

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
2021-YL-083

AYDIN İLİNDEKİ JEOTERMAL ALANLARDAN
TOPLANAN TOPRAK ÖRNEKLERİNİN BAKTERİYAL
YÜKÜNÜN BELİRLENMESİ

HAZIRLAYAN
Kerem TEKİN

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Esin POYRAZOĞLU

AYDIN- 2021

ÖNSÖZ

Lisans eğitiminden başlayıp, Yüksek Lisans eğitimim ile devam eden, her zaman desteği ve katkılarıyla bana bu yolda gösterdiği sabır ve emeği için danışmanım Doç. Dr. Esin POYRAZOĞLU' na teşekkür ederim.

Birçok kez tecrübelerinden ve bilgisinden faydalandığımız, hocalığı dışında bizlere olan sıcak yaklaşımı ve fikirleri için değerli hocam Prof. Dr. H. Halil BIYIK' a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında ve yazım esnasında sorularıyla ilgilenen, yönlendiren Dr. Bahadır TÖRÜN' e teşekkür ederim.

Yüksek Lisans başından beri laboratuvar çalışmalarından, tez yazımına kadar olan süreçte her zaman ilgilenip, bilgilerini paylaşan, bıkmadan yorulmadan daha iyisi için uğraşan başta Senem ÖZTÜRK KÖSE ve Mediha ONUR olmak üzere, Zeynep Burcu BAYRAK' a da teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyip, bugünlere kadar ulaşmamda emeği olan aileme teşekkür ederim.

Tez çalışmam için 20007 No'lu proje kapsamında gerekli maddi desteği sağlayan Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Başkanlığı'na teşekkür ederim.

ÖZET

AYDIN İLİNDEKİ JEOTERMAL ALANLARDAN TOPLANAN TOPRAK ÖRNEKLERİNİN BAKTERİYAL YÜKÜNÜN BELİRLENMESİ

Tekin K. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Programı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2021.

Amaç: Aydın ilinde jeotermal tesislerin bulunduğu ve bulunmadığı alanlardan toprak örnekleri alınarak, bakteriyal yükün belirlenmesi, bakteri izolasyonlarının ve tanılamalarının gerçekleştirilmesidir.

Materyal ve Yöntem: Bu araştırmada Aydın'da jeotermal tesislerin bulunduğu Germencik, İncirliova, Umurlu, Sultanhisar, Köşk, Pamukören'deki meyve bahçelerinden ve pozitif kontrol olarak jeotermal tesislerin olmadığı Aydın-Çine'den toprak örnekleri alınmıştır. Bu örneklerden izole edilen bakterilerin morfolojik, kültürel ve moleküler tanılamaları yapılmıştır.

Bulgular: Araştırma sonucunda izole edilen 60 izolat yoğun olarak *Bacillaceae* familyasına ait türler tespit edilmiştir. *Bacillus* cinsine ait 38 adet tür tespit edilmiştir. Ayrıca *Chryseobacterium*, *Dermacoccus*, *Pseudomonas*, *Paenarthrobacter*, *Arthrobacter*, *Microbacterium* cinsleride tespit edilmiştir. *Bacillus sp.* 9 adet, *Bacillus subtilis* 6 adet, *Bacillus megaterium* 4 adet, *Bacillus pumilus* 4 adet, *Lysinibacillus pakistanensis* 4 adet, *Bacillus aryabhatai* 3 adet, *Microbacterium foliorum* 2 adet, *Bacillus wiedmannii* 2 adet, diğer bakteri türlerinden de birer adet ve toplamda 60 adet tür bulunmuştur.

Sonuç: Jeotermal santrallerinin yakın çevresinden alınan numunelerden elde edilen izotlar ile toprak mikrobiyal yükü belirlenmiştir. Aydın bölgesindeki jeotermal santrallerin çevresindeki toprakta bulunan bakterilerine etkisi ve türlerin isimleri belirlenmiştir. Bu alanda yapılacak benzer çalışmalara referans örneği olabilir.

Anahtar Kelimeler: Bakteriyal Yük, İzolasyon, Jeotermal Enerji Santralleri, Tanılama, Toprak.

ABSTRACT

DETERMINATION OF BACTERIAL LOAD OF SOIL SAMPLES COLLECTED FROM GEOTHERMAL FIELDS IN AYDIN PROVINCE

Tekin K. Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Biology Program, Master Thesis, Aydın, 2021.

Objective: In this research, a detailed examination of the region located in the geothermal soils in Aydın province was made.

Material and Methods: Soil samples were taken from the gardens in Germencik, İncirliova, Umurlu, Sultanhisar, Köşk, Pamukören, where there are geothermal facilities in Aydın, and Aydın-Çine, where there are no geothermal facilities as positive control. Morphological, cultural and molecular identifications of bacteria isolated from these samples were made.

