılması ve toprağa bağlı ailelerin göçlerinin engellenmesi mümkün olabilecektir. Yeraltı su rezervlerinin oldukça zengin olduğu Simav'da henüz modern sulama tesislerinin olmayışı, tarımsal üretim için büyük bir kayıptır. Simav'da dere, çay çevrilerek yapılan ilkel sulama yöntemleri geçerliliğini korumaktadır. Simav ovasında çiftçilerin kendi gayretleriyle açtıkları artezyen kuyularıyla az da olsa sulama çalışmaları yapılmaktadır.¹³⁸

¹³⁷ Arazi Yapısı, Tarım ve Sulama ile İlgili Bilgiler Simav İlçe Tarım Müdürlüğünden Alınmıştır.

¹³⁸ Sulu Tarım ve Seracılık ile İlgili Bilgiler Simav İlçe Tarım Müdürlüğünden Alınmıştır.

3.2.SİMAV'DA JEOTERMAL ENERJİ'NİN POTANSİYELİ VE KULLANILDIĞI YERLER

3.2.1.Simav Jeotermal Enerji Merkezi Isıtma Sistemi Çalışmaları

Yaklaşık 3000 yıldan beri kaplıca hamamı olarak kullanılan bu bölgede, 1980 li yılların ikinci yarısında değişik amaçlı kullanımlar (konut ısıtması, sera ısıtması, termal turizmi vb) için çalışmalar başlatılmıştır. 1989 yılında fizibilite raporu hazırlatılarak jeotermal enerji ile konutların ısıtılması için ilk ciddi adım atılmıştır. Önce termal su kabuklaşma, korozyon ve üretim testi yaptırılmış hemen arkasından 3500 konutluk jeotermal enerji merkezi ısıtma projesi hazırlatılmıştır. Aynı yıl hazırlanan bu proje uygulamaya alınarak 5.809 m. ön izoleli özel paket boruların (camelyaf) siparişi verilmiştir. Plate tip ısı eşanjörünün İsveç'ten ithalinden hemen sonra 1991 yılında şehir içi dağıtım borularının döşenmesine başlanılmış aynı yıl şehir içine 5000 m. ön izoleli özel paket boruların döşenmesi işi ve 1992 yılında Kuyubaşı binası, Merkez Eşanjör binası, Simav-Eynal arasındaki termal su taşıma hattı tamamlanmıştır.¹³⁹

Eynal Kuyubaşı ve merkez eşanjör binasında gerekli olan malzemelerin bir kısmı özel imal ettirilerek, bir kısmıda yurt dışından ithal edilerek tamamlanmış, montajı da Belediyece yapılmıştır. Eynal-Simav arasındaki termal su taşıma hattı boruları Fransa'dan ithal edilmiştir. 4500 m olan bu hattın kanal kazım ve boru döşeme işçiliği bir Fransız teknisyenin öncülüğünde Belediyenin teknik eleman ve işçilerince gerçekleştirilmiştir.¹⁴⁰

Simav jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi yatırımı için Çevre Bakanlığı'ndan kredi sağlanmıştır. Ayrıca abonelerin iki yıllık abonman ücretleri peşin alınmıştır. Aboneler bina içi tesisatlarını kendileri yaptırmaktadırlar. Tesisat projesine göre kontrol ve denetim Belediye tarafından yapılmaktadır. Sistem 1992 Aralık ayında devreye alınmış olup, I. Etap yatırımı 21 milyar (1993 rakamı) TL dir. Tesis kendisini 4 yıl gibi kısa bir sürede geri ödemiştir. Şu anda yaklaşık 2500 konut jeotermal enerji ile ısıtılmakta olup, aylık abone ücreti 1.500.000-2.000.000 TL arasında değişmektedir. Bu farklılık ücretlerin m² cinsinden ödenmesinden kaynaklanmaktadır. (1 m² alanın

¹³⁹ Simav Belediyesi Jeotermal Müdürlüğü

¹⁴⁰ Simav Belediyesi Jeotermal Müdürlüğü .

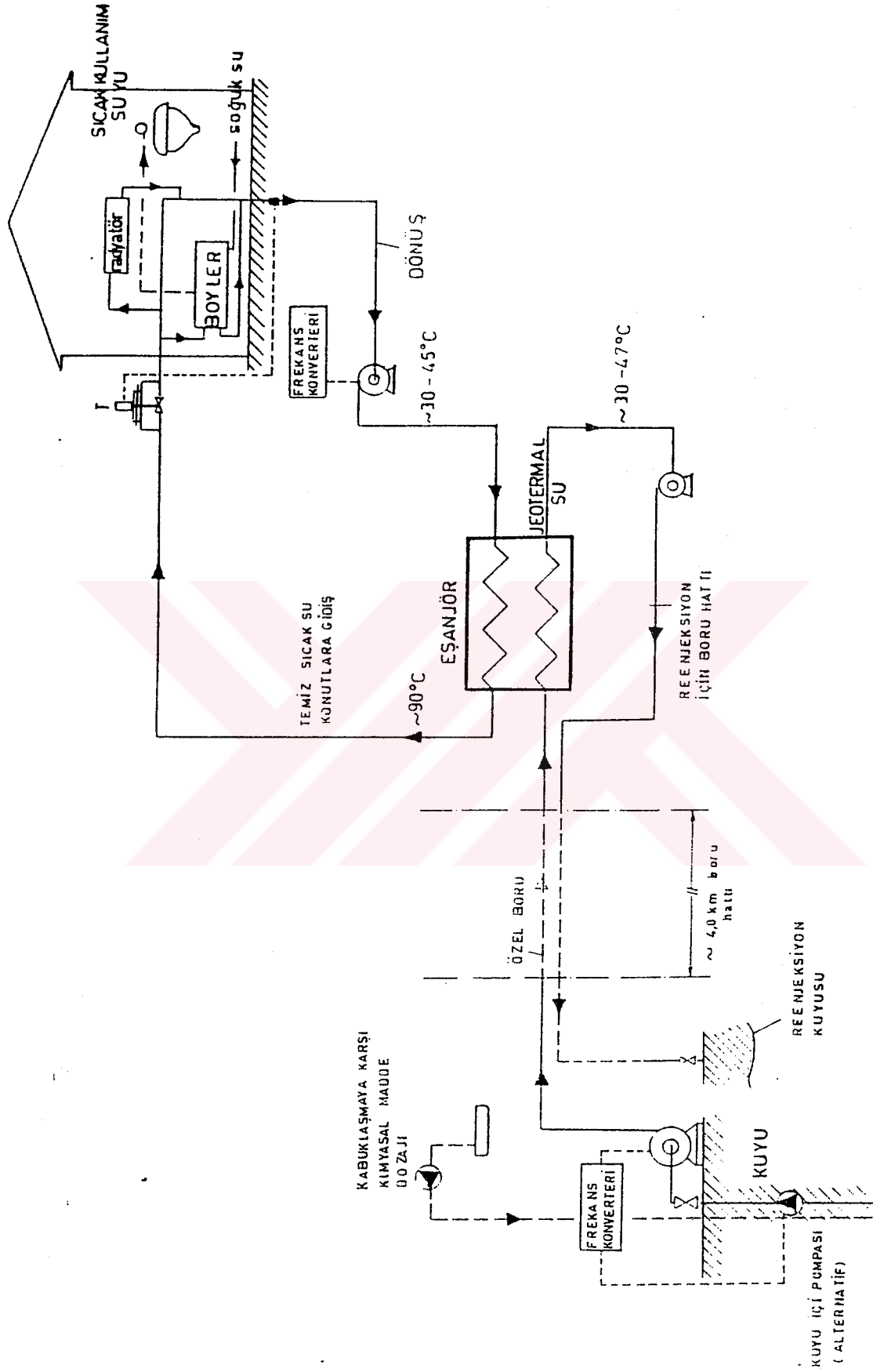
ısıtma bedeli 17.500 TL dir(Mart 1997). Sistemin I. Etap kapasitesi 3500 konut II. Etap toplam kapasitesi 6500 konuttur. Isıtma sisteminin ana değeri I. Etap için 33 Mwt (ısı), 60 ton 1 gün fuel-oil eşdeğeridir. II. Etap için 61 Mwt (ısı) dir. Jeotermal suyun 4,5 km'lik boru hattındaki sıcaklık kaybı yaklaşık 1 °C dir.¹⁴¹

3.2.2. Simav Jeotermal Merkezi Isıtma Sisteminin İşleyişi

Simav Merkezi ısıtma sistemini Eynal jeotermal sahasındaki 720 m derinlikte 70 lt/sn 160 °C sıcaklıktaki kuyu beslemektedir. Şu andaki 2.200 konutun jeotermal merkezi ısıtılması ve kullanım sıcak suyu temini için en soğuk havada en fazla 55 lt/sn (200m³/h) jeotermal su kullanılmaktadır. Jeotermal kızgın su kuyubaşı sıcaklığı 55 lt/sn debide 145 °C olmaktadır. Jeotermal su ilçe girişinde bulunan jeotermal eşanjör merkezine yaklaşık 4500 m'lik bir boru hattı ile taşınmaktadır. Kuyubaşı sistemindeki pompalar ısı ihtiyacına göre kademeli olarak devreye girmektedir. jeotermal su boru hattı yaklaşık 1,5 m derinliğe direkt toprağa gömülü, özel paket borular ile yapılmaktadır. Bu boru hattı 6500 konuta büyümeye yetecek şekilde projelendirilmiştir. Kuyudaki kabuklaşmayı önlemek için kimyasal madde dozajlanmaktadır. Jeotermal merkezde bulunan plate tip eşanjör vasıtası ile jeotermal suyun enerjisi (140 °C) şehir konut ısıtması kapalı çevrimindeki temiz soğuk suya aktarılmaktadır. Isıtılmış bu su, şehir içindeki kapalı devrede dolaşmaktadır (90 °C). Yeni düzenlemeye göre her konuta bir eşanjör yerleştirilmiştir. Konut içinde kapalı devre dolaşım yapan şebeke suyu konut girişindeki eşanjörden enerji devri ile ısıtılıp kalorifer peteklerine ve kullanma musluklarına verilmektedir. Şehir girişindeki eşanjör merkezine gelen jeotermal su şehir içi kapalı devredeki suya enerji devri yapıp tekrar 4.5 km dönüş borusundan geri nakledilerek yeraltına reenjeksiyon yapılmaktadır¹⁴²(Şekil 3.1).

¹⁴¹ Simav Belediyesi Jeotermal Müdürlüğü.

¹⁴² Simav Belediyesi, Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi, Yatırım, Teknik ve Ekonomik Fizibilite Raporu, Orme Jeotermal, Ankara,1991,s.13.



Şekil. 3.1: Simav Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi (Dizayn: Mertoğlu, O.)

3.2.3. Simav Jeotermal Alanının Potansiyeli

Yapılmış olan jeoloji, hidroloji, jeokimya, jeofizik ve sondaj çalışmaları sonucunda Kütahya-Simav (Eynal-Çitgöl-Naşa) jeotermal alanının yöre içinde önemli bir potansiyel alan olduğu belirlenmiştir. Bu alandaki fay hatlarından, sığ ve derin rezervuar kaynaklardan sıcaklıkları 42-162-47 °C arasında değişen 198-226 lt/sn debili jeotermal akışkan boşalımı gerçekleşmektedir. Yapılan hesaplamalara göre Eynal jeotermal alanının beslenmesi 65317500 m³/yıl'dır. Yağmur tarafından yapılan bu beslenmeye karşın tüketilecek olan jeotermal akışkanın toplam miktarı 194.400 m³/yıl'dır. Buradan bir yılda tüketimin beslenmeye oranının 335 olduğu görülmektedir. Yani şu anda Simav'daki tüketim, sahanın beslenmesinin 335'de 1'idir. Sahanın beslenmesi açısından reenjeksiyona gerek olmadığı aşikardır. Ancak çevre açısından reenjeksiyona gerek duyulmaktadır. Yapılan çalışmalar ve değerlendirmeler sonucunda sahanın en az 250 yıl ömrünün olacağı, reenjeksiyonun devamı halinde ise bu ömrün %30-40 artabileceği tahmin edilmektedir.¹⁴³

3.2.3.1.Eynal Jeotermal Alanı(Merkezi Isıtmada Kullanılan Saha)

Eynal jeotermal alanı yörenin en büyük jeotermal potansiyele sahip alanıdır. Bu alanda açılan kuyulardan, kent ısıtmacılığı, sera ısıtmacılığı ve endüstride kullanım açısından, en ekonomik jeotermal akışkan üretimi Simav metamorfitlelerinin ikincil permeabiliteli zonları ile bu zonları kesen fay hatlarından olmaktadır. (E-2 kuyusunda 84 m; E-3 kuyusunda 92 m derinlikte). Güneye doğru rezervuar kayalara erişme derinliği artmaktadır (Ej-1 kuyusunda 437 m; Ej-2 kuyusunda 457 m derinlikte). Simav metamorfitlelerine ait rezervuar kayalardan üretilen jeotermal akışkanın maksimum rezervuar sıcaklığı Ej-1 sondaj kuyusunda 162.47 °C, Ej-2 sondaj kuyusunda 157.47 °C, E-2 kuyusunda 158 °C, E-3 sondaj kuyusunda 149 °C olarak tespit edilmiştir. Artezyenik debi değerleri ise Ej-1 kuyusunda 72 lt/sn (262.4 ton/saat), Ej-2 kuyusunda 1 lt/sn (3.6 ton/saat) E-2 kuyusunda 45-55 lt/sn (162-198 ton/saat), E-3 kuyusunda 40-50 lt/sn (144-180 ton/saat) mertebesinde dir.¹⁴⁴

¹⁴³ ERIŞEN Bilge, ve Diğerleri., Simav-Eynal (Kütahya) Jeotermal Alanı, Eynal-2 ve Eynal-3, kuyu bitirme raporu:M.T.A. Derleme Raporu, Ankara,1985, s.44.

¹⁴⁴ ERIŞEN, A.g.e., s.46.

