

## KENTİMİZDE JEOTERMAL ENERJİNİN ANLAMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Servet YILMAZER  
servetyilmazer@ttmail.com

### 1. GİRİŞ

Su, hava ve toprak gibi enerji de hayatın vazgeçilmezlerindedir. Enerji kaynakları çeşitliliği olarak; petrol ve doğalgaz, maden kömürü ve linyit, hidrolik, odun ve tezek, yenilenebilir enerji kaynakları sayılabilir. Temiz ve çevre dostu olan yenilenebilir enerji kaynakları olarak rüzgâr, güneş, biyomas, hidrojen ve jeotermal enerji sayılabilir. Jeotermal enerjinin kabuklaşma, reenjeksiyon, taşınması ve pompalanması ile yeraltından alınması gibi pek çok sorunun aşılması bu enerjiye olan talebi artırmıştır.

Türkiye jeotermal enerji potansiyelinin yaklaşık %70'inin Ege Bölgesi'nde bulunması bölgenin öneminin ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, M.T.A.'nın yapmış olduğu araştırma verilerinden büyük oranda istifade edilmiştir. Ayrıca şirketimizin yaptığı çalışmalardan da yararlanılmıştır.

### 2. JEOTERMAL ENERJİNİN OLUŞUMU VE KULLANIM ALANLARI

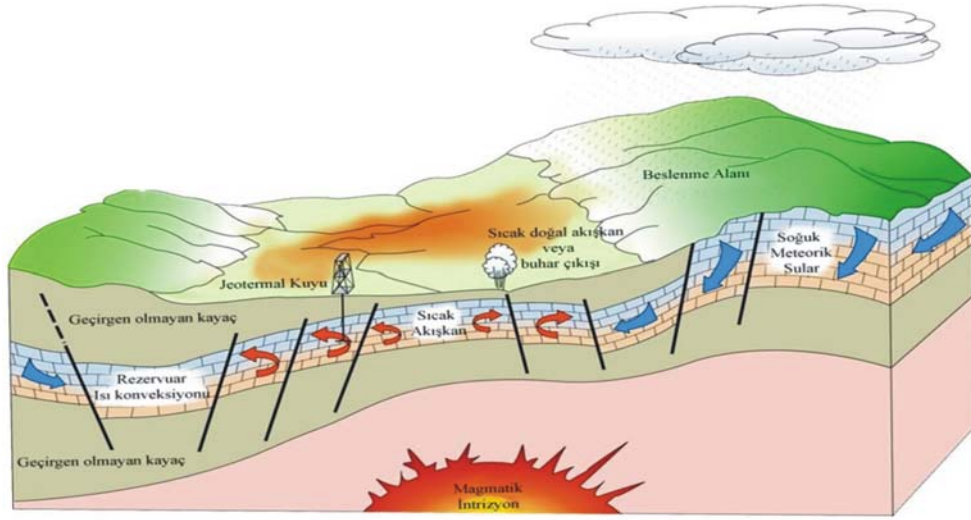
Jeotermal enerjinin önemli bir kaynak olduğu oldukça açıktır. Daha önce de belirtildiği gibi yer ısı kaynakları magma enerjisi, ekzotermik tepkimeler, radyoaktif bozunmalar ve güneş ışınlarıdır. Normal olarak yerin derinliklerine doğru sıcaklık artar. Belirlenen ortalama değer 30 °C/km'dir. Buna rağmen arz gradyanı her tarafta aynı değildir. Bazı bölgelerde bu değer 10 katı kadar jeotermal gradyanlar tespit edilmiştir. Bu tür yüksek gradyanlı yerler genellikle yer kabuğunun incelendiği zayıflık zonlarıdır. Genel olarak zayıflık zonlarına magmatik sokulmalar olabilmektedir.

Okyanus tabanları, okyanus ortası sırtlar, ada yayları, dalma batma zonları ısı akısının çok olduğu, ısının kondüksiyon ve konveksiyon yaptığı yerlerdir. İşte ısı kaynağının bu şekilde olduğu jeotermal enerji yerin merkezinden yer kabuğuna doğru yükselir. Bu şekilde yeryüzüne doğru yükselen ısı yer kabuğunun üst zonlarında yeraltı sularını ısıtarak jeotermal kaynakları oluşturur (Şekil-1).