Results: As a result of the research, 60 isolates were concentrated in the Bacillaceae family. species have been identified. 38 species belonging to the genus Bacillus were identified. also

Chryseobacterium, Dermacoccus, Pseudomonas, Paenarthrobacter, Arthrobacter, It has also been detected in Microbacterium genera. Bacillus sp. 9 species, Bacillus subtilis 6, Bacillus megaterium 4, Bacillus pumilus 4, Lysinibacillus pakistanensis 4, Bacillus aryabhatai 3, Microbacterium foliorum 2, Bacillus wiedmannii 2, one each from other bacterial species and a total of 60 species were found.

Conclusion: Soil microbial load was determined with the isodes obtained from the samples taken from the close vicinity of the geothermal power plants. The effects of the geothermal power plants in the Aydın region on the bacteria found in the surrounding soil and the names of the species were determined. It can be a reference example for similar studies in this field.

Key words: Bacterial Load, Geothermal Power Plants, Isolation, Identification, Soil.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Jeotermal Santraller.....	3
1.2. Türkiye’de Jeotermal Santraller	6
1.3. Dünya’da Jeotermal Santraller	9
1.4. Toprak.....	10
1.4.1. Toprağın Önemi.....	11
1.4.2. Toprak Çeşitleri	11
1.4.2.1. Zonal Topraklar	11
1.4.2.2. Kestane Renkli Topraklar	12
1.4.2.3. Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	12
1.4.2.4. Kahverengi Topraklar	12
1.4.2.5. Kahverengi Orman Toprakları.....	13
1.4.2.6. Alüvyal Topraklar	13
1.4.2.7. Kolüvyal Topraklar	13
1.4.2.8. İntrazonal Topraklar	14
1.4.2.9. Rendzinalar	14
1.4.3. Toprak Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri.....	14
1.4.3.1. Toprağın Fiziksel Özellikleri.....	14

1.4.3.2. Toprağın Yapısı	14
1.4.3.3. Toprak Strüktürü	15
1.4.3.4. Toprağın Ağırlığı.....	15
1.4.3.5. Toprağın Rengi	16
1.4.3.6. Toprağın Sıcaklığı	16
1.4.3.7. Toprağın Kimyasal Özellikleri	16
1.4.4. Toprağın Yapısını Etkileyen Faktörler	18
1.4.4.1. İklim Etkisi	18
1.4.4.2. Ana Kaya Etkisi.....	18
1.4.4.3. Zaman Etkisi.....	18
1.4.4.4. Yerşekilleri Etkisi	19
1.5. Toprakta Yaşayan Canlı Grupları Önemi ve Etkileşimi.....	19
1.6. Toprak İçindeki Biyota	19
1.6.1. Toprak Mikro Biyotası	20
1.7. Kuraklık, Tuzluluk ve Pestisitler	20
1.8. Toprak Kirliliğinin Toprak Mikrobiyotası Üzerine Etkileri.....	21
1.9. Çevresel Etkiler	21
1.9.1. Endüstriyel Gelişimin Toprak Üzerine Etkileri.....	21
1.9.2. İklim Değişikliğine Etkisi.....	22
1.10. Jeotermaller ve Etkileri.....	23
1.10.1. Jeotermaller ve İşlevi.....	23
1.10.2. Jeotermaller ve Çevreye Etkileri	25
1.10.3. Jeotermaller ve Yararları	25
1.10.4. Jeotermaller ve Dezavantajları	26
1.10.5. Jeotermallerin Atıkları Nelerdir?.....	26
1.11. Dünyada ve Ülkemizdeki Durumu	27

1.12. Jeotermal Santrallerin Canlı Organizmalara Etkileri	29
1.13. Aydın İlindeki Jeotermal Santraller.....	31
1.13.1. Efeler	31
1.13.2. Pamukören.....	32
1.13.3. Galip Hoca Germencik	32
1.13.4. Maren.....	33
1.13.5. Dora3	33
1.13.6. Melih.....	34
1.13.7. Pamukören 4.....	34
1.13.8. Pamukören 5	35
1.13.9. Efe 7.....	35
1.13.10. Efe 8.....	35
1.13.11. Ken 3	35
1.13.12. Mehmethan	36
1.13.13. Deniz.....	36
1.13.14. Ken Kipaş	36
1.13.15. Kerem	37
1.13.15. Kubilay	37
1.13.16. Efe 6.....	38
1.13.17. Pamukören 2.....	38
1.13.18. Pamukören 3	38
1.13.19. Kuyucak.....	39
1.13.20. Dora 4	39
1.13.21. Sultanhisar	39
1.13.22. Buharkent	40
1.13.23. Gümüşköy.....	40