3.2.3.2. Çitgöl Jeotermal Alanı

Çitgöl jeotermal alanı ile ilgili olarak Ç-1 sondaj kuyusunda Simav grabeninin alüvyal örtüsünden ve Naşa bazaltından üretim yapılmaktadır. Kuyuda maksimum sıcaklık 105,1 °C olup, üretilen jeotermal akışkan debisi 28 lt/sn (100 ton/saat) dir.¹⁴⁵

3.2.3.3. Naşa Jeotermal Alanı

Naşa jeotermal alanında açılan N-1 kuyusu Simav grabenindeki jeotermal alan sınırlarının tespiti bakımından önem taşımaktadır. 200 m derinlikli kuyuda Simav metamorfitlelerinin ikincil permeabiliteli rezervuar kayalarda kesilmesine rağmen 42 °C sıcaklık ve 2 lt/sn (7,2 ton/saat) debili jeotermal akışkan üretimi sağlanabilmiştir.¹⁴⁶

Bu durumda Eynal jeotermal alanı, jeotermal potansiyelinin en yüksek olduğu alan olarak belirlenmektedir. Bu alanda sondaj kuyularının, Simav metamorfitlelerinden ve bunları kesen fay zonlarından jeotermal akışkan üretiminin sağlanması amaçlanarak açılması gerekmektedir. Simav metamorfitlelerinin graben içindeki derinliği 80-600 m. arasındadır. Çitgöl jeotermal alanındaki Ç-1 kuyusunun sonuçlarına göre sıcaklık değerlerinin Eynal alanına nazaran düşük olduğu, Naşa alanında ise jeotermal aktivitenin iyice azaldığı anlaşılmaktadır. Böylece mevcut verilerin ışığında Simav-Eynal karayolu sınır olmak üzere, bunun batısında kalan ve kuzeyde Eynal kaplıcalarından N 70 W yönünde çizilecek hat ile güneyde Ej-2 sondaj noktasını Çitgöl kaplıcalarına birleştiren çizgi arasında bulunan alanın şehir ve köy (konut) ısıtmacılığı, sera ısıtmacılığı ve endüstriyel ısıtmacılık açısından ekonomik jeotermal akışkan içeren potansiyel alan olduğu ortaya çıkmaktadır (Şekil.3.2). Bu potansiyel alanın büyüklüğü yaklaşık 3,5-4 km² olarak belirlenmiştir. Sığ ve derin sondajlar bu alanda yapılmalıdır. Halen 42-162,47 °C rezervuar sıcaklıklı ve 198-226 lt/sn toplam debili potansiyelin bulunduğu alanda, Ej-1 jeotermal sondaj kuyusu tek başına Simav'ın ısıtılmasında kullanılmaktadır. Mevcut bulunan diğer kuyuların kullanımının yanısıra, gerektiğinde 150-250 m derinlikli sığ rezervuarlar ve 375-650 m derinlikli derin rezervuarlar hedeflenerek açılacak ilave üretim kuyuları ile seracılık ve diğer kullanımlar için yörede daha büyük yatırımların yapılması mümkündür.¹⁴⁷

¹⁴⁵ A.g.e. s.46.

¹⁴⁶ A.g.e. s.46.

¹⁴⁷ A.g.e., s.47

3.2.4. Simav Jeotermal Sahasında Yapılan Sondaj Çalışmaları ve Sonuçları

Simav grabeni içinde, Eynal jeotermal alanında 5, Çitgöl ve Naşa alanlarında birer adet olmak üzere toplam 7 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Bu kuyularla ilgili özet bilgiler şöyledir.

3.2.4.1. Eynal Jeotermal Alanındaki Sondaj Çalışmaları

(Jeotermal aktivitenin en yüksek değerlere eriştiği alandır.)

E-1 Sondajı:

Amacı : Eynal Kaplıcalarına sıcak su sağlamak

Kuyu no : Eynal-1

Derinliği : 65,80 m

Sıcaklık Testi :

<u>Derinlik (m)</u>	<u>Sıcaklık (°C)</u>
0	97
20	125
40	133
65,80	142,5

Basınç Testi : WHP= 0,14 kg/cm²-g

Sonuç : 97 °C sıcaklıklı ve 14 lt/sn debili jeotermal akışkan üretimi (Rezervuar sıcaklığı=142,5 °C)

E-2 Sondajı:

Amacı : Eynal kaplıca tesislerinin ısıtılması

Kuyu No : Eynal-2

Derinlik : 149,50 m.

Sıcaklık Testi :

<u>Derinlik (m)</u>	<u>Sıcaklık (°C)</u>
0	97
Vana Altı	122
35	143
120	158

Basınç Testi : WHP = 4,8 kg/cm²-g

Sonuç : 97 °C sıcaklıklı ve 45-55 lt/sn debili jeotermal akışkan üretimi (Rezervuar sıcaklığı 158 °C)

E-3 Sondajı:

Amacı : E-2 kuyusuna yedek kuyu olarak kullanılmak.

Kuyu No : Eynal-3

Derinlik : 150 m

Sıcaklık Testi :

<u>Derinlik (m)</u>	<u>Sıcaklık (°C)</u>
0	97
31	141
120	149

Basınç Testi : WHP = 2 kh/cm²-g

Sonuç : 97 °C Sıcaklıklı ve 40-50 lt/sn debili jeotermal akışkan üretimi (Rezervuar Sıcaklığı = 149 °C)

Ej-1 Sondajı:

Amacı : Eynal jeotermal alanında jeotermal enerji potansiyelini tespit etmek.

Kuyu No : Eynal jeotermal-1

Derinlik : 725,10 m

Koordinatlar : y= 71 952 69

x= 32 708 84

z= 799,57

Sıcaklık Testi : 15 Saat beklemeli kuyu içi sıcaklıkları.

<u>Derinlik (m)</u>	<u>Sıcaklık (°C)</u>
200	96,92
300	112,35
400	125,95
500	145,22
550	156,49
575	162,01
600	162,47
625	149,93
700	153,50
725	155,45

Maximum sıcaklığa 600 m. derinlikte ulaşılmış olup, daha derinlerde sıcaklığın düştüğü görülmektedir.

Basınç Testi : WHP = 3,9 kg/cm²-g

Sonuç : 162,47 rezervuar sıcaklıklı 72 lt/sn
(262,4ton/saat) debili jeotermal akışkan üretimi

(Simav jeotermal merkezi ısıtma sistemi bu kuyudan beslenmektedir.)

Ej-2 Sondajı:

Amacı : Eynal jeotermal alanındaki düşük rezistivite omalilerindeki jeotermal potansiyeli araştırmak.

Kuyu No : Eynal Jeotermal-2

Derinlik : 958 m

Sıcaklık Testi : 28 saat beklemeli kuyu içi sıcaklıkları:

<u>Derinlik (m)</u>	<u>Sıcaklık (°C)</u>
600	134,07
700	139,04
800	142,93
900	149,23
941	157,57

Kuyu üretime açıldıktan sonra dinamik sıcaklıklar;

<u>Derinlik (m)</u>	<u>Sıcaklık(°C)</u>
0	105,71
200	140,29
400	151,63
450	153,23
500	143,39
550	144,53

Basınç Testi : WHP (Statik) = 26,2 psig

Sonuç : 157,47 °C rezervuar sıcaklıklı 1 lt/sn debili jeotermal akışkan üretimi

3.2.4.2. Çitgöl Jeotermal Alanı Sondaj Çalışmaları

(Jeotermal aktivitenin 100 °C dolaylarında olduğu alandır.)

C-1 Sondajı

Amacı : Çitgöl kaplıcalarına sıcaksu sağlamak ve kaplıca tesislerini ısıtılmasında kullanmak.

Kuyu No : Çitgöl-1

Derinlik : 101 m.

Sıcaklık Testi :

<u>Derinlik (m)</u>	<u>Sıcaklık (°C)</u>
0	97
28	100,7
46	105,1
66	100,3
85	100,2

Basınç Testi : Yapılmamıştır.

Sonuç : 97 °C sıcaklıklı ve 24-32 lt/sn debili jeotermal akışkan üretimi
(Rezervuar sıcaklığı = 105,1 °C)

3.2.4.3. Naşa Jeotermal Alanı Sondaj Çalışmaları

(Jeotermal aktivitenin en düşük olduğu alandır.)

N-1 Sondajı:

Amacı : Naşa kaplıcalarına sıcak su sağlamak

Kuyu No : Naşa-1

Derinlik : 200 m.

Sıcaklık ve Basınç Testi yapılmamıştır.

Sonuç : 42 °C sıcaklıklı ve 2 lt/sn debili jeotermal akışkan üretimi.

Tablo 3.1: Eynal-Çitgöl-Naşa Jeotermal Alanlarında Açılan Kuyuların Karşılaştırması

<u>Kuyu No</u>	<u>Derinlik (m)</u>	<u>Max.Sıcaklık (°C)</u>	<u>Debi (lt/sn)</u>
E-1	65,80	142,5	14
E-2	149,50	143	45-55
E-3	150	149	40-50
Ej-1	725,20	162,47	72
Ej-2	958	157,47	1
Ç-1	101	105,10	24-32
N-1	200	42	2

Kaynak: Sondaj Sonuçları ve Karşılaştırma Tablosu, Simav Belediyesi Jeotermal Sera Yatırımı Teknik ve Ekonomik Fizibilite Raporu, Orme Jeotermal, Ekim-1993, Adlı Eserden Alınmıştır.

3.2.5. Simav'da Jeotermal Enerjiden Yararlanma Şekilleri

3.2.5.1. Konutların Isıtılması

Simav, Türkiye'de jeotermal enerjiden yararlanılarak şehirlerin ısıtılabilceği konusunda tipik bir örnek olmuştur. İlçede, jeotermal enerjiden yararlanılarak konutların ısıtılması çalışmalarına 1989 yılında başlanmış ve sistem 1992 yılında bitirilerek hizmete açılmıştır. Türkiye'nin en kapsamlı jeotermal merkezi ısıtma projelerinden biri olan Simav jeotermal ısıtma sistemi, Simav Belediyesi tarafından gerçekleştirilmiştir. Jeotermal enerji kullanılarak elde edilen sıcak sulardan ısınmanın yanısıra, kullanım amacıyla da faydalanılmaktadır. Bu nedenle, konutlara kalorifer tesisatı ile birlikte, sıcak su tesisatının da döşenmesi gerekmektedir. Her iki tesisatını da döşeten kişiler, merkezi ısıtma sisteminden yararlanmak için Belediye'ye müracaat etmektedirler. Halen jeotermal enerjiden yararlanılarak ısıtılan konut sayısı 2.200 adedi bulunmaktadır. Bu konutların 20 adedini resmi binalar, 380 adedini işyerleri ve geri kalan 1800'ünü ise aile konutları oluşturmaktadır. Isınma bedeli olarak ayda, 17.500 TL/m² alınmaktadır (Mart 1997). Şehir merkezindeki diğer konutlarında merkezi sistemle ısıtılması için çalışmalar devam etmekte olup, birkaç yıl içerisinde 6000 konutluk ısıtma projesinin tamamının uygulanması planlanmaktadır. Daha önce kömür yada sıvı yakıtla ısıtılan kaloriferli konutlara, basit birkaç değişiklik yapılarak jeotermal enerji ile ısıtılmış sıcak su verilebilmektedir. Soba ile ısıtılan konutlara ise, öncelikle kalorifer ve sıcak su sistemi döşenmesi gerekmektedir. Bu sistemde, konutların ısıtılmasında kullanılan boru ve donanımlar odaların tabanına döşenmektedir. Söz konusu sistem, kalorifer peteği kullanılarak yapılan ısıtmaya göre, daha ekonomik ve daha kullanışlıdır.¹⁴⁸

3.2.5.2. Sera Isıtmacılığında

Jeotermal enerjiden yararlanılarak saraaların ısıtılması konusunda dünyada çeşitli uygulamalar vardır. Özellikle İtalya, ABD, Yeni Zellanda, Rusya ve İzlanda gibi ülkelerde saraaların ısıtılmasında jeotermal enerji kullanılmaktadır. Bu ülkeler içerisinde İzlanda ayrı bir yere sahiptir; çünkü söz konusu ülke, kuzey kutbuna çok

¹⁴⁸ ÖZAV Lütfü, "Türkiye'de Jeotermal Enerji ile Kentlerin Isıtılabilceğine Örnek:Simav", *Türk Kültürü Dergisi*, Türk Kültürünü Araştırma Enstitüsü, Sayı; Ekim-1995, Ankara, s.619.

yakın bir konumda bulunmasına rağmen, jeotermal enerjiden yararlanarak seralarda çeşitli sebze ve meyveleri üretmeyi başarmıştır. Ülkede bu amaçla kurulan seraların yüzölçümü 200 dekarı bulmaktadır. Ülkemizde ise yüksek jeotermal enerji potansiyeline rağmen bu yönde yapılan uygulamalara pek rastlanamamaktadır. Bununla birlikte, Afyon-Ömerli ve Simav'da deneme amaçlı kurulmuş olup, daha sonra aktivite kazanmış seralar mevcuttur.¹⁴⁹

Simav'da seralar Eynal kaplıcaları (jeotermal bölgesi) çevresinde yer almaktadır. 1986 yılında kurulmaya başlanan seraların herbiri 500 m² 'lik yüzölçümüne sahiptir. Burada deneme amacıyla kurulmuş olan iki seradan birinin mülkiyeti özel idareye diğerinin mülkiyeti ise Simav Belediyesine aittir. Bu miktar şu anda 40 bin m² nin üzerindedir (Nisan 1997).