Jeotermal Enerji; yer kabuğunun derinliğinde oluşan, doğal olarak veya sondajlar vasıtası ile yukarı çıkarılan ve ekonomik olarak kullanılabilen yer ısı enerjisidir.

Yeraltında oluşan jeotermal enerjinin kaynağı;

- Yer kabuğu içinde oluşan ekzotermik tepkimeler,
- Radyoaktif madde bozunmaları,
- Fayların ortaya çıkardığı sürtünme enerjisi,
- Ergimiş kayaların soğuması ile ortaya çıkan kristalleşme ve katılaşma ısıları,
- Magmadan çıkan çok sıcak gazların akiferler içerisinde sızmaları, şeklinde olabilmektedir.



Şekil 1. Jeotermal Enerjinin Oluşum Modeli

Jeotermal enerjinin önemini ortaya koyan, diğer enerji kaynaklarına göre farkını belirleyen üstünlükleri şunlardır:

- Yenilenebilir ve sonsuz ömürlüdür.
- Isı ve elektrik enerjisine dönüşümü kolaydır.
- Jeotermal enerji diğer enerjilerden ucuzdur.
- Çevre kirlenmesi yok denecek kadar azdır.
- Jeotermal tesislerin bakımı kolay ve ucuzdur.
- Jeotermal enerji kısa süreli meteorolojik olaylardan etkilenmez.
- Jeotermal enerji yüksek teknoloji gerektirmez.
- Jeotermal enerji milli enerjidir.
- Jeotermal enerjinin sağlık ve turizm sektörüne önemli katkıları vardır.
- Jeotermal enerji temiz enerjidir.
- Jeotermal enerji çevre dostudur. CO<sub>2</sub> emisyonu jeotermal enerjide en azdır.

Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları (Linda, B., 1973)

- 180 °C: Yüksek konsantrasyon solüsyonun buharlaşması,
- 170 °C: Hidrojen sülfid yolu ile ağrsu eldesi, Diyatomitlerin kurutulması,
- 160 °C: Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması,
- 150 °C: Bayer's yolu ile alüminyum eldesi,
- 140 °C: Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (Konservecilikte),
- 130 °C: Şeker endüstrisi, tuz eldesi,
- 120 °C: Temiz su eldesi, Tuzluluk oranının arttırılması,
- 110 °C: Çimento kurutulması,
- 100 °C: Organik maddeleri kurutma (Yosun, et, sebze vb.). Yün yıkama ve kurutma,
- 90 °C: Balık kurutma,
- 80 °C: Ev ve sera ısıtma,
- 70 °C: Soğutma (Alt sıcaklık sınırı),
- 60 °C: Kümes ve ahır ısıtma,
- 50 °C: Mantar yetiştirme, balneolojik banyolar,

- 40 °C: Toprak ısıtma, kent ısıtması (Alt sınır), sağlık tesisleri,  
30 °C: Yüzme havuzları, fermantasyon, damıtma, sağlık tesisleri,  
20 °C: Balık çiftlikleri,

### 3. DÜNYA JEOTERMAL POTANSİYELİ VE SICAK ALANLAR

Teorik hesaplamalara göre yerin 0-10 km'lik kısmının, yüksek ısı akıllı alanlarında 245x10 EJ (exajoules), düşük akıllı alanlarında 181x10 EJ yer ısı enerjisi potansiyeli vardır. Belirtilen bu enerjinin % 0.1'nin dünyadaki bugünkü enerji tüketimine göre 1000 yıllık bir rezerve karşılık gelmektedir. Dünyada jeotermal enerjinin doğrudan kullanım kapasitesi 12 000 MWt ve elektrik kullanım kapasitesi ise 8600 MWe'tir.

Dünyada jeotermal enerjinin dağılım gösterdiği jeotermal kuşaklar ve bu kuşaklarda bulunan ülkeler Şekil-2'de işaret edilmiştir.

#### And Volkanik Kuşağı

Çok sayıda aktif volkanizmanın bulunması nedeniyle yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerin olduğu kuşaktır. Güney Amerika'nın batı kıyısında bulunan bu kuşakta Venezüella, Kolombiya, Ekvator, Peru, Bolivya, Şili ve Arjantin bulunmaktadır.

#### Alp Himalaya Kuşağı

150 km. genişliğinde ve 3000 km. uzunluğunda olan çok büyük bir jeotermal kuşaktır. Bu kuşak Hindistan plakası ile Avrasya plakasının çarpışması sonucu oluşmuştur. Alp Himalaya kuşağında yer alan ülkeler; İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Macaristan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet ve Çin'dir.