1.13.24. Karkey Umurlu	41
1.13.25. Umurlu 2.....	41
1.13.26. Dora2	42
1.13.27. Dora1	42
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	43
3. MATERYAL	45
3.1. Yöntem	45
3.1.1. İstasyonların Belirlenmesi	45
3.1.2. Toprak Örneklerinin Alınması	45
3.1.3. Toprak Örneklerinin Nem Oranlarının Belirlenmesi.....	45
3.1.4. Besiyerleri ve Çözeltilerin Hazırlanması.....	46
3.1.5. Dilüsyonların Hazırlanması ve İnokulasyonların Yapılması.....	48
3.1.6. Genel Canlı Sayımı.....	49
3.1.7. Bakteri İzolasyonlarının Yapılması	49
3.1.8. Gram Boyama.....	50
3.2. Moleküler Tanılama	50
3.2.1. PCR.....	51
3.2.2. PCR Ürünü Jel Görüntüleri	52
3.2.3. PCR Ürünlerinin Safılaştırılması (PCR Clean-Up)	52
3.3. DNA Dizileme Reaksiyonu.....	52
3.4. DNA Dizileme Ürünlerinin Safılaştırılması	53
3.5. DNA Dizi Analizi İşlemi.....	53
4. BULGULAR	54
4.1. İzolatların Morfolojileri.....	54
4.2. Kültürel Özellikler	54
4.3. Gram Boyama.....	55

4.4. Toprak Örneklerinin Nem Oranlarının Belirlenmesi.....	57
4.5. Toplam Canlı Sayısı	62
4.6. Moleküler Analizler.....	64
4.6.1. Genomik DNA Analizleri.....	64
4.6.2. Analizi Yapılan Modeller ve Filogenetik Ağaç Diyagramı.....	69
4.6.3. Maksimum Olabilirlik yöntemiyle evrimsel analiz	71
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	72
KAYNAKLAR.....	74
BİLİMSEL ETİK BEYANI.....	82
ÖZGEÇMİŞ.....	83

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Enerji çeşitlerine göre 2014 yılı küresel enerji tüketim oranları (Renewables Global Status Report, 2016)	3
Şekil 1.2. 2015 yılı küresel elektrik üretimindeki yenilenebilir enerji oranları (Renewables Global Status Report, 2016)	4
Şekil 1.3. Türkiye'nin elektrik enerjisi üretiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı (%) (2016) (BP Energy Outlook 2016 Edition)	5
Şekil 1.4. Jeotermal Sistem (Anonim 2, 2021)	6
Şekil 1.5. Türkiye'deki Jeotermal Kaynaklar (MTA. 2013)	7
Şekil 1.6. 2015'de Dünya jeotermal enerji kapasitesi	10
Şekil 1.7. Aydın İlindeki Jeotermal Sahalar (Anonim, 2021)	31
Şekil 3.1. Dilüsyonun hazırlanması	49
Şekil 4.1. Bacillus sp. Görüntüsü	54
Şekil 4.2. PCA besiyerinde gelişen saf bakteri kültürü	55
Şekil 4.3. 1-11 nolu örneklerin jel görüntüleri	67
Şekil 4.4. 12-25 nolu örneklerin jel görüntüleri	67
Şekil 4.5. 26-39 nolu örneklerin jel görüntüleri	68
Şekil 4.6. 40-60 nolu örneklerin jel görüntüleri	68
Şekil 4.7. Maksimum Olabilirlik yöntemiyle evrimsel analizi	70

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. Türkiye’de Jeotermal Uygulamalar	7
Tablo 1.2. Batı Anadolu’daki Aktif Durumda Olan Jeotermal Enerji Santralleri	8
Tablo 1.3. Türkiye’de Elektrik Üretilen ve Üretilebilecek Jeotermal Enerji Sahaları.....	9
Tablo 1.4. Türkiye’nin Jeotermal Enerji Üretim Kapasitesinin Yıllara Göre Değişimi (MWe) (Zaim ve Çavşı, 2018).	9
Tablo 2.1. Verimli Bir Toprakta Mikroorganizma Miktarı (Cemaloğlu, 2021)	29
Tablo 2.2. Efeler Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021).....	32
Tablo 2.3. Pamukören Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)	32
Tablo 2.4. Galip Hoca Germencik Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)	33
Tablo 2.5. Maren Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021).....	33
Tablo 2.6. Dora 3 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021).....	34
Tablo 2.7. Pamukören 4 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)	34
Tablo 2.8. Deniz Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı(Anonim, 2021).....	36
Tablo 2.9. Ken Kipaş Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı(Anonim, 2021)	37
Tablo 2.10. Kerem Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021).....	37
Tablo 2.11. Pamukören 2 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)	38

Tablo 2.12. Pamukören 3 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)	39
Tablo 2.13. Buharkent Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)	40
Tablo 2.14. Gümüşköy Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)	40
Tablo 2.15. Karkey Umurlu Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)	41
Tablo 2.16. Umurlu 2 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)	41
Tablo 2.17. Dora 2 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021).....	42
Tablo 2.18. Dora 1 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021).....	42
Tablo 2.19. Gram Boya Sonuçları	55
Tablo 2.20. Belirlenen istasyonlardan alınan toprak örneklerinin yaş ağırlık, kuru ağırlık ve nem oranları	57
Tablo 2.21. Bakterilerin Sayım Miktarları.....	62
Tablo 2.22. Analiz sonuçları gösterilmiştir.	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Bakteri Sekans Sonuçları	64
--	----