3.2.5.2.1. Simav da Ekim Alanları ve Tarımsal Durum

Simav tarım alanları bakımından oldukça sınırlıdır. 1557 km²'lik Simav topraklarının 42.754 ha'nı (%23) tarım arazisi, 116.597 ha'nı (%72) orman ve bataklık arazi, 9.349 ha'nı da (%5) diğer araziler oluşturmaktadır. 43.754 ha'lık tarım arazisinin 36.277 ha'sı (%85) kuru tarım alanı, 6.477 ha'ı da (%15) sulı tarım alanıdır. Tarım alanlarının büyük bir bölümünde tahıl üretimi yapılmaktadır. Yılda ortalama 34.000 ha'da (%78) tahıl ziraati yapılırken, diğer bitkilere ayrılan alan %22 dir. Bitkisel üretimin başını 24.000 ha'la buğday çekmektedir. Bunu diğer tahıllardan arpa ve mısır takip etmektedir. Bölgede üretilen baklagiller mercimek (3.800 ha), nohut (1.700 ha) ve fasulye (1.000 ha) dır. Simav'da 150 ha'lık alanda sebze, 300 ha'lık alanda meyve tarımı yapılmaktadır. Sanayii bitkilerinden ayçiçeği 1.300 ha'a ekilmekte, şekerpancarı ise her yıl değişen oranlarda tarım alanlarını kaplamaktadır. Simav'da kendisine bile yeterli olmayan bir tarımsal üretimde sebzeçiliktir. 150 ha'lık bir alanda sebzeçilik yapılmaktadır. Sebzeçilik yapılan alanlar sulamaya uygun alanlardır. Büyük ve verimli bir tarımsal alana sahip Simav ovasında (21.000 ha) sulama tesisi olmadığından sebzeçilik akarsu ve yeraltı sularından yararlanılarak yapılmaktadır. Bahtılı, Yeşilköy, Gökce ve Muradınlar'da biber en fazla yetiştirilen sebze çeşididir. Domates, taze fasulye, lahana Demirciköy, Öreyler, ve Yeşilköyde yetiştirilmektedir. Patlıcan yörede yetiştirilmeyen tek sebze çeşididir. Ispanak ve

¹⁴⁹ ÖZAV, A.g.e.,s.621.

havuç belirtilen sebze üretim alanlarında ikinci derecede sebze ürünleridir. Patates ise daha çok dağardı'nın çay kenarlarındaki kumsal arazilerde yetiştirilir. Simav da son yıllarda, Eynal kaplıcalarının sıcaksu kaynaklarından yararlanılarak seracılık yapılmaktadır. Bu seralarda genellikle hıyar üretimi gerçekleştirilmektedir. Deneme amaçlı olarak 2 bin m² lik alanda domates üretimide yapılmaktadır. 10 yıldan beri seracılıkta büyük atılım gerçekleştirilemeyen yörede sera alanları henüz 50 bin m² ye ulaşmıştır.¹⁵⁰

Simav'da elverişli araziler çok küçük mülkiyetlere bölündüğünden, verimlilik düşmekte ve tarımda ekonomik olmayan sorunları beraberinde getirmektedir. Bu sorunlardan bir tanesi tarımsal mekanizasyonun uygulanamayışıdır. Arazi mülkiyetinin parçalı oluşu tarımsal alanda sorun olmasına rağmen, birim alanda fazla verim elde edilen seracılık için uygun bir durum arz etmektedir. 1970'li yıllardan sonra tarım sektörünün gerileyip sanayii sektörünün ilerlemiş olması ülkemizdeki tarımsal gelişmeyi yavaşlatmıştır. Bu durum tabiki Simav'ı da etkilemiştir. Ancak Simav'da sanayi dalında bir gelişme olmayınca topraktan kopamayan halk çareyi göçlerde aramıştır. İşte bu noktada seracılık teşvik edilerek yörede geliştirildiğinde, göçler durabilecek, köylü kendi arazisinden aldığı ürünle gelir düzeyini yükseltebilecektir.

3.2.5.2.2. Simav'da Seracılığın Sorunları ve Çözüm Yolları

Simav'da ki seracılığın gelişimine baktığımızda fazlaca bir ilerleme görülmemektedir. 1986 yılından bu yana 10 yıl geçmesine rağmen toplam sera alanı 40 bin m² civarındadır. Bu gelişmede son 1-2 yıl içerisinde gerçekleşmiştir. 20 bin m² side Belediye'ye ait olan bu seralarda yaklaşık 80-100 işçi çalışmaktadır. Üretim Eylül-Temmuz dönemlerinde iki aşamalı olarak gerçekleştirilmektedir. Ürün olarak salatalık yetiştirilmektedir. Son bir yıldan beri 2 bin m²'sinde domates üretimide yapılmaktadır. 2 bin m²'lik bir seradan yıllık olarak ortalama 25-30 ton civarında ürün alınmaktadır. (Domates-salatalık) ürün maliyeti 30-40 bin TL olup, salatalık 90 ila 120 bin TL arasında alıcı bulmaktadır. Bir kısmı yerli pazara arz edilen salatalık'ın büyük bir kısmıda Mega Marketlere pazarlanmaktadır. (Örneğin; İzmir- Tansa, Migros gibi) Henüz deneme aşamasında üretimi gerçekleştirilen domates ise 60-90 bin TL'na Simav pazarında satılmaktadır. (1997 kış sezonu fiyatları). Yansıtmaya çalıştığımız

¹⁵⁰ Tarımsal alanların oranları ve rakamsal değerler İlçe Tarım Müdürlüğünden alınmıştır.

rakamsal verilerden de anlaşılacağı gibi salatalık, maliyetinin üç katına pazar bulabilmektedir. Seralarda jeotermal enerji kullanımının maliyeti düşürdüğü ve kaliteyi yükselttiği bariz bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Güneş enerjisi ile gerekli ve yeterli ısı dengesi kurulamayan Akdenizdeki seralarda soba yakılarak veya çeşitli hormonik maddeler kullanılarak ısı dengelenmeye çalışılmaktadır. Yapılan bu ikincil müdahalelerde hem maliyeti artırmakta hem de kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir.

Arazi ve iklim şartlarının elverişli olduğu Simav ve çevresinde jeotermal potansiyelide çok fazladır. Bütün bunlara rağmen seracılık yönünde halkta bir atılım, hareket görülmemektedir. 2 bin m²'lik 10 tane serada zengin insanların yaptığı ikincil bir faaliyet şeklindedir. Yörede bu faaliyetleri organize edecek bir lokomotif mevcut değildir. Halk bilinçsiz bir şekilde sadece konusu ile meşgul olmaktadır.

Çözüm yolları ise şöyle sıralanabilir;

- Öncelikle halk bu konuda, verilecek seminerler, kurslar, broşürler, dergiler vb. Çeşitli yöntemlerle bilinçlendirilmelidir.

- "Herkese işletme (sera), Herkese zenginlik" sloganıyla yerel yönetimler (özel idare, belediye, tarım ilçe müdürlüğü, toprak reformu müdürlüğü vb.) harekete geçerek altyapıyı hazırlamalıdır. Kurutulan göl arazisinde ve diğer yerlerde gerekli toprak reformu yapılarak halka güvence verilmelidir.

- Toplu olarak kooperatifler ve birlikler kurularak, ekonomik sıkıntılar giderilmeye çalışılmalıdır. Bu birlikteliğin devamında pazarlama, hammadde temini, hatta ihracat yapma olanakları kolaylaşacaktır.

- Yöredeki halk harekete geçirilip, bilinçlendirildikten sonra eldeki kaynaklar yetersiz geliyorsa yerel yönetimler veya kurulan ticari örgütler dünyada hızla ihtiyaç duyulan yenilenebilir temiz enerji kullanımını merkezi yönetime, hatta uluslararası kredi kuruluşlarına anlatarak uzun vadeli düşük faizli kredi temin etmelidirler.

- Belediye, Merkezi Yönetimlerden de destek alarak (mali kaynak) öncelikle 6 bin konut ısıtma projesini tamamlayıp, dönüş suyunu sera alanlarından geçirerek, maliyeti düşük, kullanılan enerji sarfiyatı daha az olan çalışmaları gerçekleştirip bir an önce teşvik edici alt yapıyı halkın kullanımına sunmalıdır.

- Birkaç yıl jeotermal enerji parasını almayarak belediye halkı teşvik etmelidir.

-Teşvik kredileri ve yatırım malzemeleri temini için merkezi karar organlarında etkili olunmalıdır.

Bütün bu çalışmalar yapıldıktan sonra yörede büyük bir üretim artışı sağlanabilecektir. Bu da zenginliğin, istihdamın, konfor ve refahın dar gelirli halk kitlelerine yansması olacaktır.

Simav civarındaki ekim alanlarında fasulye, buğday, mısır, arpa vb. Ürün yetiştirilmektedir. Çevre köylerdeki bir aile ürünlerden yıllık 150-200 milyon civarında brüt gelir elde etmektedir.(1996 ortalaması) Oysa eynal ve çevresindeki arazilerle Çitgöl kasabasındaki kurutulan göl arazisi 2 bin m² lik sera alanları olarak parsellenip halka dağıtılsa ve parsellerde sera yapımı gerçekleştirilse Simav ve çevresindeki halkın geliri, yıllık on kat artabilecektir. Bu yöredeki sera işletmeleri dağ köylerindeki halkada istihdam imkanı sağlayacağından, top yekün bölgesel kalkınma gerçekleşmiş olabilecektir.

1997 yılı kış sezonu itibarıyla salatalık ve domates üretimi yapılan 2.000 m²'lik bir seradan elde edilebilecek yıllık geliri basit bir örnekle açıklamaya çalışalım;

Sera alanı	: 2.000 m ²
Alınan ürün miktarı	: 28.000 kg. (ortalama)
Birim maliyet	: 40.000 TL/kg
Toptan satış	: 90.000 TL./kg
Parekende satış	: 110.000 TL./kg
Ortalama birim fiyat	: 100.000 TL/kg
Yıllık brüt gelir	: 100.000 x 28.000 = 2.800.000.000 TL
Ortalama maliyet	: 40.000 x 28.000 = 1.120.000.000 TL.
Yıllık net gelir	: 2.800.000.000 - 1.120.000.000
	= 1.680.000.000 TL.

Ayrıca bu yörede alternatif sera ürünleri yetiştirilerek karlılığı artırmakta mümkün olabilecektir. Seracılığın en önemli ürünlerinden sayılan süs bitkileride bu yöre ve iklimde yetiştirilebilir. Ancak pazarlama sorunuyla karşılaşma riski olabilir. Onuda aşmak günümüzde zor değildir. Çünkü ulaşım, teknoloji tüm yenilik ve hızıyla insanlığın hizmetindedir. Yurtiçi ve yurtdışı pazarlar araştırılarak en uygun şartlarda ürünün satılması mümkün hale gelebilir. İlçede DPÜ-Simav Meslek Yüksekokulu bünyesinde Seracılık programı mevcuttur. Bu programdaki öğrenciler seracılığın yanında pazarlama, ithalat - ihracat, bilgisayar, Stratejik muhasebe vb. alanlarda da yetiştirilerek bu sektörde verimli insangücü haline getirilebilir. Bu çalışma aynı zamanda öğrencilere de istihdam olanaklarını garanti edeceğinden her iki taraf içinde önemli ve faydalı olabilecektir.

3.2.5.2.3. Jeotermal Alanda Seracılığın Avantajları

a- Türkiye'de seracılık, iklimin uygun olduğu Akdeniz sahil şeridinde yayılmıştır. Bu bölgemizde ısıtma yapılmadığından beklenen kalite ve verim alınamamaktadır. Akdeniz sahil şeridinde arzu edilen kaliteli verimin elde edilebilmesi için seraların ısıtılması gereklidir. Ancak seralarda ısıtma masrafları maliyeti artırmakta, bu nedenle üretici ısıtma yapmadan sadece iç piyasaya yönelik kalitesiz ürün yetiştirebilmektedir. Oysa Simav'da jeotermal kaynaklardan dolayı ısıtma masrafları en kötü koşullarda fosil enerji maliyetinin 1/6 -1/8 'i oranındadır. Bu nedenle Simav'da ısıtma yapılarak Akdeniz sahil şeridindeki seralardan daha fazla ve kaliteli ürün elde etmek mümkündür.

b- Akdeniz sahil şeridinde serada ısıtma yapılmadığından, düşük sıcaklıkta bitkinin döllenebilmesi için hormon kullanmakta, bu da verimde kalite düşüşlerine neden olmaktadır. Simav'da ısıtma yapıldığından hormon kullanımına gerek kalmadan kaliteli ürün elde edilebilecek ve Avrupa standartlarına uygun ihracata yönelik ürün elde edilecektir.

c- Akdeniz sahil şeridinde seralarda ısıtma yapılmadığından sera içi nem değeri oldukça yüksektir. Yüksek nemden dolayı ortaya çıkan hastalıklara karşı kullanılan tarımsal ilaçlar oldukça fazla olup, milli servet kaybı yanında çevreye zarar vermektedir. Simav'da ısıtma yapılarak seralarda oransal nemin sıcaklıkta kontrolü

otomatikman sağlanacağından, ortaya çıkan bitki hastalıkları daha az olacaktır. Dolayısıyla bu bölgemizde tarımsal mücadele ilaçları çok daha az kullanılacaktır.

d- Akdeniz sahil şeridinde ilkbahar ve sonbahar yetiştiriciliğinde üretim devresi 4 ay, tek ürün yetiştiriciliğinde ise 7 aydır. Bu bölgemizde günlük ortalama sıcaklığın 22 °C den yüksek olması nedeniyle serada mayıs ayından sonra üretim yapmak mümkün olmamaktadır. Bu nedenle seraların yazın boş bırakılması zorunluluğu vardır. Oysa Simav'da serada ısıtma yapıldığından üretim periyodu yazın uygun olan hava sıcaklığı nedeniyle 10-11 aya çıkarılacaktır. Üretim periyodunun uzaması birim alandan alınan verimin artmasına neden olduğundan, seralardan daha fazla verim alınabilecektir.

e- Seralarda ısıtma yapıldığından ihracata uygun standartlarda bitkisel üretim yapılabilecektir.

f- Bu arada topraktan kopmayan, ama kendi toprağında yeterli görmeyen faal nüfusun bir bölümü, geniş tarım alanlarının bulunduğu, İzmir, Salihli, Turgutlu, Alaşehir, Akhisar gibi yerlere göç etmektedir. Seracılık ile ilçedeki göçün önlenmesi mümkün olabileceği gibi göç alır hale geleceği büyük olasılıktır.

1 milyon m² lik serayı ısıtabilecek jeotermal enerji kapasitesine sahip olan Simav'da hedef bu olmalıdır. Böylece dolaylı, dolaysız 500 kişiye de istihdam imkanı doğabilecektir.