#### Doğu Afrika Rift Sistemi

Tektonik ve volkanik yönden aktif olan bu sistem üzerinde Zambiya, Tanzanya, Uganda, Kenya, Etopya gibi ülkeler bulunur.

#### Karayip Adaları

Burada aktif volkanların bulunması nedeniyle önemli jeotermal alanlar vardır.

#### Orta Amerika Volkanik Kuşağı

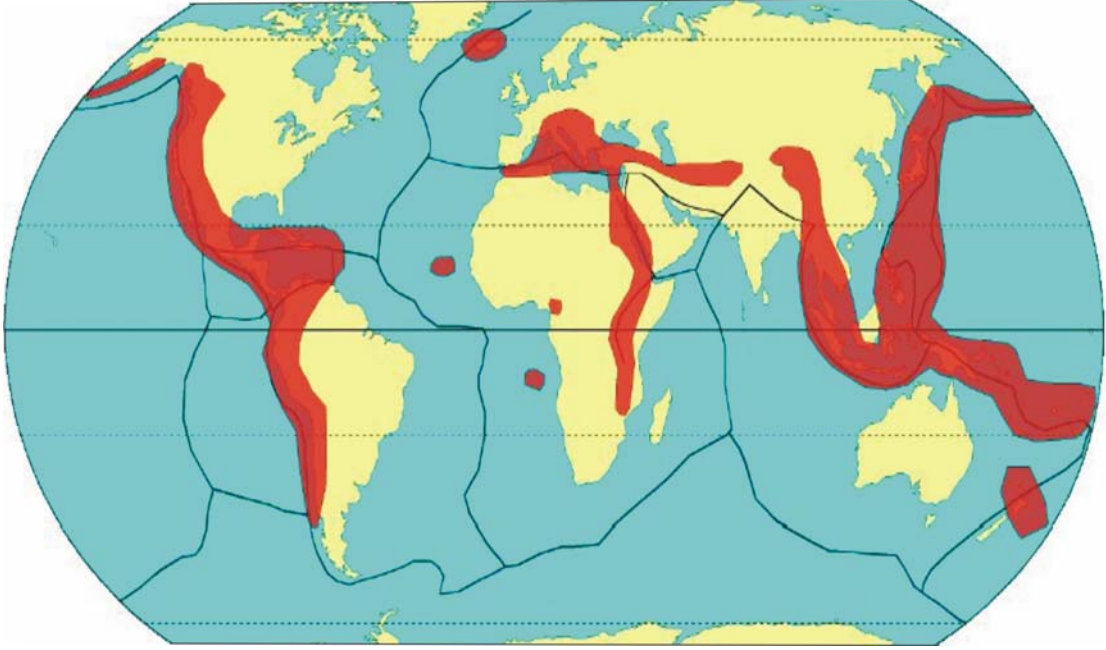
Bu kuşak üzerinde Guatemala, El Salvador, Nikaragua, Kosta Rika ve Panama bulunur. Belirtilen bu büyük kuşaklar dışında Japonya, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda, İrlanda, Meksika gibi oldukça zengin jeotermal kaynakları olan ülkeler vardır.

### 4. İZMİR İLİ JEOTERMAL KAYNAKLARI VE EKONOMİK ANLAMI

Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli teorik olarak 4500 MWe ve 31100 MWt'dir. Bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucunda Türkiye'de belirlenen görünür ısı potansiyeli 4000 MWt'dir (MTA-2008).

---

\*Bu Bildiri Jeoloji Mühendisleri Odası Adına Düzenlenmiştir.