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

PCR	: Polimeraz Zincir Reaksiyonu
μ l	: Mikrolitre
mL	: Mililitre
l	: Litre
FTS	: Fizyolojik Tuzlu Su
TSA	: Tryptic Soy Agar
dk	: Dakika
sdH ₂ O	: Steril Distile Su
vb	: Ve benzeri
ark	: Arkadaşları
cm ²	: Santimetrekare
Gr (-)	: Gram Negatif
Gr (+)	: Gram Pozitif
GTR+G+I	: General Time Reversible
gr	: Gram
mg	: Miligram
rpm	: Devir sayısı 1 dakika içindeki
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
M	: Molar
SDS	: Sodyum Dodesilsülfat
AI	: Otoindükleyici
AI2	: Otoindükleyici 2

1. GİRİŞ

18. yy.'ın sonu ile 19. yy'ın başlarında Avrupa'da yeni buluşların üretime olan etkisi sonucunda "Sanayi Devrimi" başlamıştır. Bu dönem demir ve kömürün hammadde ve enerji kaynağı olarak kullanıldığı makineleşme dönemidir. Bu dönemden itibaren Avrupa'da ve tüm dünyada artan nüfusla birlikte sanayiye olan ihtiyaç daha da artmıştır. Bunun sonucu olarak enerji ihtiyacı ve enerji kaynaklarına yönelik arayış söz konusu olmuştur. Özellikle II. Dünya Savaşı'ndan sonra enerji ihtiyacı hızla artmıştır (Bustamante, 2000).

Dünyada ve ülkemizde ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmını kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil kaynaklar sağlamaktadır. Fosil enerji kaynakları her alanda yoğun bir şekilde kullanılmasına rağmen zaman zaman ortaya çıkan enerji krizlerinden dolayı alternatif enerji kaynaklarına yönelik arayışlar olmuştur. Özellikle 2000'li yıllara gelindiğinde alternatif enerji ve yenilenebilir enerji kavramları ön plana çıkmış ve bu konuda çalışmalar hız kazanmıştır (Kumbur vd., 2005).

Doğal kaynaklardan elde edilebilen ve sürekli kendini yenileyebilen enerji kaynakları "Yenilenebilir enerji" kaynakları olarak bilinir. Güneş, rüzgar, jeotermal, hidrolik, biyokütle, dalga, hidrojen enerjileri yenilenebilir enerji içerisinde yer alır. Yenilenebilir enerjinin en önemli özelliği doğal bir şekilde kendisini yenileyebilmesi, ülkelerin enerji ihtiyaçlarını kendi kaynaklarından sağlayarak, dışa bağımlılığı azaltması ve yok olmamasıdır. Ayrıca karbon salınımının fosil yakıtlara göre daha az olması nedeniyle de çevreye daha az zarar vermektedir (Gürbüz, 2009).

İnsanlık tarihi boyunca jeotermal kaynaklar tedavi ve temizlik amaçlarına uygun olarak kullanılmıştır. Fakat aşırı nüfus artışı ve ilerleyen teknoloji ve endüstri karşısında var olan enerji kaynaklarının tükenmeye başlaması ve gelecekte yetersiz kalacağı varsayımıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının arayışı, insanlığı jeotermal kaynaklara yönlendirmiştir (Görez ve Alkan, 2005).

Ülkemiz bulunduğu coğrafik konumu itibariyle yenilenebilir kaynakları açısından zengin ülkeler grubuna girmektedir. Ülkemiz için "Jeotermal Enerji" de önemli yenilenebilir kaynaklar arasındadır. Ülkemiz, Alp-Himalaya hattı üzerinde bulunan ve aktif faylar barındıran coğrafik bir konuma sahiptir. Bu fay hatları boyunca ülkemizde fazlaca doğal

sıcak su akışı bulunmaktadır. Uygun jeolojik şartlarda ve yer kabuğunun farklı derinliklerinde doğal olarak oluşan ve kendiliğinden yeryüzüne çıkan sıcak sular mineral, tuz ve çeşitli element özellikleri açısından farklılık göstermektedir (Arslan vd., 2001; Külekçi, 2009; Yılmaz ve Bayar, 2006).