Belirtilen tüm bu nedenlerden dolayı jeotermal alanlarda (Simav örneği) Seracılık Akdeniz bölgesine göre daha avantajlı ve ekonomiktir.¹⁵¹

3.2.5.3. Jeotermal Akışkanların Termal Turizmde Kullanılması

Simav'da jeotermal akışkanların hamam amaçlı olarak para karşılığı kullanılması, M.Ö. 600 yıllarında parayı değişim aracı olarak ilk defa kullanmaya başlayan Lidyalılara kadar dayanmaktadır. Tarihi bu kadar eski olan bir kaplıca merkezinde ; 2 otel, 125 apart otel ile hizmet verilmektedir. Bunların toplam kapasitesi 700 yataktır. Yıllık doluluk oranı ise %98'dir. Kaplıcadaki termal su

¹⁵¹ ERDOĞAN Hayri., "Jeotermal Alanda Seracılığın Avantajları"31 Mayıs 1 Haziran 1997, Simav 2.Seracılık Sempozyumu (Bildirisi Yayınlanmamış).

sıcaklığı 160 °C 'dir. Tesislerdeki konaklama maliyetleri iki kişi için 1.050.000 TL/gün ile 3.570.000 TL/gün arasında değişmektedir. (Nisan 1997) Eynal kaplıcalarının suları, Cinsel rahatsızlıklar, Nevralji, Kırık-Çıkık, Romatizma-Kireçlenme, Cilt-Deri, Mide ülseri, Halsizlik, Nevrit, Sedef, Böbrek taşlarının dökülmesi gibi hastalıklara şifa dağıtmaktadır. 1989 yılında Bakanlar Kurulu Kararıyla Türkiye'nin Turizm Merkezleri kapsamına alınan Eynal kaplıcalarına Konya, İstanbul, Gaziantep, Trabzon, Bursa, İzmir, Adapazarı, Uşak ve çevre ilçelerden turistler gelmektedir. İlçe merkezine 4 km. mesafede olan Eynal kaplıca tesisleri gölcük yaylasının eteklerinde doğa ile iç içedir. Tesislerde yıllık olarak 250.000 yerli 3.000 yabancı turist konaklamaktadır.¹⁵²

Termal turizm potansiyelinin son derece elverişli olduğu Simav Eynal kaplıcalarından yeterince yararlanılamamaktadır. Yıllık talebin %60'na cevap verebilen tesisler %40'lık talebi karşılayamamaktadır. İlk etapta mevcut hizmet birimlerinin ve çevresinin reorganizasyonu yapılarak her türlü talebe cevap verebilecek tesislerin hizmete sokulması gerekmektedir. Kaplıca turizmi kapsamında; sağlık turizmi, günübirlik turizm, dinlenme amaçlı turizm, eğlence turizmi gibi çeşitli talepleri karşılayabilecek tesislerin en kısa zamanda hayata geçirilmesi hem hizmet hemde ekonomik bakımdan son derece önemlidir. Simav termal tesisleri fizik tedavi, elle tedavi (manuplatif terapi) merkezleri ile tıbbın insanoğluna sağladığı imkanları, sahip olduğu doğal güzelliklerle karşılaştırarak konuklarına en iyi hizmeti verebilmelidir. Yerel yönetimler var olan bu potansiyeli kaynak haline dönüştüremiyorsa "Ufku geniş, kararı hesaba dayalı yönetici başarılı olur." özdeyişinden hareketle turizm amaçlı özel girişimcilerin önünü açarak birtakım muafiyetlerle bu girişimcileri teşvik etmelidir. Jeotermal akışkanların termal turizmde kullanılması, Simav'ın bölgesel kalkınmasına önemli ölçüde katkı sağlayarak, bir nevi bacasız sanayisi durumuna gelebilecektir.

3.3. SIMAV VE ÇEVRESİNİN JEOTERMAL ENERJİ İLE ISITILMASI ÖNERİSİ

Simav, Eynal-Çitgöl-Naşa Jeotermal alanında 198-226 lt/sn potansiyel enerji mevcuttur. Bu potansiyelin çok azı halen kullanılmakta olup, büyük bir kısmı kullanılacağı zamanı beklemektedir. Diğer enerji kaynaklarına kıyasla daha temiz ve ucuz olan jeotermal enerjinin en önemli özelliğide yenilenebilir enerji kaynağı

¹⁵² Simav Belediyesi, Eynal Kaplıcaları İşletme Müdürlüğü.

olmasıdır. Dünyadaki uygulamalarında 150 km ye kadar taşınabilen, ülkemizde de 45-50 km.lik mesafelere projeleri yapılan jeotermal enerjinin, Simav ilçe merkezi ve çevresindeki yerleşim alanlarında bulunan konut ve seraların ısı ihtiyaçlarının karşılanmasında acilen kullanılması gerekmektedir.

İlçe merkezindeki konutların tamamının ısıtılması projelendirilmiş olup, 1/3'ü halen jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılmaktadır. Bundan sonraki aşamada çevredeki Konutlar ile Beyce, Demirciköy, Çitgöl, Naşa, Muradınlar gibi bina ve arazi yönünden daha uygun yerleşim alanlarına jeotermal enerji naklinin yapılması son derece önemlidir. Böyle bir uygulamanın hayata geçirilmesi ile 6-7 bin konut (20-25 bin nüfus demek) yenilenemeyen alışılmış enerji kaynağı olan odun-kömür tüketimine son vererek temizliği, ucuzluğu ve konforu beraberinde getiren çevre dostu jeotermal enerji ile ısıtılmış olacaktır.

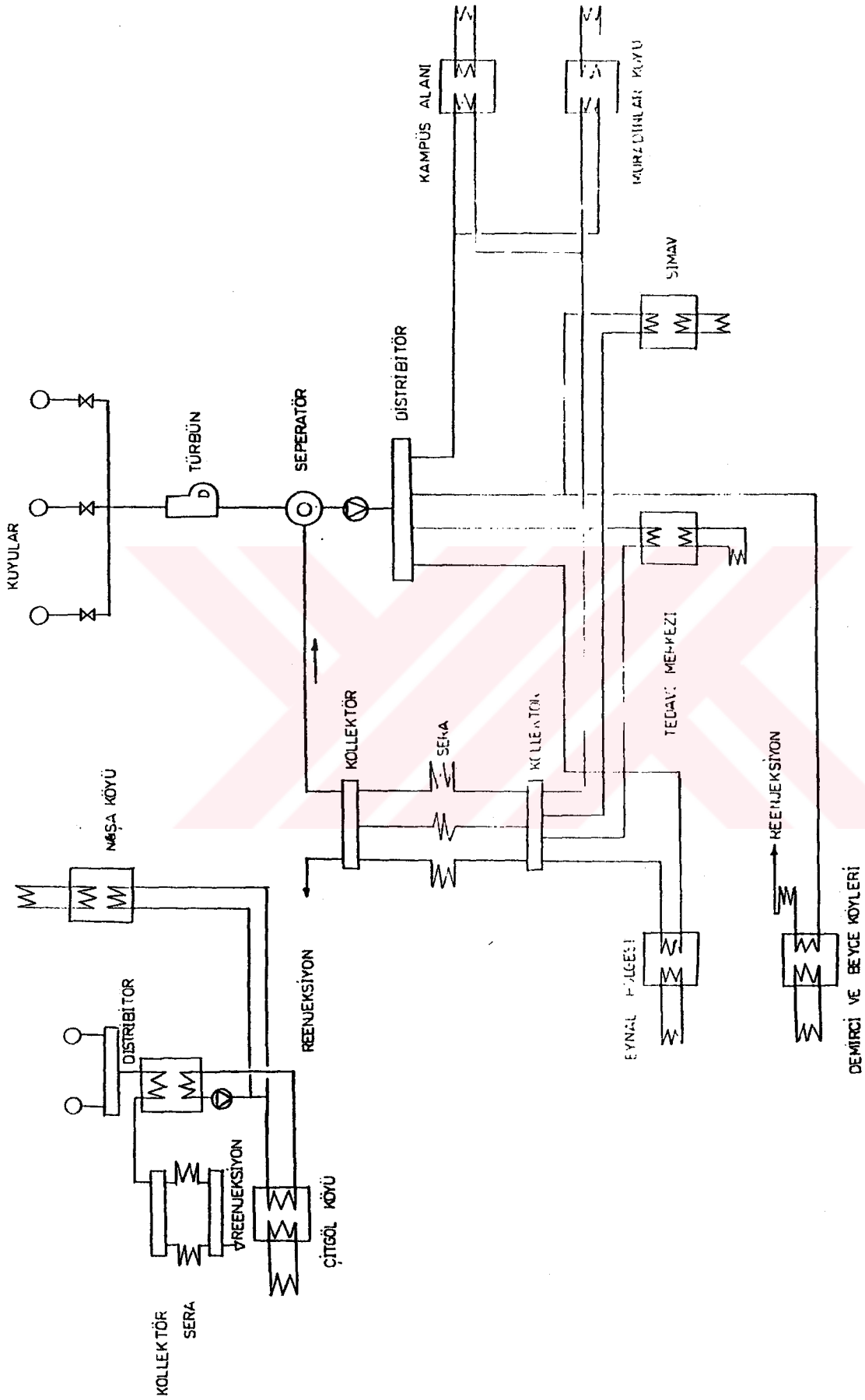
Kuyudan gelen jeotermal enerjide yaklaşık 90-100 °C ısı mevcuttur. Merkezi ısıtmadaki eşanjörde, bu ısının bir kısmını şehir şebeke suyuna aktardıktan sonra dönüşünde 55-60°C ısı bulunmaktadır. Bu enerjiyi taşıyan suyun tekrar reenjeksiyon kuyusuna gönderilmesi ekonomik değildir. Ekonomik olanı, reenjeksiyon boru hatlarının seracılığa uygun arazilerden geçirilerek, jeotermal akışkanlardaki kullanılabilir enerjinin tamamından faydalanılmasıdır. Hatta sistemin kendi ihtiyacı olan elektrik enerjisini üretebileceği yüksek olasılıktır.

Simav ve çevresindeki yerleşim alanlarında kış mevsimi boyunca 4 ton kömür 1 ton da odun tüketilmektedir. Bu yakıtların üç kişilik bir aileye maliyeti 25-30 milyon TL/yıl'dır. Jeotermal enerjinin kullanım ücreti ise 17.500 TL/m²/Ay'dır (1996-1997 kış sezonu). Bu enerji kullanımının bir aileye yıllık maliyeti ise 20 milyon TL. civarındadır. Ancak jeotermal enerji ile ısıtılan bir konutun tamamı ısınmakta olup, musluklarından devamlı sıcak su akmaktadır. Kül, is, toz, duman vb. kirlilikleri bünyesinde taşımadığı için yaşanılan ortamda konforuda sağlamaktadır. Fosil yakıt dediğimiz alışılmış enerji kaynaklarından olan kömür ile ısıtılan konutların ancak %18-20 si yukarıda ifade edilen maliyetle ısıtılabilir. Kullanım için gerekli olan sıcak su eldesi ise ek maliyet gerektirmektedir (Odun, Elektrik, Havagazı vb.). Bu yakıtlar hava kirliliğine sebep olduğu için topluma, doğaya ve çevreye zarar verebilmektedirler.

Reenjeksiyon kuyusuna dönüş suyunun seracılığa uygun arazilerden geçirilmesinin hem ekonomik hemde halkı teşvik edici fonksiyon taşıyacağını ifade etmiştik. Seraların ısıtılması için ek bir maliyet getirmeyecek olan bu uygulama 25-30 dönümlük arazide tarım yaparak kıt kanaat geçinmeye çalışan halkı seracılığa yöneltebilecektir. Böylece yıllık geliri katlanarak artan halkın gelir düzeyi yükseleceği için yörede ekonomik ve sosyal kalkınma hızla gelişebilecektir.

İnsan ihtiyaçlarının sürekli arttığı, kaynakların ise hızla tükendiği günümüzde, jeotermal enerji gibi yenilenebilen ucuz ve çevre dostu olan bir enerji kaynağından en verimli şekilde faydalanılmalıdır. Ormanların tahribi, ekolojik dengenin bozulması, hava kirliliği, kömür rezervlerinin tükeniyor olması ısınma alanındaki en önemli toplumsal sorunlarımızdandır. Jeotermal enerji kullanımı bütün bu sorunları giderdiği gibi ekonomik olması ilede ayrı bir avantaj sağlamaktadır. Bu cümleden hareketle Simav'daki potansiyelin tamamından faydalanılarak , zengin toplumu, temiz havayı, rahat yaşamı birlikte görmek mümkün olabilecektir.

Şekil 3.3.'de görüldüğü gibi Naşa ve Çitgöl yöresindeki kuyular birleştirilerek bu iki kasabanın konutları ve sera alanları ısıtılabilir. Eynal bölgesindeki sıcaklığı yüksek kuyulardan tesisin kendi ihtiyacını karşılayacak elektrik üretimi yapıldıktan sonra diğer düşük ısı kuyularla birleştirilerek, İlçe merkezinin tamamı, Eynal kaplıca tesisleri, Beyce ve Demirci köy beldeleri, Muradınlar köyü ve Fakülte binaları ısıtılabilir. Reenjeksiyon için geri dönen akışkanlarında tarımsal alanlardan geçirilerek sera ısıtmacılığında kullanılması daha ekonomik bir yol olarak düşünülebilir.



Şekil 3.3: Simav Çevresindeki Yerteşim Alanlarına Jeotermal Enerjinin Taşınması

3.3.1. Jeotermal Enerji Kullanımı ve Bölge Ekonomisine Etkileri

Simav ilçe merkezinde jeotermal enerji kullanımına 1993 yılında başlanmasıyla birlikte, olumlu yönde değişimler meydana gelmiştir. Öncelikle ısınma giderleri büyük ölçüde azalmıştır. Seracılık faaliyetleri ve termal turizm hareketleri jeotermal enerji kullanımıyla birlikte ivme kazanmıştır. Tablo 3.2.'de Simav'da jeotermal enerjinin kullanım alanları ve yıllara göre gelişimi verilmektedir (1997 yılı sonu itibarıyla).