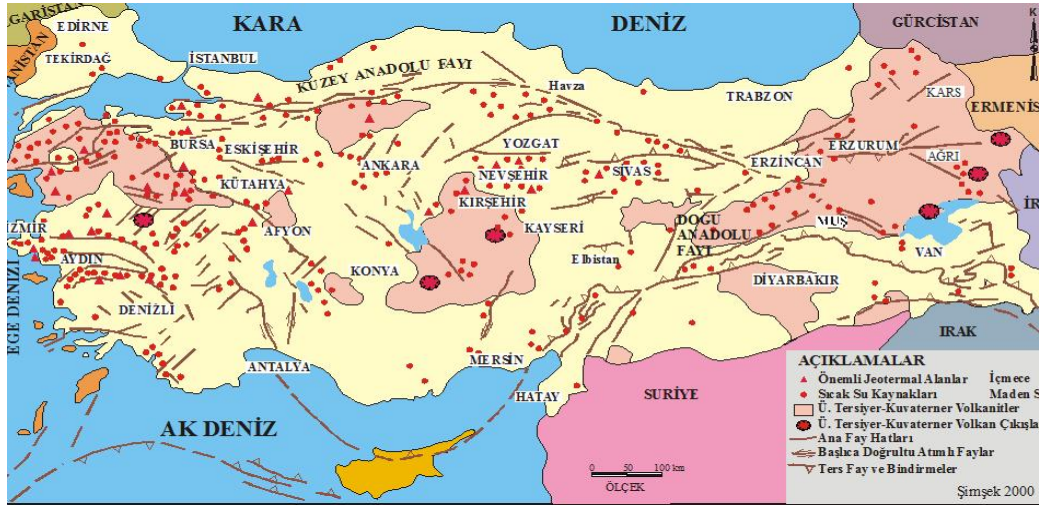


Şekil 2. Dünyada Jeotermal Enerjinin Dağılımı

Türkiye için görünür hale getirilmiş olan 4000 MWt jeotermal potansiyelin % 75 ini oluşturan 3000 MWt enerji sadece Batı Anadolu'daki 11 ilde bulunmaktadır (Şekil-3). Bu iller Afyon, Aydın, Balıkesir, Bursa, Çanakkale, Kütahya, Denizli, İzmir, Manisa, Muğla ve Uşaktır. Bu illerden en zengin jeotermal kaynağa sahip olan 6'sı; Aydın, İzmir, Denizli, Kütahya, Manisa ve Afyondur. Türkiye'de görünür hale getirilmiş toplam 4000 MWt enerjiyle birçok yerleşim yerinde merkezi ısıtma yapılmaktadır. Konut ısıtmacılığının dışında termalizm ve seracılık her geçen gün artarak devam etmektedir.

1. Türkiye'nin toplam Muhtemel Jeotermal Enerji potansiyeli; 31500 MWt ısı, 4500 MWe'tir.
2. Türkiye jeotermal enerji potansiyelinin %70'i olan yaklaşık 22000 MWt enerji Ege Bölgesinde bulunmaktadır.
3. Ege Bölgesi jeotermal potansiyelinin yaklaşık %10'u olan 2200 MWt enerji ise İzmir il sınırlarında kalmaktadır. İzmir İl'i siccaksu kaynaklarının dağılımı Şekil-4'de verilmiştir. Bu kaynaklara ilişkin olarak hesaplanan görünür ve muhtemel potansiyeller ise Tablo-1'de sunulmuştur.
4. İzmir İli'nin yaklaşık toplam jeotermal enerji potansiyeline bakış açımız 2200 MWt ısı enerjisidir.

Görünür hale getirilen 612 000 000 KCal/h (710 MWt) enerjinin tamamı 153 Ton/saat linyit'e karşılık gelmektedir. Bu enerjinin (710 MWt) , tamamının sera ısıtılmasında değerlendirilmesi durumunda 4975 dönüm sera ısıtılacaktır. Görünür hale getirilen ısı enerjisi potansiyeli muhtemel potansiyelin üçte biri kadardır (710/2155). Yapılacak yeni çalışmalar sonucu görünür potansiyel daha da artırılarak İzmir'in istifadesine sunulabilecektir.



Şekil 3. Türkiye’de Jeotermal Kaynakların Dağılımı ve Tektonizma İle İlişkisi

İzmir’in jeotermal enerji potansiyeli ekonomik olarak ne ifade etmektedir:

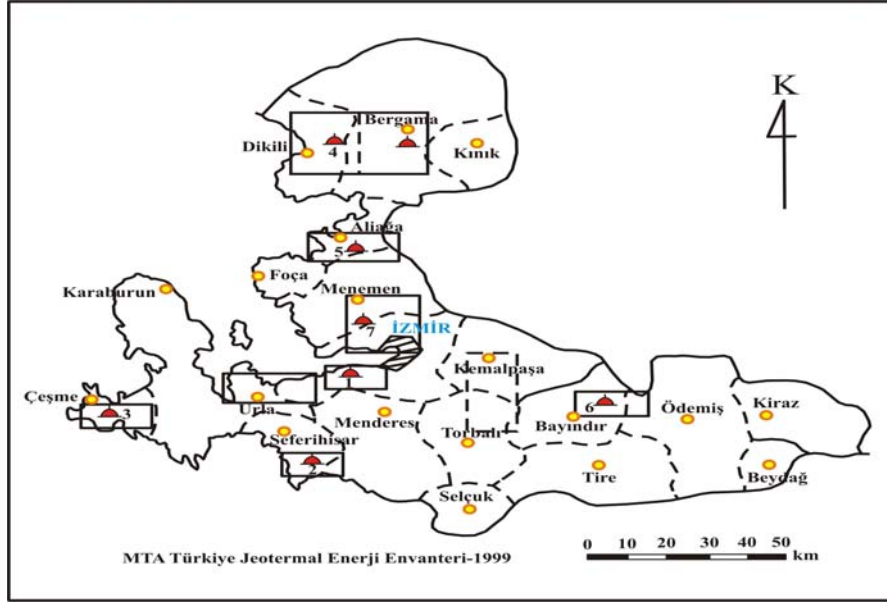
İzmir il genelinde muhtemel potansiyel 2155 MWt, görünür potansiyel ise 710 MWt dir. Burada işaret edilen görünür potansiyel 153 ton/saat linyit’e karşılık gelmektedir. Bu miktar enerji günde 3672 ton, yılda ise 1321920 ton linyit’e karşılık gelmektedir. İzmirde böylesine büyük olan jeotermal enerjinin çevresel boyutunu bir kenara bırakacak olursak, maddi boyutu bir ton linyit 300 YTL için yaklaşık  $396 \times 10^6$  YTL dir. Görünür potansiyelin artırılması durumunda şüphesiz bu potansiyel artacaktır.

Bilindiği gibi İzmir il’i genelinde yaklaşık 30 000 konut karşılığı ısıtma yapılmaktadır. Bu kadar konut karşılığı ısıtma sonucu  $150 \times 10^6$  m<sup>3</sup> doğal gaz(yaklaşık 1.2 milyon dolar) tasarrufu sağlanabileceği gibi bu enerjiye karşılık gelen CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> salınımı azaltılmış olacaktır.

Sera ve konut ısıtması dışında çok yataklı termal tesislerin ekonomik olarak daha fazla getiri sağlayacağı ise aşikârdır. Bilindiği gibi termalizm ve seracılık emek yoğun jeotermal işletmelerdir. İşsizliğin azaltılması ve bölgesel kalkınma açısından bu yatırımlar özendirilmelidir.

İzmir İl sınırları içinde görünür hale getirilen 612 000 000 KCal/h (710 MWt) enerji ile hâlihazırda ne yapılmaktadır?

1. Başta Balçova olmak üzere, Bergama ve Dikili dahil yaklaşık 30 000 konut karşılığı ısıtma gerçekleştirilmektedir.
2. Sera ısıtma alanı toplam olarak Dikili önde olmak üzere 800 dönüme ulaşmıştır.
3. Modern anlamda kaplıca işletmesi Balçova ile sınırlı kalmıştır.
4. İptidai tür kaplıca işletmeciliği, Cumalı, Karakoç, Bayındır-Ergenli, Dikili-Çamur-Nebiler’ de yapılmaktadır.



Şekil 4. İzmir İl'i Jeotermal Kaynaklarının Dağılımı.

Tablo 1. Görünür ve muhtemel potansiyelleri.

Jeotermal alan	Görünür Potansiyel (MWt)	Muhtemel Potansiyel (MWt)
Seferihisar	174.3	581
Balçova	232	581
Karşıyaka, Ulukent	0.58	87
Çeşme, Alaçatı	17.4	87
Aliğa, Menemen	29	116
Bayındır-Ergenli	1.4	5.8
Dikili ve çevresi	232	465
Bergama ve çevresi	23	232
<b>TOPLAM</b>	<b>710</b>	<b>2155</b>

## 5. İZMİR'DE JEOTERMAL ENERJİNİN GELİŞTİRİLMESİ İÇİN NELER YAPILMALIDIR?

Jeotermal enerjinin İzmir il genelinde geliştirilmesine yönelik birçok çalışmalar yapılabilir. Bunlar;