Türkiye ve bölgemiz için çok önemli bir kaynak olan jeotermal enerji santralleri, doğru kullanım koşulları altında alternatif enerji kaynaklarına göre çevre ile daha uyumlu görünmektedir (Çukurçayır ve Sağır, 2008). Fakat kötü uygulamalar ile gerekli önlem ve tedbirlerin alınmamasından dolayı jeotermal enerji santrallerine karşı olumsuz düşünceler ortaya çıkmaktadır. Özellikle ülkemizde ve bölgemizde, jeotermal araştırma ve üretim faaliyetleri esnasında ortaya çıkan bazı sorunlar nedeniyle çeşitli olumsuzluklar yaşanmaya başlanmıştır. Bu durum jeotermale olan ilginin azalmasına ve tepkilerin oluşmasına neden olmaktadır (Erkul, 2012).

Jeotermal sıvıların aranmasında rutin olarak kullanılan kostik, soda, sülfürik asit ve pek çok diğer toksik ya da korozif kimyasalların hava, su, toprak üzerindeki etkilerinin önemsenmesi gerekmektedir. Jeotermal santrallerde kuyulardan sondaj sırasında gaz boşaltıcısından boşalan karbondioksit, hidrojen sülfid, amonyak, cıva, borik asit gazlarından dolayı hava kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Buhardaki karbondioksit, metan gibi sera etkisi yapan bir gazdır. Bu nedenle olumsuz çevresel etkisi nedeniyle dikkate alınmalıdır. Hidrojen sülfid, çürük yumurta kokusu ile çok düşük konsantrasyonlarda bile algılanabilir. Hidrojen sülfür boşalımı insan yaşamında ya da çalışma ortamında koku problemi nedeniyle sorun yaratmaktadır. Jeotermal santrallerin soğutma kulelerinden verilen buhar ve içerdiği toksik maddelerin çevredeki ağaçların yaprak kısımlarında zararlı olmaktadır. Yeraltı ve yüzey sularına karışan bu gazlar sıvı ve kara ekosistemini direkt etkilemektedir. Bu sular, tarımda sulamada, depo suyu ve bitki ve hayvanlar tarafından kullanılırsa toksik etki de yapabilmektedir (Koç, 2007; Bolca, 2010).

Aydın ili, Türkiye'nin en büyük jeotermal sahası durumundadır. Aydın ilinde Germencik-Ömerbeyli, Sultanhisar-Salavatlı, Kuyucak-Pamukören, Germencik-Hıdırbeyli, ve Germencik-Gümüşköy alanlarında kurulan santrallerde jeotermal enerjiden elektrik üretilmeye başlanmıştır (EPDK, 2015). Her geçen gün santrallerin sayısında da artış olmaktadır. Fakat Aydın ili özellikle Germencik Bölgesi çok yüksek tarım potansiyeline sahiptir. Bölgenin ana ürünü incir ve zeytindir. Bölgede küçük aile tipi işletmeciliği şeklinde yapılan incir yetiştiriciliğinde hasat döneminde ihtiyaç duyulan ek iş gücü, işlenmesi ve piyasaya sunulmasında hizmet veren büyük bir kesimin geçimini sağlaması nedeni ile

ürünün sosyal önemi de büyüktür. Jeotermallerden çıkan atık gazların uygun şekilde reenjeksiyon yapılmayıp, toprağa ve havaya salınması yöremizdeki tarım arazilerinde ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. Bitkilerin gelişiminde özellikle sürgün boyu, çapı ve sürgündeki meyve sayısı ile meyve kalitesinde düşüşler olduğu tespit edilmiştir. Bitki gelişiminde hava, su ve minerallerin etkisi kadar topraktaki mikrobiyal çeşitlilik de oldukça önemlidir. Bu çalışmada Aydın ilinde jeotermal tesislerin bulunduğu ve bulunmadığı alanlardan toprak örnekleri alınarak, bakteriyal yük belirlenecek, bakteri izolasyonları ve tanımlamaları gerçekleştirilecektir.

1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Jeotermal Santraller

Doğal kaynaklardan elde edilebilen ve sürekli kendini yenileyebilen enerji kaynakları “Yenilebilen enerji” kaynakları olarak bilinir. Güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik, biyokütle, dalga, hidrojen enerjileri yenilebilir enerji içerisinde yer alır. Yenilenebilir enerjinin en önemli özelliği doğal bir şekilde kendisini yenileyebilmesi, ülkelerin enerji ihtiyaçlarını kendi kaynaklarından sağlayarak, dışa bağımlılığı azaltması ve yok olmamasıdır. Ayrıca karbon salınımının fosil yakıtlara göre daha az olması nedeniyle de çevreye daha az zarar vermektedir (Gürbüz, 2009).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, mevcut teknik ve ekonomik sorunların çözümlenmesi halinde 21. yüzyılda en önemli enerji kaynağı olacağı kabul edilmektedir (Kumbur vd., 2005). Günümüzde dünya genelinde fosil yakıtlara olan bağımlılık yüksek olmasına rağmen tüketilen enerjinin yaklaşık %20’si yenilebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir (Şekil 1.1). Bu oran giderek artmaktadır (Karagöl ve Kavaz, 2017).