Tablo 3.2: Simav'da Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları ve Yıllara Göre Gelişimi

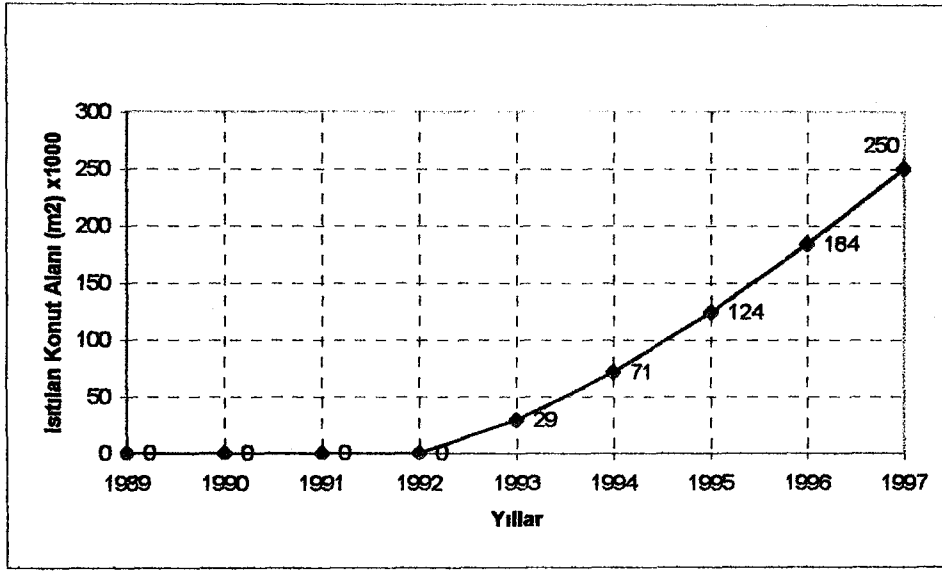
Yıllar	Isıtılan Konut Alanı m ²	Isıtılan Sera Alanı m ²	Termal Turizm (Yatak Kapasitesi)
1988	-	1.000*	-
1989	-	1.000	150 **
1990	-	1.000	200
1991	-	1.000	350
1992	-	1.000	480
1993	29.000	1.000	530
1994	71.000	7.000	600
1995	124.000	18.800	700
1996	200.000	32.950	700
1997	250.000	54.050	700

Kaynak: Simav Belediyesi Jeotermal Müdürlüğü

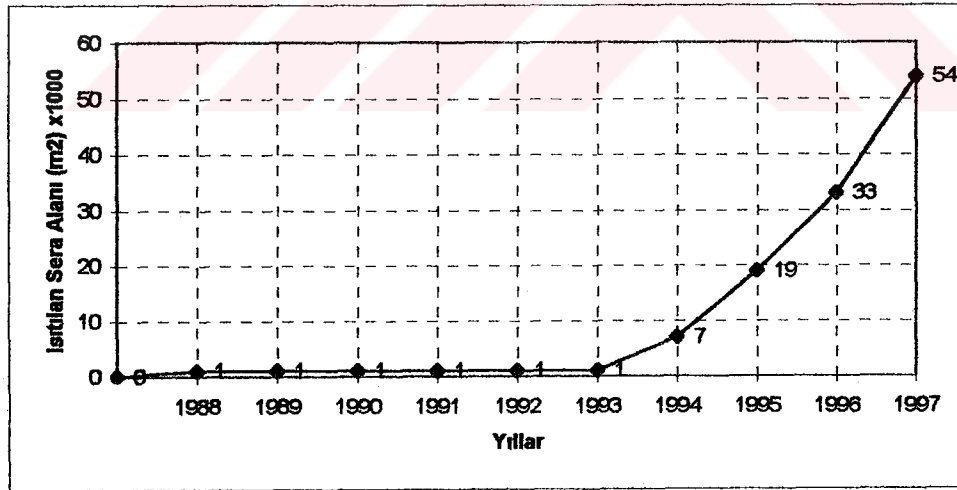
* Simav-Eynal bölgesinde jeotermal enerji ile deneme amaçlı olarak kurulan sera alanı

** Simav-Eynal termal tesisleri 1989 yılında Bakanlar Kurulu Kararıyla Türkiye'deki turizm bölgeleri kapsamına alınmıştır.

Simav'da jeotermal enerji ile ilk yıl 290 konut ısıtılmış olup, bu sayı her yıl artarak 1997 yılı sonunda 2500'e ulaşmıştır. Diğer enerji kaynakları kullanımına göre 1/6 ile 1/8 oranlarında daha ucuz olan jeotermal enerji, yenilenebilir ve çevre dostu olmasıyla da ayrı bir öneme sahiptir. Tablo 3.3.'de Simav'da jeotermal enerjinin ısıtmada uygulandığı 1993 yılından buyana (1997 sonu) jeotermal ısıtma maliyeti ile diğer ısıtma sistemlerinin işletme maliyetleri karşılaştırılmış olup, alternatif enerji kaynağı olan jeotermal enerjinin bölge ekonomisine katkıları belirlenmeye çalışılmıştır.



Grafik 3.1: Simav'da Konutların Isıtılmasında Jeotermal Enerji Kullanımının
Yıllara Göre Gelişimi



Grafik 3.2: Simav'da Sera Isıtmacılığında Jeotermal Enerji Kullanımının
Yıllara Göre Gelişimi

Tablo 3.3: Jeotermal Isıtma Maliyeti İle Diğer Isıtma Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Yıl	Isıtılan Konut Alanı m ²	Yıllık Isıtma Sistemleri Maliyeti (1.000 TL)				
		Elektrik	Fuel-Oil	Doğalgaz	Kömür	Jeotermal
1993	29.000	12.645.763	4.884.667	4.553.883	3.490.300	412.171
1994	71.000	43.949.710	16.983.200	15.759.160	12.173.660	1.417.046
1995	124.000	187.488.000	69.296.160	55.946.320	80.619.840	11.904.000
1996	200.000	544.684.000	203.636.000	162.207.360	143.700.000	24.192.000
1997	250.000	879.040.000	328.431.000	357.127.500	207.655.500	66.000.000

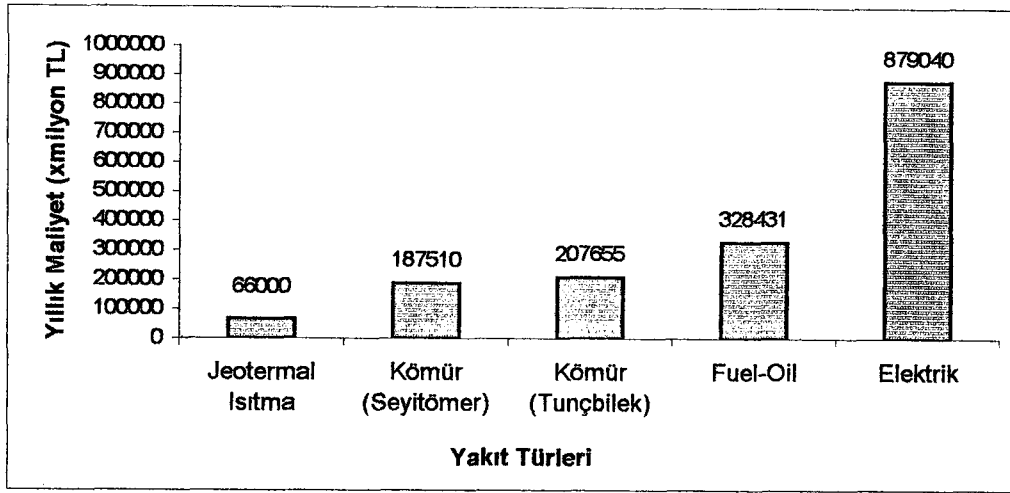
Kaynak: Orme Jeotermal, 1993/03,1994/02,1996 sayıları.

Yukarıdaki karşılaştırmalar sonucunda, Simav'da jeotermal enerji kullanımının diğer enerji kaynaklarına göre çok daha ucuz olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca jeotermal enerji kullanımı çevre, doğa, hava kirliliği, sağlık ve sosyal yönlerden de bölgeye önemli katkılar sağlamaktadır. Yöredeki insanlar bu sorunlarla mücadele için bireysel ve toplumsal olarak emek ve para harcamayarak temiz havada konforlu ve ucuz ısınma ortamında yaşama olanaklarını elde etmektedirler.

Tablo 3.2.'de görüldüğü gibi Simav ilçe merkezinde 1997 yılı sonunda 250.000 m² (2500 konut eşdeğeri)'lik konut alanı, jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılmaktadır. Bu alanın jeotermal enerji ısıtma maliyeti ile diğer ısıtma sistemlerinin işletme maliyetlerinin karşılaştırması Tablo 3.4.'de yapılmıştır.

Tablo 3.4: Simav'da Yıllık Jeotermal Isıtma Maliyeti İle Diğer Isıtma Sistemlerinin İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırması (1997 yılı için)

Elektrik Bazlı Isıtma	879.040.000.000 TL
Fuel-oil Bazlı Isıtma	328.431.000.000 TL
Kömür Bazlı Isıtma (Tunçbilek Kömürü İçin)	207.655.000.000 TL
Kömür Bazlı Isıtma (Seyitömer Kömürü İçin)	187.510.000.000 TL
Jeotermal Enerji İle Isıtma	66.000.000.000 TL



Grafik 3.3: Simav'da Yıllık Jeotermal Isıtma Maliyeti İle Diğer Isıtma Sistemlerinin İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırması (1997)

Simav'da jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi ile konutların ısıtılması kömür kullanımına göre 117,5 milyar TL, fuel-oil kullanımına göre 238,4 milyar TL, elektrik kullanımına göre ise 789 milyar TL yıllık yakıt tasarrufu sağlamaktadır (1997 yılı için). Bu sistem ile Simav'ın tamamı ısıtıldığında yaklaşık olarak 550-600 milyar TL/yıllık ısıtma giderlerinin başka yatırım alanlarında değerlendirilmesi mümkün olabilecektir. Jeotermal enerji kullanımının yöreye yapmış olduğu diğer olumlu katkı ise, devamlı olarak musluklardan akan sıcak su için ayrıca harcama yapılmamasıdır.

Jeotermal enerji ile ilçenin ısıtılması, alışılmış enerji kaynakları kullanımına göre önemli ölçüde sağladığı ekonomik katkının yanında artı dışsal faydalarda sağlamaktadır. Havayı ve çevreyi kirlüten, ekolojik dengeyi bozan fosil yakıt atıkları (zehirli gaz, is, toz, duman, kül, kurum, vb.) olmadığından, bunlarla mücadele için yapılan ekonomik, teknik ve zirai harcamalar başka alanlara kanalize edilebilmektedir.

Jeotermal enerjinin seraların ısıtılmasında da başarı ile kullanılması bölge ekonomisini olumlu yönde etkilemektedir. Mevcut olan 54 dekarlık seraların %98'inde hıyar, %2'sinde domates yetiştiriciliği yapılmaktadır. Yılda çift ve tek olmak üzere iki dönem ekim-dikim yapılmakta olup, ortalama birim dekar seradan 30 ton/yıl ürün alınmaktadır. 1997 yılı fiyat ortalaması 100.000 TL/kg olan sera ürünlerinin 1 dekarından 3 milyar TL/yıl gelir elde edilmektedir. Böylece; 54 dekar serada yetiştirilen ürünlerin satışından elde edilen gelir ile bölge ekonomisine yılda 160-165 milyar TL civarında bir katkı sağlanımı olmaktadır. Bu gelişmede, seracılığın gelecekte bölge için iyi bir gelir kaynağı olacağını göstermektedir. Tablo 3.5.'de

Simav'da jeotermal enerji ile ısıtılarak yapılan sera tarımının yıllar itibarıyla bölge ekonomisine katkıları verilmiştir.

Tablo 3.5: Simav'da Jeotermal Enerji İle Isıtılarak Yapılan Seracılığın Bölge Ekonomisine Katkıları (Yıllık)

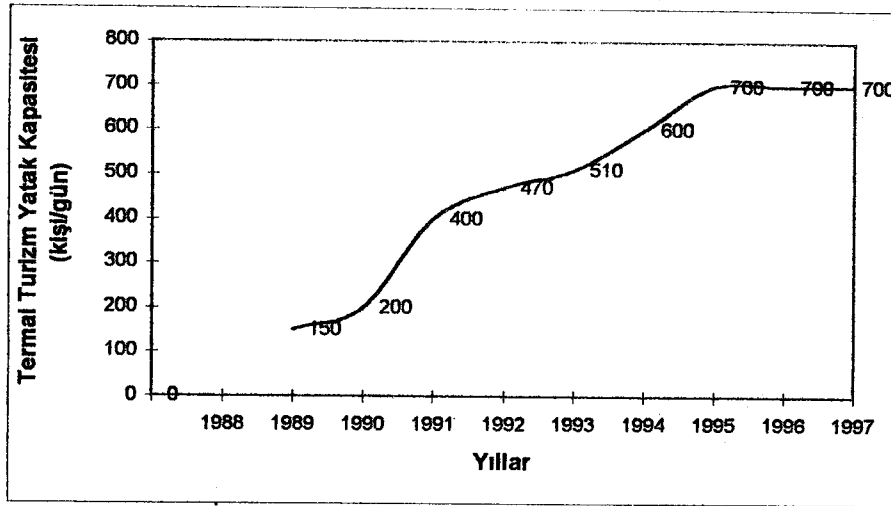
Yıllar	Jeotermal Enerji İle Isıtılan Sera Alanı (m ²)	Bölge Ekonomisine Yıllık Katkısı(TL)*
1994	7.000	3.150.000.000
1995	18.800	14.664.000.000
1996	32.950	46.459.500.000
1997	54.050	162.000.000.000

Kaynak: Simav Belediyesi, SİMSER A.Ş.

*Tahmini verilere göre hesaplanmıştır.

Tablo 3.5.'de görüldü gibi Simav'da jeotermal enerjiye dayalı seracılık hızla artmakta olup, 1997 yılı sonu itibarıyla bölge ekonomisine katkısı 162 milyar TL civarında gerçekleşmiştir. Akdeniz ve Ege kıyılarında yaygın olarak yapılan seracılık tarımı Simav ve çevresinde de hızla gelişerek, bölgenin ekonomik kalkınmasına ve istihdam sorununa önemli ölçülerde katkı sağlayabilecektir.

Simav'da jeotermal akışkanlardan termal turizm amaçlı olarakta faydalanılmaktadır. Kaplıca ve sağlık turizmine yönelik olarak faaliyet gösteren Eynal termal tesislerinin 1997 yılı sonu itibarıyla yatak kapasitesi 700 kişi/gün'dür. Tesislerin doluluk oranı %96 olup, 1 kişinin günlük konaklama masrafı 1.800.000 TL'dir(1997 Ortalaması). Bu durumda, Eynal bölgesindeki termal tesislerin yöre ekonomisine yıllık katkısı 450 milyar TL olarak gerçekleşmektedir (1997 yılı için). Turizm amaçlı olarak ilçeye gelen yerli ve yabancı turistlerin çeşitli ihtiyaçlarını gidermek için yaptıkları alış-verişlerde gözönüne alındığında, termal turizmin bölge ekonomisine yaptığı katkılar dahada artacaktır. Grafik 3.4.'de Simav-Eynal termal tesislerinin yıllar itibarıyla gelişimi verilmiştir.