1. İlk etapta ısıtılacak konut sayısı 60000'e hedeflenmelidir. Bu konuda irade oluşması halinde Balçova ve Narlıdere'de yapılacak yeni sondajlar ile debi artırılmalıdır. Üretim ve basınç kayıpları yaşanmaması için reenjeksiyon mutlaka yapılmalıdır. Balçova ve Narlıdere'nin dışında Güzelbahçe, Karşıyaka-Örnekköy, Doğançay ve Menemen çevresinde Jeolojik, Jeofizik ve gradyan sondajı gibi potansiyel artırıcı araştırma çalışmaları yapılmalıdır. Burada işaret edilen çalışmalar MTA, İzmir Jeotermal ve Özel sektör tarafından, işaret edilen bölgelerde yapılaşmalar artmadan acilen gerçekleştirilmelidir. Temiz çevre, sağlıklı toplum ve yerli-yenilenebilir enerjinin kullanılması açısından bu konu önemlidir.

2. Termalizm, İzmir için oldukça önemlidir. Termal turizm ve sağlık turizmi Balçova ile sınırlı kalmadan Çeşme, Karşıyaka, Dikili ve Bergama bölgesinde de yaygınlaştırılmalıdır. Bir kürst'in 7 turist'e karşılık geldiği günümüzde termalizm yatırımları ve yatak kapasitesi artırılmalıdır. Bunun için yatırımcılara termal su ve yer gösterilmelidir.
3. Seracılık Dikili bölgesinde çok büyük gelişme göstermiştir. Bergama ve çevresinde de emek yoğun olan seracılık özendirilmelidir. Bölgesel kalkınma ve işsizliği azaltması açısından seracılık oldukça önemlidir.
4. Seferihisar ve Dikili jeotermal alanlarından elektrik üretimine yönelik girişimler başlatılmalıdır. Bu konuda Özel idare ve MTA yardımcı olmalıdır.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. İzmir İl sınırları içerisinde bulunmuş olan yani görünür hale getirilmiş 612 000 000 KCal/h (710 MWt) jeotermal enerji mevcuttur.
2. Muhtemel (beklenen) potansiyel 1855 000 000 KCal/s (2155 MWt) dir.
3. Gerçek anlamda termalizm Balçova kaplıcalarında yapılmaktadır.
4. Balçova-Dikili-Bergama'da yaklaşık 30000 konut karşılığı ısıtma yapılmaktadır.
5. Dikili başta olmak üzere İzmir il genelinde toplam 800 dönüm sera ısıtılması yapılmaktadır.

İzmir il sınırları içerisinde bulunmuş jeotermal enerji potansiyelimiz 710 mwt'dir. Bu enerjinin linyit karşılığı 153 t/saat'tir (1.3 milyon ton/yıl linyit). Jeoloji-jeofizik ve sondaj çalışmaları sonucu görünür hale getirilecek olan muhtemel jeotermal potansiyel 2155 MWt'dir. Bunun linyit karşılığı ise 464 t/saat'tir. Bu miktar 4 milyon ton/yıl linyit karşılığıdır. 2008 fiyatlarına göre 1 ton linyit 300 YTL alınırsa, görünür hale gelmiş olan İzmir ilinin jeotermal potansiyelinin parasal karşılığı  $396 \times 10^6$  YTL dir.

Görünür potansiyelin artırılması ve yeraltında yatan bu yenilenebilir temiz çevre dostu enerjinin İzmir halkının hizmetine sunulması için acilen arama ve sondaj çalışmalarına hız verilmelidir.

## 7. KAYNAKLAR

Yılmaz, S., 1997 Batı Anadolu'nun görünür jeotermal enerji potansiyeli ve değerlendirilmesi, Türkiye 7. Enerji Kongresi.

Yılmaz, S., 1984, Ege bölgesindeki bazı sıcak su kaynaklarının hidrojeoloji ve jeokimyasal incelemeleri. DEÜ., Yüksek lisans tezi Ankara.

Yılmaz, S., 1994, Balçova termal alanının (İzmir) görünür termal potansiyeli ve kullanım alanları. Türkiye 6. enerji kongresi Teknik oturum tebliği, İzmir.

Yılmaz, S., Yakabağ, A., 1995, Çeşme termal alanının jeolojisi ve uygulamaya yönelik gelişmeler, Türk-Alman enerji sempozyumu, 1995, İzmir.