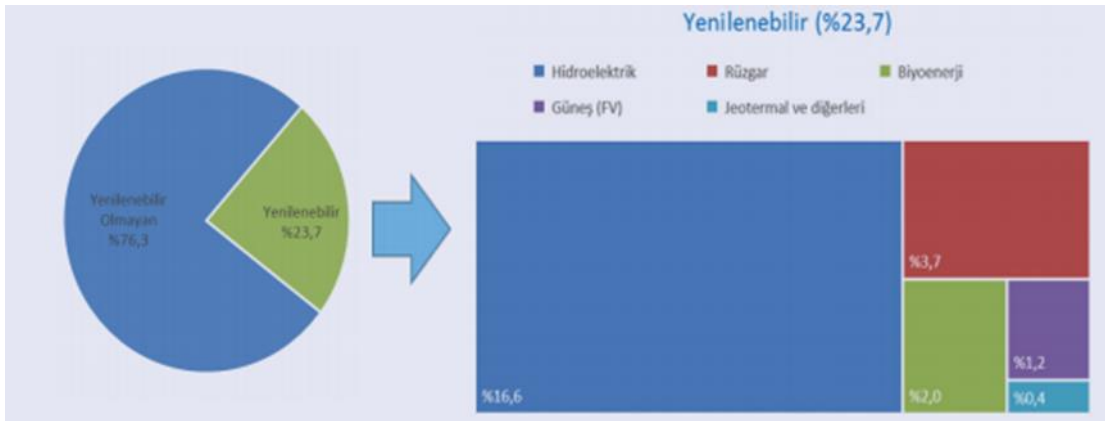


Şekil 1.1. Enerji çeşitlerine göre 2014 yılı küresel enerji tüketim oranları (Renewables Global Status Report, 2016)

Yenilenebilir enerjideki oran 2015 ve 2016 yıllarında %20'yi aşmış bulunmaktadır. Yaklaşık %10'unu güneş, rüzgar, jeotermal, hidroelektrik, biyokütle ve biyoyakıt olan modern yenilenebilir enerjiyi oluşturmaktadır (Karagöl ve Kavaz, 2017).

Dünya genelinde yenilenebilir enerji kullanımı hızla artmasına rağmen maliyetlerinin fazla olması nedeniyle fosil yakıtlar ile rekabet edebilmesi mümkün değildir. Fakat dünya genelinde ülkeler, yenilenebilir enerji konusunda hükümet politikalarını şekillendirmekte ve yatırımlarını buna göre yapmaktadır (Karagöl ve Kavaz, 2017).

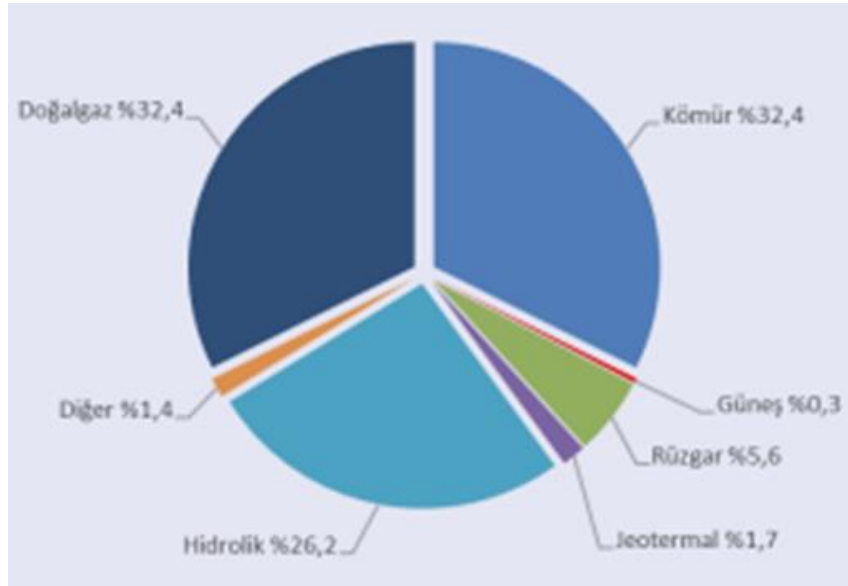
Yenilenebilir enerji, elektrik üretiminde önemli bir yere sahiptir. Şekil 1.2.'de görüldüğü üzere toplam küresel elektrik üretiminin yüzde 23,7'si yenilenebilir kaynaklardan elde edilmektedir. %16,6'sı hidroelektrik santrallerinden, %3,7'si rüzgâr enerjisinden, %2'si biyoenerjiden, %1'i fotovoltaik güneş sistemlerinden, %0,4'ü jeotermal ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır.