Grafik 3.4: Simav'da Termal Turizm Yatak Kapasitesinin Yıllara Göre Gelişimi

Eynal termal tesislerindeki yatak kapasitesinin son yıllarda artış göstermediği anlaşılmaktadır. Doluluk oranının %96' larda seyrettiği bir tesisin hızla kapasitesini ve diğer sosyal etkinliklerini artırarak insan ihtiyaçlarına son teknolojik gelişmelerle cevap verebilmesi gerekmektedir. Mevcut tesislerin reorganizasyonu ve çevre düzenlemesi yapılarak, jeotermal akışkanlara dayalı sağlık tesislerinin (turizm, fizik tedavi, rehabilitasyon merkezi, vb.) bölgeye kazandırılması artan insan ihtiyaçlarını karşılayabilecektir. Böylece, termal turizm bölgenin sosyo-ekonomik kalkınmasında daha etkili olabilecektir. Tablo 3.6.'da Simav termal tesislerinin yıllara göre bölge ekonomisine katkıları verilmiştir.

Tablo 3.6: Simav-Eynal Termal Tesislerinin Yıllar İtibarıyla Bölge Ekonomisine Katkısı

Yıllar	Termal Turizm Yatak Kapasitesi (kişi/gün)	Bölge Ekonomisine Yıllık Katkısı(TL)
1989	150	518.400.000
1990	200	1.244.160.000
1991	350	3.870.720.000
1992	480	9.957.600.000
1993	530	23.385.600.000
1994	600	46.656.000.000
1995	700	108.864.000.000
1996	700	217.728.000.000
1997	700	435.456.000.000

Kaynak: Simav Belediyesi, Eynal Termal Tesisleri Müdürlüğü

Tablo 3.6'da da görüldüğü gibi, termal tesisler Simav ekonomisine önemli ölçülerde katkı sağlamaktadır. Tesislerin kapasitesi artırılarak, değişik amaçlı (günübirlik, dinlenme, sağlık, vb.) turizm hizmetleri verebilmesi ve her düzey ekonomik geliri olan kitlelere hitap edebilmesi durumunda, bu katkı dahada artarak bölgenin ekonomik gelişmesinde önemli rol oynayabilecektir.

Tarıma dayalı olan Simav ekonomisine, çeşitli alanlardaki jeotermal enerji kullanımından dolayı 1997 yılında 750-800 milyar TL arasında bir katkının olduğu anlaşılmaktadır.

Simav'daki konutların jeotermal enerji ile çok ucuza ısıtılması, ilçe merkezine olan göçleri hızlandırmıştır. Özellikle çevrediki kırsal yerleşmelerden olan göçlerin artması, konut fiyatlarının hızla yükselmesine neden olmuştur. Ayrıca, yurtdışında çalışan işçilerinde ilçe merkezinde konut satınalmaya yönelmeleri, bu yükselmeyi daha da hızlandırmıştır. Diğer yandan daha önce büyük kentlere göç etmiş bazı ailelerde Simav'a geri dönmeye başlamışlardır. Gerçekten de konutlarda devamlı sıcak suyun bulunması, ısınma harcamalarının düşük olması ve hava kirliliğinin azalması, ilçede yaşayan insanlara rahat bir yaşama ortamı sunmaktadır. İlçenin jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi ile ısıtmaya başlanması, çevredeki yerleşmeler içinde iyi bir örnek oluşturmuştur. İlk etapta, Çitgöl ve Naşa belde belediyeleri bu yönde çalışmalara devam etmektedir.

Simav ve çevresindeki çiftçiler, tarımsal alanda çok yönlü olarak faaliyet gösterdikleri için yeterli verim ve geliri sağlayamamaktadırlar. Oysa hedefi netleştirerek bir yönde kanalize olsalar daha başarılı olabileceklerdir. Bu bağlamda seracılığın hedef seçilmesi, amaca ulaşmak için en doğru seçim olacaktır. Çünkü jeotermal enerji, tükenmeyen bir kaynak olarak, seracılığın yapılamayacağı yerlerde yapılmasını sağlayarak hem tarım alanlarının daha rantabl kullanımına hemde yörenin kalkınmasına kader değiştirme ölçüsünde etki yapabilecektir.

Jeotermal enerji kullanımının yaygınlaşması Simav ve çevresinin sosyo-ekonomik kalkınmasında önemli etkiler yaratabilecektir. Halen konut ve sera ısıtmacılığında gelişme gösteren jeotermal enerji kullanımı, gelecekte endüstri kollarında, tarımsal faaliyetlerde, su ürünleri yetiştiriciliğinde ve diğer sahalarda kullanılarak hızla tükenen fosil yakıtların yerini alabilecektir.

3.3.2. Muradınlar Köyü ve Buradaki Fakülte Birimlerinin Jeotermal Enerji Merkezi Isıtma Sistemi İle Isıtılabileceğine Dair Örnek Çalışma

Bu çalışmada, Muradınlar köyü ve Fakülte birimlerinin jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılabilmesi araştırılmıştır. Jeotermal sahaya 1850 m. mesafede olan köy ve kampüsün ısı ihtiyacının karşılanabilmesi için gerekli olan yatırım bilgileri ve maliyetleri ilgili bayi ve firmaların bilgi ve görüşlerine başvurularak tespit edilmeye çalışılmıştır. Köyde anket yapılarak yıllık ısınma masrafları, evlerin yapı şekilleri, kullandıkları yakıt cinsi ve miktarı ortalama olarak belirlenmiştir. Çalışmanın devamında fosil yakıtların yıllık işletme maliyetleri, (köy ve kampüs için), jeotermal enerjinin yatırım maliyeti tespit edilmiş olup, ikisi arasında ekonomik ve sosyal açılardan karşılaştırma ve değerlendirme yapılmıştır.

Muradınlar köyünde yapılan çalışmalar neticesinde değerlendirmeye uygun elli adet anket formu belirlenmiştir. Bu bir anlamda 50 konutun ya da 150-200 kişinin ankete cevap verdiği (katıldığı) anlamına gelmektedir. Bu değerlendirmenin diğer çevre köylerde taşınıp genellenebileceği düşünülebilir. Buna göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

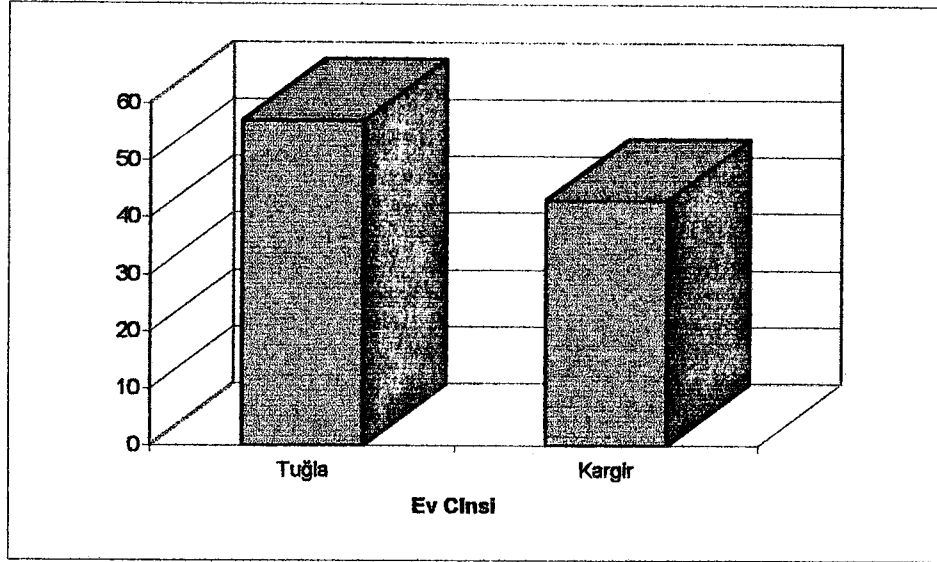
- Hane halkı sayısı ortalama 4 kişidir. Bu rakam Türkiye genelinde 4.5 olarak kabul edildiğine göre çalışma alanının yaklaşık olarak bu standarda yakın olduğu gözlenmiştir.

- Köy genelinde binalar tek katlı olarak inşa edilmiş olup, %57'si tuğla duvarlı, %43'ü ise kargir(yığma) duvarlıdır (Grafik 3.5).

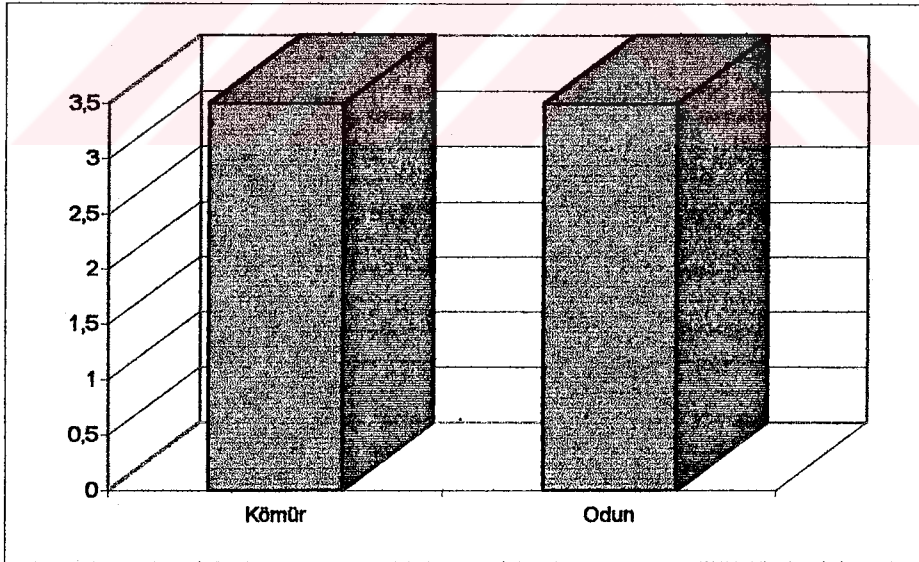
- Köyde ısınma, soba ile yapılmaktadır. Yakıt olarak yılda 3 ton odun 3 ton'da kömür tüketilmektedir (Grafik 3.6).

- Bir ailenin yıllık ısınma maliyeti 25-30 milyon TL' dir.(1997 Kış)

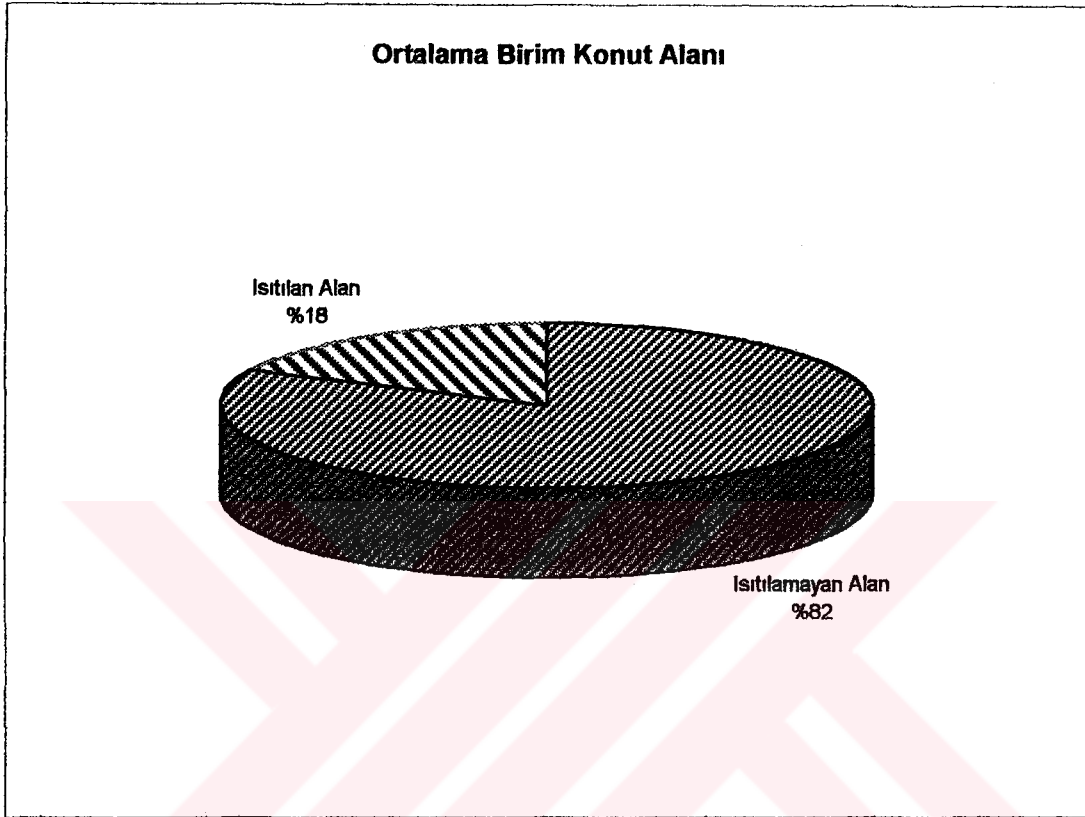
- Aylık olarak ortalama 2.5 milyon TL. yakıt masrafı yapan bir aile evinin ancak %18'ini ısıtabilmektedir (Şekil 3.7).



Grafik 3.5: Muradinlar Köyündeki Evlerin Yapı Cinsi



Grafik 3.6: Muradinlar Köyündeki Yıllık Yakıt Tüketimi



Grafik 3.7: Muradınlar Köyünde Ortalama Isıtılan Birim Konut Alanı

Bu sonuçlar da gösteriyor ki, fosil yakıtlar kullanarak soba ile ısıtma, hem masraflı hemde hacim olarak küçük bir alanı ısıtmaktadır. Köylerde odun kullanımı fazla olduğu için orman ve yeşil ağaç (kavak, söğüt vb.) tahribatı daha fazladır. Kömür kullanımı sonucunda meydana gelen hava kirliliği ve atıklar ise insan ve çevreye zararlı olmaktadır. Bütün bu gerçekleri göz önüne alarak; uygulaması ilçe merkezinde başarı ile gerçekleşen jeotermal enerji ile ısıtma sistemi en kısa zamanda çevre köylerde, konutlarda ve Fakülte binalarında hayata geçirilmelidir.