Şekil 1.2. 2015 yılı küresel elektrik üretimindeki yenilenebilir enerji oranları (Renewables Global Status Report, 2016)

Elektrik üretiminde kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar ön planda gelmesine rağmen rüzgar ve güneş başta olmak üzere kullanılacak yenilenebilir enerji kaynakları teknolojik ilerlemeler ve finansal kaynakların sağlanması ile daha da artırılabilmektedir. Hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle enerji kaynaklarından elde edilen elektrik üretimi fosil yakıtlardan elde edilene göre daha avantajlı olabilmektedir. Bunun için kaliteli kaynakların ve güvenli bir düzenleyici yapının oluşturulması oldukça önemlidir. Bunun için sektörde kurumsallaştırma ve teşvik sistemlerinin geliştirilmesi önemlidir (Yüksel ve Kaygusuz, 2011).

Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı %70 civarındadır. Bu oranın ilerleyen dönemlerde daha da artacağı düşünülerek yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi söz konusudur. Bu nedenle ülkemizde son 15 yıl içerisinde yenilenebilir enerji konusunda kayda değer ilerlemeler görülmüştür. Türkiye'nin 2002 yılındaki yenilenebilir enerji kaynakları gücü 12 bin 277 MW iken 2016'da bu oran %172 artarak 33 bin 352 MW seviyelerine çıkmıştır. 2023 hedefleri kapsamındaki toplam enerji tüketiminin en az üçte birini (1/3) yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılaması beklenmektedir (Karagöl ve Kavaz, 2017). Fakat Şekil 1.3. de görüldüğü gibi 2016 verilerine göre elektrik enerjisinin %32,4'ü doğal gaz ve kömürden, %26,2'si hidroelektrik santrallerden, %5,6'sı rüzgardan, %1,7'si jeotermal santrallerden, %0,3'ü güneşten ve %1,4'ü diğer kaynaklardan sağlanmaktadır.



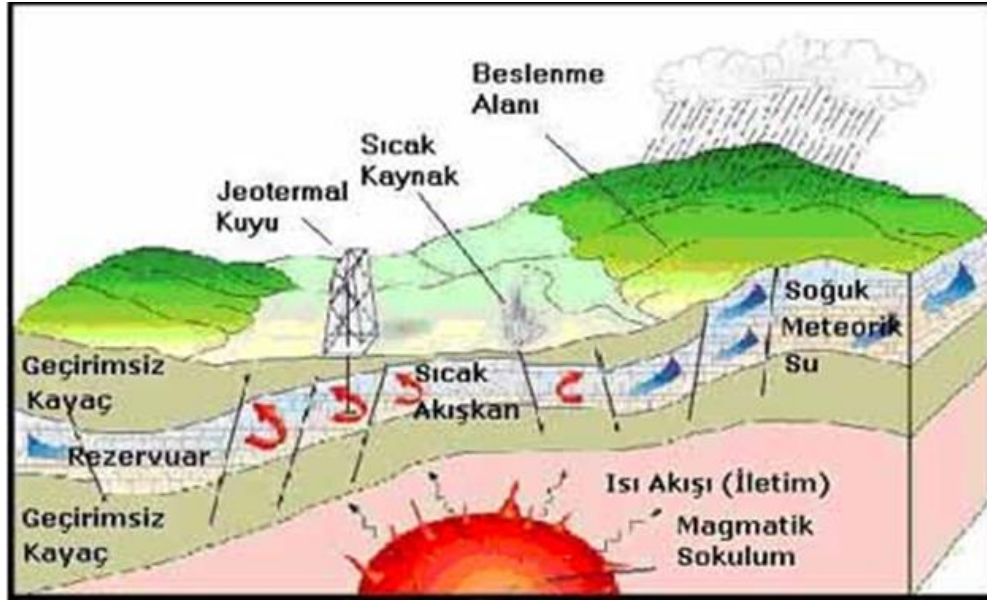
Şekil 1.3. Türkiye'nin elektrik enerjisi üretiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı (%) (2016) (BP Energy Outlook 2016 Edition)

Türkiye, Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) üye ülkeler arasında elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı açısından 12. sırada bulunmaktadır. Türkiye'nin 2023 hedefleri içerisinde yenilenebilir enerji kullanılarak elektrik üretiminde %30 seviyelerine çıkarılması beklenmektedir (Yılmaz, 2012).

İnsanlık tarihi boyunca jeotermal kaynaklar tedavi ve temizlik amaçlarına uygun olarak kullanılmıştır. Fakat aşırı nüfus artışı ve ilerleyen teknoloji ve endüstri karşısında var

olan enerji kaynaklarının tükenmeye başlaması ve gelecekte yetersiz kalacağı varsayımıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının arayışı, insanlığı jeotermal kaynaklara yönlendirmiştir (Görez ve Alkan, 2005).