3.3.2.1. Örnek Çalışma Yapılan Bölgenin Jeotermal Enerji Merkezi Isıtma Sistemi

Sistemi, Eynal jeotermal sahasındaki yeni açılacak veya mevcut olan kuyulardan birisi besleyecektir. Kuyu başı pompaları frekans konverteri ile kontrol edilebilecektir. Bu pompalar aracılığı ile jeotermal su yaklaşık 1850 m'lik boru hattı ile jeotermal merkeze pompalanacaktır. Bu hat, Eynal - Muradınlar arasındaki güzergahtan geçecektir. Jeotermal akışkan poliüretan izolasyonlu cam boru (ithal) ile taşınabileceği gibi, siyah çekilmiş boru, galvanizli boru vb. yerli üretim boruların dışları izocam-köpük ve csp 2000 denilen malzemelerle izolasyon yapılarak daha ucuz maliyetle taşınabilir. Bu hatta ısı kaybı 1-5 °C arasında olabilir. Isı kaybındaki farklılık kullanılan malzemeye ve yapılan izolasyona göre değişmektedir. Yine bu hatta kullanılan malzemeye göre ısı uzama gerçekleşeceğinden belli aralıklarda kompensatör (ısı uzama parçaları) kullanılması gerekebilecektir.

Kampüs alanı girişinde bulunacak olan jeotermal merkeze, yaklaşık 90-95 °C olarak gelecek olan jeotermal akışkan, eşanjörde şebeke suyuna (soğuk suya) enerji naklini yaptıktan sonra 60-65 °C olarak geri çıkacaktır. Böylece kampüs alanındaki binaların ısıtılması için kapalı devre dolaşacak 70 °C'lik sıcak su elde edilmiş olacaktır. Eşanjörden çıkan su, köy girişindeki plate tip ısı eşanjörüne verilerek, kapalı devre soğuk suyun 50-55 °C ısıtılması sağlanacaktır. Köy girişindeki plate tip ısı eşanjöründen çıkan yaklaşık 30-35 °C sıcaklığındaki jeotermal akışkan tekrar reenjeksiyon kuyusuna gönderilecektir. Kampüs ve köy sirkülasyon pompaları ısı yüküne ve dış hava sıcaklığına bağlı olarak frekans konverteri aracılığı ile çalışacak ve devirleri (debi-basınç) otomatik olarak ayarlanabilecektir.

3.3.2.2. Örnek Çalışma Yapılan Bölgenin Jeotermal Enerji Merkezi Isıtma Sistemi İle Isıtılabilmesinin Yatırım Maliyeti

A- Kuyubaşı bölümü :

1) Kuyubaşı Pompası

120 m ³ /h 1400 dev./dk. santrafütj pompa	1 ad	150.000.000 TL
2) Ø200 mm. Döner flanşlı kompensatör	1 ad	51.000.000 TL
3) Ø200 mm. Sürgülü vana	3 ad.	80.000.000 TL
4) Ø 200 mm. Çekvalf	1 ad	49.000.000 TL
5) Ø 200 mm. Flanş	10 ad	48.000.000 TL
6) Ø 200 mm. Filtre	1 ad	51.000.000 TL
7) Termometre	2 ad	1.100.000 TL
8) Manometre	2 ad	1.100.000 TL
9) Elektrik panosu	-	300.000.000 TL
Toplam		731.200.000 TL

B- Jeotermal Enerji Nakil Hattı:

1) Ø 200 mm Çekilmiş siyah soru veya

Galvanizli boru 1850 m 4.070.000.000 TL

2) İzolasyon malzemesi

(izocam veya köpük+csp 2000) 4.625.000.000 TL

3) Ø200 mm Kompansatör(ısıl uzama için) 18 ad. 900.000.000 TL

Toplam 9.595.000.000 TL

C- Jeotermal Su Reenjeksiyon Boru Hattı:

1) Ø 200 mm. İzolasyonsuz çekilmiş siyah boru

2 Atü, 1850 m x 2.200.000 TL/m

4.070.000.000 TL

D- Jeotermal Enerji Merkezi Isıtma Dairesi:

1) Plate tip ısı eşanjörü

AISI 316, 125 m²,

1 ad.(büyük boy)

9.600.000.000 TL

2) Ø200 mm. Vana (DIN 3352/4)

2 ad

9.392.800 TL

3) Ø 200 mm. Flanş

4 ad

8.835.600 TL

4) Ø 60 ton/h gücünde santrafuj pompa 1 ad

120.000.000 TL

5) Ø 200 mm.Filtre

1 ad

60.500.000 TL

6) Ø200 mm.Çekvalf (DIN3232)

1 ad

43.875.000 TL

7) Kapalı genleşme tankı

(3 ton kapasiteli)

1 ad

308.848.000 TL

8) Komprasör 3m³/h

1 ad

518.631.000 TL

9) Elektrik panosu ve sistemi

-

650.000.000 TL

Toplam 11.320.082.000 TL

E- Kazı ve İnşaat

1) 1850.000 x 1.00 x 2.00 = 370.000 m³

15.001/2.B.Mak.ile her derinlikte yumuşak ve

sert toprak kazılması

257.025.000 TL

2) Analiz toprak nakli (3.000.000 m³)

331.087.000 TL

3) Kuyubaşı binası 40 m²

600.000.000 TL

4) Eşanjör binası 100 m²

1.400.000.000 TL

Toplam: 2.588.112.000 TL

GENEL TOPLAM : 28.304.394.000 TL

Isıtmada Fosil Yakıt Kullanıldığında Yıllık İşletme Giderleri

Yıllık yakıt sarfıyatı :¹⁵³

$$B_y = (Q_k \cdot Z_g \cdot Z_y) / (2 \cdot H_u \cdot \eta_k)$$

Q_k : Kazanın ısı kapasitesi. Kcal/h

Z_g : Günlük çalışma süresi, saat.

Z_y : Yıllık çalışma süresi, gün.

H_u : Yakıtın alt ısı değeri. Kcal/kg.

η_k : Kazanın verimi, % olarak belirlenir.

Yakıtın alt ısı değeri :

Linyit kömürü : 2.000-5500 Kcal/kg

Fuel-oil : 10.000 Kcal/kg

Kazan verimleri :

Linyit kömürü için : 0,60 - 0,65

Fuel-oil için : 0,75 - 0,80

¹⁵³ Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Teknik Esasları, TMMOB Makina Müh.Odası Yay.No:84, İstanbul, 1989, s.39.

Linyit kömürü için yıllık yakıt sarfiyatı :

$$By = (Q_k \cdot Z_g \cdot Z_y) / (2 \cdot H_u \cdot \eta_k) = \text{kg/yıl}$$

$$By = (1.875.000 \cdot 14 \cdot 150) / (2 \cdot 5000 \cdot 0.60)$$

$$By = 656.250 \text{ kg/yıl}$$

1 kg linyit kömürünün fiyatı : 8.000 TL. (şubat 1997)

$$656.250 \times 8000 = 5.25 \times 10^9 \text{ TL/yıl}$$

Fuel-oil için yıllık yakıt sarfiyatı

$$By = (Q_k \cdot Z_g \cdot Z_y) / (2 \cdot H_u \cdot \eta_k) = \text{Kg/yıl}$$

$$By = (1.875.000 \times 14 \times 150) / (2 \times 10.000 \times 0,75)$$

$$By = (3.9375 \times 10^9) / (15.000)$$

$$By = 262.500 \text{ kg/yıl}$$

1 kg Fuel-oil (kalorifer yakıtı) 34.300 TL. (şubat 1997)

$$262.500 \times 34.300 = 9.003.750.000 \text{ TL/yıl}$$

Not : Yukarıdaki çalışma, DPÜ Simav TEF kampüs alanında yapılmakta olan 18.750 m² 'lik kapalı alanın 1.875.000 kcal/h'lik ısı ihtiyacını karşılayabilmek için yapılmıştır. Yatırım bilgileri ve diğer bilgiler için yapılan fiyatlandırmalar 15 Mart / 15 Nisan 1997 tarihleri arasındaki malzeme fiyatlarına göre dir. (1 Dolar = 132.560 TL.)

3.3.2.3. Örnek Çalışma Yapılan Bölgede Fosil Yakıt Kullanımı ile Jeotermal Enerji Kullanımının Mukayesesi

Alışılmış enerji kaynağı olan fosil yakıtları insanoğlu yıllardan beri kullanarak enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Ancak tükenebilir olması ve maliyetlerindeki yükseliş, araştırmacıları alternatif enerji kaynakları arayışına yöneltmiştir. Dünyanın çeşitli ülkelerinde yıllardan beri kullanılmakta olan jeotermal enerji son on yıldır ülkemizde de kullanılır hale gelmiştir. Bunun en güzel örneğinde Simav'dır. Simav ilçe merkezinin 1/3'ü jeotermal enerji ile halen ısıtılmakta olup, hızla tamamı ve çevresindeki yerleşim birimleri (Kasaba, Köy ve Konutlar) nin ısıtılması çalışmaları sürdürülmelidir. İlçeye yeni yapılmakta olan Fakülte birimlerinde, yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen jeotermal enerji ile ısıtılması gerekmektedir. Çünkü; jeotermal enerjinin diğer enerji kaynaklarına göre işletme maliyeti çok ucuzdur. Bu konunun daha iyi anlaşılabilmesi için jeotermal enerji ile fosil yakıt kullanımının mukayesesini maddeler halinde yapmaya çalışalım ;

Jeotermal Enerji Kullanımı

Fosil Yakıt Kullanımı

- Yatırım maliyeti yüksek	-Yatırım maliyeti düşük
- İşletme maliyeti çok düşük	- İşletme maliyeti yüksek
-İhtiva ettiği zehirli gazlar ve atık maddelerle hava kirliliğine neden olmuyor.	-Havayı kirleten, atık madde ve zehirli gazlar içeriyor.
-Günün 24 saatinde ısıtma yapılabiliyor sıcak su eldesi sağlanıyor.	- Normalde günün 14 saatinde ısıtma yapılabiliyor, daha fazla kullanımı ve sıcak su eldesi için artı maliyet gerektiriyor
-Yenilenebilir, yani tükenmeyen özelliğe sahip.	- Yenilenemeyen, sürekli tükenen özelliğe sahip,
-Kullanıldığı ortamda rahatlığı ve konforu sağlıyor.	-Kullanıldığı ortamda meydana getirdiği hava kirliliği nedeniyle insan ve bitkilere zarar veriyor.
-Spor tesisleri içerisindeki yüzme havuzlarının ısıtılması, Fakülte ve Yüksekokulun uygulama alanları olacak sera, ağaç kurutma, balık çiftlikleri vb alanlarda kullanılabilir olması.	- Fosil yakıtlarla bu ve benzeri ihtiyaçların giderilmesinin mümkün olmaması veya çok zor olması.

Simav Teknik Eğitim Fakültesi kampüs alanındaki binaların jeotermal enerji ile merkezi olarak ısıtılabilmesi için yaklaşık olarak 28-30 milyar TL civarında yatırım maliyeti gerekmektedir. Ancak, işletme maliyeti (elektrik, işçilik, kimyevi madde, bakım-onarım vb.) çok düşük olduğu için kullanılabilir en uygun ve ucuz enerji kaynağıdır. Söz konusu kompleksin ısı ihtiyacını fosil yakıtlarla karşılayacağımızı düşünürsek 3-4 milyar TL'lik yatırım maliyeti ile gerçekleştirmek mümkün olabilir. Ancak, işletilmesinde yakıt olarak, linyit kömürü kullandığımızda yaklaşık 5.5 milyar TL/yıl, Fuel-oil kullandığımızda ise 9 milyar TL/yıl sarfiyat gerçekleşecektir.

Görülüyor ki; 5,4 yılda yapacağımız kömür sarfiyatı ile veya 3,3 yılda yapacağımız fuel-oil sarfiyatı ile jeotermal enerjinin yatırım maliyetini karşılamak mümkün olabilecektir. Aynı şekilde Muradınlar köyündeki bir ailenin yakıt sarfiyatı'da 25-30 milyon TL/yıl'dır. Bu maliyetle ısıtılabilen birim konut alanı ise 18-20 m² (bir oda)'dir. Jeotermal enerji ile merkezi olarak ısıtılırsa yıllık yakıt masrafı 15-20 milyon TL. civarında olacağı gibi konutların, hayvan barınaklarının tamamı ısıtılabilir, devamlı sıcak su musluklardan akabilecektir. Yani Muradınlar köyü ve Fakülte birimleri'nin jeotermal enerji ile merkezi olarak ısıtılması bugün ve gelecek için ekonomik ve sağlıklı bir yatırım olarak düşünülmelidir.

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Türkiye’de, konvansiyonel enerji kaynaklarının yerine geçebilecek ve geleceğin enerji sorununa çözüm getirecek yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması, bulunması ve bunlardan yararlanılması konusunda planlı bir çalışma içine girilmelidir.

Türkiye, jeolojik ve coğrafi konumu nedeniyle çok zengin jeotermal kaynaklara sahiptir. Bu kaynakların, enerji gereksinimi olan tarımsal, ekonomik, ulaşım ve yerleşim kuşakları üzerinde yer alması, bu enerjiden daha ekonomik bir biçimde yararlanılmasına olanak sağlayacaktır.

Jeotermal kaynaklardan elektrik üretmek için yüksek sıcaklıklı sistemler öncelikle araştırılırken, düşük ve orta sıcaklıklı sistemlerden de, konut ısıtma, sera ısıtma, termal turizm, endüstriyel ve kimyasal alanlarda etkin olarak yararlanılmalıdır. Geleceğin enerji sorununa çözüm getirecek, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları için ticari ve ekonomik gelişmeye olanak sağlayacak bir jeotermal yasaasının vakit geçirilmeden çıkarılması ise, büyük önem taşımaktadır.

Jeotermal enerji uzun ömürlü olup, maliyeti diğer konvansiyonel enerji kaynaklarına göre çok daha ucuzdur. Bu enerjinin çok yönlü kullanılması durumunda, fosil enerji kaynaklarından büyük ölçüde tasarruf sağlanabilecektir.

Simav, Türkiye’de jeotermal enerji ile kentlerin ısıtılabilmesinin mümkün olduğunu göstermesi açısından tipik bir örnektir. Halen ilçe merkezindeki konutların önemli bir bölümü, jeotermal enerjiden yararlanılarak ısıtılmakta ve diğer konutlarında bu yolla ısıtılması çalışmaları devam etmektedir. Özellikle kentlerde hava kirliliğinin önemli bir sorun olduğu günümüzde, Simav örneğinin önemi dahada artmaktadır. Simav ilçe merkezinde jeotermal enerjinin, konutların ısıtılmasında ve sıcak su ihtiyacının karşılanmasında başarıyla kullanılması, bu enerji potansiyeline sahip bölgeler için güzel bir örnek oluşturmaktadır.

Simav’da jeotermal enerjiden seraların ısıtılmasında da yararlanılması ve mevcut seralardan iyi gelir sağlanması, gelecek için ümit vermektedir. Özellikle yörenin ekonomik açıdan kalkınmasında, seracılığın önemli rol oynaması beklenmektedir.

Jeotermal enerjinin dünyadaki birçok ülkede yıllardır kullanılmasına rağmen, Türkiye’de sadece kaplıca turizmi amacıyla kullanılması oldukça düşündürücüdür. Ancak, son on yıldır bu enerji kaynağından yararlanma çalışmaları büyük oranda jeotermal potansiyele sahip olan ülke için sevindirici bir gelişme olmuştur.

Jeotermal enerji kullanımı ve merkezi ısıtma ile ilgili öneriler maddeler halinde şöyle sıralanabilir;

- Türkiye yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal enerjiden maksimum seviyede faydalanmalıdır.

- Hükümetler enerji politikalarında jeotermal enerjiye daha fazla önem vererek, yerel yönetimlere proje ve kredi bakımından yardımcı olmalıdırlar.

- Alışılmamış enerji kaynağı olan jeotermal enerji kullanımının sağlıklı, ekonomik, konforlu olduğu halka anlatılmalıdır,

- Jeotermal enerji, bilimsel ve teknik olarak daha iyi anlaşılabilmesi için Üniversite düzeyinde ele alınmalıdır,

- Uygulamada; Jeotermal enerji mühendisliği öğrenimi görmüş kişilerin başkanlığında jeofizik, jeoloji, makina, inşaat mühendislerinden oluşan Ar-ge ve bakım ekibi oluşturulması gerekmektedir.

- Jeotermal enerji nakli yapılan boru güzergahlarının hertürlü toprak kayması vb. tehlikelerden etkilenmeyecek şekilde belirlenmesi son derece önemlidir,

- Kuyu-Jeotermal Merkezi ve Jeotermal merkezi-şehir içi boruları, çelik çubuklu betondan yapılan kapaklı U tipi betonarme kanallara altı, üstü ve yanları yumuşak zemin oluşturularak döşenmelidir,

- Enerji naklinde kullanılan boru çaplarının belirlenmesinde yükseklik, alçaklık, debi, basınç, mesafe gibi faktörler hassasiyetle dikkate alınmalıdır,

- Yeraltı boru hatlarında meydana gelebilecek su kaçağı, ısı kaybı vb. arızaların tespiti için özel cihazlar temin edilmelidir,

- Yeni yapılan konut ve işyerlerinin çok katlı, ısı yalıtımlı ve güneş mimarisine uygun olarak inşa edilmesi enerji tasarrufu sağlayacaktır,
- Jeotermal enerjinin endüstriyel ve kimyasal alanlarda da kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

Yapılan çalışmada Simav bölgesindeki jeotermal enerji kaynağı incelenmiş olup, bölge ekonomisine etkileri saptanmış ve örnek bölge çalışması yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda jeotermal enerjinin fosil enerji kaynaklarına göre yatırım maliyetinin yüksek olabileceği, ancak işletme maliyetinin çok düşük olması nedeniyle değişik alanlarda (konut, sera ısıtmacılığı, termal, kaplıca ve sağlık turizmi, endüstriyel alan vb.) teknolojik yöntemlerle uygulanmasının ekonomik olacağı sonucuna varılmıştır.



KAYNAKÇA

- AKKUŞ F., ŞİMŞEK Ş., "Jeotermal Enerji ve Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli", **Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Dergisi**, No:27, Ankara,1982.
- AKKUŞ F., "Türkiye'de Jeotermal Enerji ile Konut ve Sera Isıtılmasında Yeni Gelişmeler", **Türkiye 5. Enerji Kongresi Tebliğleri**, 1990.
- AKKUŞ F., **Present Status and Propectives of Geothermal Energy Use in Agriculture**, Some Comments and Proposals; **FAO/CNRE Bulletin** No:21,1988.
- BAŞARIR Nilgün, "Türkiyedeki Jeotermal Isıtma Uygulamaları, Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemlerinin Teknolojisi ve Ekonomik Değerlendirmesi", **Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu**, Denizli,1994.
- BAŞÇETİNÇELİK Ali, **Enerji Koruma ve Yenilenebilir Enerji**, Temav Yayınları I, Adana,1986 .
- "Jeotermal Enerjide Sera Ekonomisi", **Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu** 27-30 Eylül, Pamukkale Üniv.,Denizli, 1994.
- Bilim Teknik Dergisi**, Ağustos,1990 Sayısı.
- Bizim Simav Dergisi**, Sayı: Temmuz-1992
- CULP, A.,W., **Principles of Energy conversion**, Mc Graw-Hill Inc, Singapore,1991.
- D. Freeston, **World Geothermal Congress'95**, Contry Reports-Direct Uses of Geothermal Energy.
- Enerji Politikası 2 Veriler**, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara,1984.
- ERDOĞAN Hayri, "Jeotermal Enerji Kullanımı ile Seracılığın Avantajları", 31 Mayıs 1 Haziran **Simav 2.Seracılık Sempozyumu**, Simav,1997
- (Bildirisi Yayınlanmamış)

ERİŞEN Bilge, "Jeotermal Enerji Kullanımı ve Türkiye'deki Durumu", **Jeomorfoloji Dergisi**, Sayı:15, Türkiye Jeomorfoloji Derneği Yayınları, Ankara,1987.

ERİŞEN Bilge, ve Diğerleri, Simav-Eynal (Kütahya) Jeotermal Alanı, Eynal-2, Eynal-3, **Kuyu Bitirme Raporu**, Ankara,1985.

EŞDER Tuncer, "Jeotermal Kaynaklardan Elektrik Üretimi", **Bilim Teknik Dergisi**,Tübitak Yayınları, Sayı: Ağustos,1990.

G.W. Hutteer, **World Geothermal Congress'95**, Country Reports-The Status of World Geothermal power production, 1990-1994.

Geothermal Resources Council Bulletin, July/Agust 1990 (USA).

Geothermal Resources Council Bulletin ,1985-1990.

GÖKSU Ekrem, **Enerji Kaynakları I**, İstanbul Tek.Ünv.Yayınları, İstanbul,1986.

İNCECİK Selahattin, **Hava Kirliliği**, İstanbul Tek. Ünv Yayınları, Yay.No:1539, İstanbul,1994.

JOHN Stenior, Gudmundsson Stanford University, Calif. USA.Geothermal Resources Council Bulletin, Sept,1985.

KARAKUYU Metin, "Temiz Çevre, Hava ve Ucuz Isı", **Simav Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi**, Simav, 1994.

KETİN İhsan, **Türkiye Jeolojisine Genel Bakış**, İstanbul Tek.Ünv.Vakfı, Kitap Yay.No:32,İstanbul, 1983.

KURAL Orhan, ÖZCAN A.N., **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi**, Cilt;5, Sayı:1, Mayıs,1982.

MERTOĞLU Orhan, BAŞARIR Nilgün, "Jeotermal Isıtmadaki Gelişmeler ve Sistemler", **Uluslararası Enerji, Teknoloji ve Tesisat Dergisi**, Sayı: Mayıs/Haziran-1994.

Türkiye'deki Jeotermal Isıtma Uygulamaları, 1. Kızıldere Jeotermal Sahasından Denizli il Merkezinin Isıtılabilirliği ve Sorunları Paneli, Denizli,1994.

MERTOĞLU Orhan, MERTOĞLU Mehmet, "Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemlerinin Çevreye Müspet Katkısı", **Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu**, Denizli, 1994.

ORME JEOTERMAL, "Jeotermal; Çevre Dostu, Yeşil Enerji", Ankara, 1996.

ORME JEOTERMAL Ucuz Isınma, Temiz Hava İçin; Jeotermal Merkezi Isıtmanın **Dünyada ve Türkiye'deki Durumu ve Ekonomisi**, Yay.No: 93/03, Ankara, 1993.

ORME JEOTERMAL Ucuz Isınma, Temiz Hava için; Jeotermal Merkezi Isıtmanın **Dünyada ve Türkiye'deki Durumu ve Ekonomisi**, Yayın No: 94/02, Ankara, 1994.

ORME JEOTERMAL Ucuz Isınma, Temiz Hava için ;**Jeotermal Merkezi Isıtmanın Önemi ve Jeotermal Akışkanların Termal Turizmde Kullanılması**, Ankara, Yayın No: Kasım ,1996.

ÖZAV Lütfü, "Türkiye'de Jeotermal Enerji İle Kentlerin Isıtılabileceğine Örnek; Simav", **Türk Kültürü Dergisi**, Sayı: Ekim- 1995, Ankara.

POPVSKI K., **Geothermal Energy**, FAO/REUR Technical Series 3, 1988.

Present Status of the Use of **Geothermal Energy** in European Agriculture; FAO/CNRE Bulletin, No:21, 1988.

SERPEN Umran, "Fosil Yakıtsız Yaşamda Jeotermal Enerji", **Bilim Teknik Dergisi**, Tübitak Yayını, Sayı:339, Şubat, 1996.

Simav Belediyesi

Simav Belediyesi Eynal Kaplıcaları İşletme Müdürlüğü.

Simav Belediyesi, Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi, **Yatırım, Teknik, Ekonomik Fizibilite Raporu**, Orme Jeotermal, Ankara, 1993.

Simser Seracılık, Termal Turizm ve Ticaret A.Ş. Simav Jeotermal Sera Yatırımı, **Teknik ve Ekonomik Fizibilite Raporu**, Orme Jeotermal, Ekim, 1993.

STERN A.C., **Air Pollution, The Effects Of Air Pollution**, Mc Graw Hill Co (1977).

ŞAHİNCİ Ali, **Jeotermal Sistemler ve Kimyasal Özellikleri**, İzmir, 1991.

ŞAMİLGİL Erman, "Dünyada ve Türkiye'de Jeotermal Enerji"; **Makina Mühendisleri Odası Mühendislik ve Makina Dergisi**, Enerji Özel Sayısı, Ankara, 1973.

Jeotermal Enerji, Yıldız Teknik Üniv.Kocaeli Müh.Fak.Jeoloji Müh.Böl. Yayınları, Sayı; 262, İstanbul, 1992.

T.M.M.O.B.Makina Mühendisleri Odası Kalorifer Tesisatı **Proje Hazırlama Teknik Esasları** 8.Baskı, Yayın No: 84, İstanbul, 1984.

Türk Kültürü Dergisi, Türk Kültürünü Araştırma Enstitüsü Yayınları, sayı;390, Ankara, 1995'den naklen; DOĞANAY H., **Enerji Kaynakları**, Atatürk Üniv. Yayınları, Yay.No:707, Erzurum, 1991.

Türk Kültürünü Araştırma Enstitüsü Yayınları, sayı;390, Ankara, 1995'den naklen; ERER, S., "**Simav Deprasyonu ve Çevresinin Jeomorfolojisi**", İstanbul Üniv.Edebiyat Fak.Yayın No:2028, Coğrafya Enst.Yayın No: 86, İstanbul-1977.

Türk Kültürünü Araştırma Enstitüsü Yayınları, sayı;390, Ankara, 1995'den naklen; TUNCEL M., DOĞANER S., **Kütahya'da Kaplıca Turizmi**, Ege Üniv. Edebiyat Fak. Ege Coğrafya Dergisi, Sayı:6, İzmir, 1992.

Türk Kültürünü Araştırma Enstitüsü Yayınları, sayı;390, Ankara, 1995'den naklen; VARLIK Ç., **Germiyanogulları Tarihi**, Atatürk Üniv. Yay. No:288, Ed.Fak. Yay. No:57, Ankara, 1974.

Türkiye 6. Enerji Kongresi Tebliğleri, İzmir, 17-22 Ekim 1994.

UYSALLI Hakan, "İzlanda Jeotermik Enerji Kaynakları ve Bundan Yararlanma Şekilleri", **M.T.A.Enstitüsü Dergisi**, Sayı: 76, Ankara, 1971.

ÜLTANIR Özcan, "Jeotermal Sera Isıtma Sistemlerine İlişkin Tarımsal Parametrelerin Belirlenmesi", **Termodinamik Aylık Dergisi**, Ankara, Şubat, 1995.

EK-1

**MURADINLAR KÖYÜNÜN FAÜLTE BİRİMLERİYLE BİRLİKTE JEOTERMAL
ENERJİ MERKEZİ ISITMA SİSTEMİNE GÖRE ISITILMASI İLE İLGİLİ
YAPILACAK ÇALIŞMALAR İÇİN GEREKLİ ANKET FORMU**

1. Mahalle-cadde-sokak adı :
2. Hane halkı sayısı :
3. Ev cinsi : ☐ Kargir
☐ Tuğla duvarlı
4. Binadaki oda sayısı :
5. Eviniz kaç m²' dir :
6. Evinizi neyle ısıtıyorsunuz ☐ Soba
☐ Elektrik
☐ Kalorifer
7. Soba veya Elektrikle Evinizin kaç m²'sini ısıtıyorsunuz? :
8. Isınmak için yılda kaç ton odun-kömür yakıyorsunuz? :
9. Geçen kış sezonu kaç para ısınma masrafı yaptınız? :
10. Kullanma suyunu(banyo,çamaşır,bulaşık vb.) neyle ısıtıyorsunuz? : ☐ Odun
☐ Tüp
☐ Elektrik
11. Anketi dolduranın adı soyadı

Not: 1- Size uygun olan kutuyu X ile işaretleyiniz.
2- Bu formun hiçbir bağlayıcı yanı yoktur.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**