Ülkemiz bulunduğu coğrafik konumu itibariyle yenilenebilir kaynakları açısından zengin ülkeler grubuna girmektedir. Ülkemiz için “Jeotermal Enerji” de önemli yenilenebilir kaynaklar arasındadır. Jeo “yer”, termal “ısı” anlamına gelmektedir. Jeotermal enerji, yerkabuğunun ince olduğu yerlerden çıkan sıcak sulara ve gayzerlere dayalı bir enerji türüdür. 1.500-10.000m derinliklere yaklaşan magmanın derin yeraltı sularını ısıtmasıyla oluşur (Arslan vd., 2001). Jeotermal sistemlerde kimyasal içeren sıcak su, gaz ve buhar bileşimi bulunmaktadır.

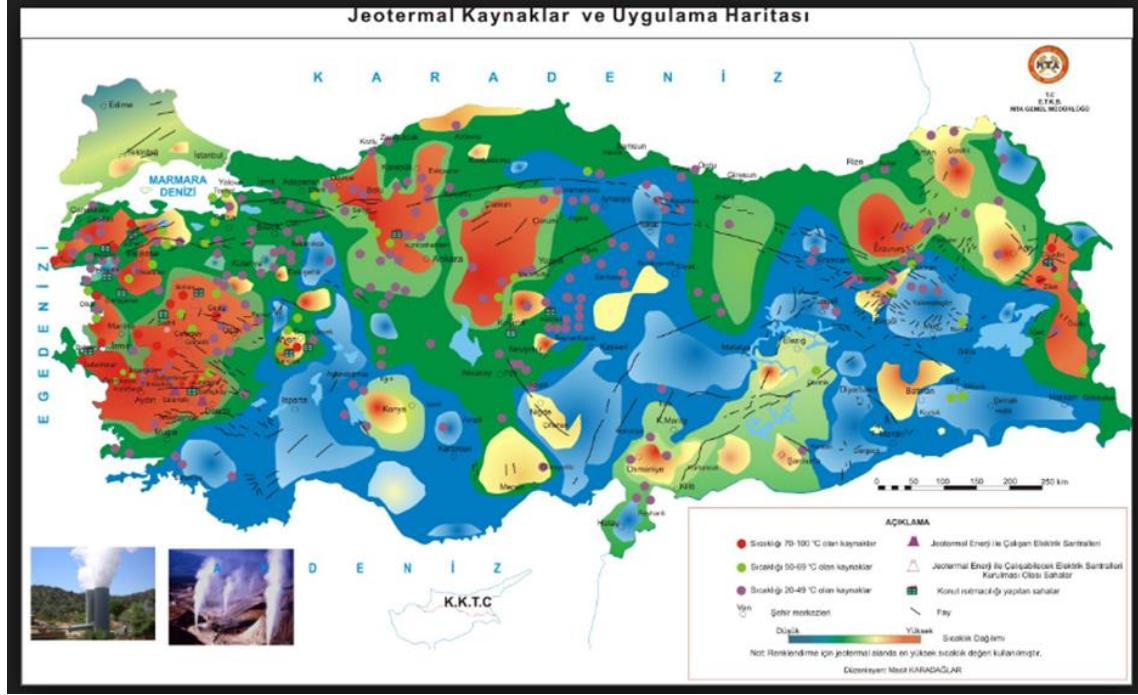


Şekil 1.4. Jeotermal Sistem (Anonim 2, 2021)

1.2. Türkiye’de Jeotermal Santraller

Ülkemiz, Alp-Himalaya hattı üzerinde bulunan ve aktif faylar barındıran coğrafik bir konuma sahiptir. Bu fay hatları boyunca ülkemizde fazlaca doğal sıcak su akışı bulunmaktadır. Uygun jeolojik şartlarda ve yerkabuğunun farklı derinliklerinde doğal olarak oluşan ve kendiliğinden yeryüzüne çıkan sıcak sular mineral, tuz ve çeşitli element özellikleri açısından farklılık göstermektedir. Bu kaynaklar sıcaklıkları ve kimyasal özellikleri bakımından değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme sonucuna göre bazı

jeotermal alanlar (20-70°C) bazıları da (70-150°C) düşük ve orta sıcaklıklarda bulunmasına göre bu kaynaklar bölgesel ısıtma, soğutma, tarımsal ürün kurutma, mineral tuz eldesi, termal turizm ve endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Elektrik elde etmek için yüksek sıcaklıklı (>150°C) alanlardan yararlanılmaktadır (Külekçi, 2009; Yılmaz ve Bayar 2006). (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Türkiye’deki Jeotermal Kaynaklar (MTA. 2013)

Ülkemizde yaklaşık olarak 1000 kadar doğal sıcak su kaynağı bulunmaktadır. Bu kaynaklar sıcaklık durumlarına göre farklı alanlarda kullanılmaktadır (Zaim ve Çavşı, 2018).

Tablo 1.1. Türkiye’de Jeotermal Uygulamalar

Kullanım Yeri	2002	2013	2017
Elektrik Üretimi	15 MWe	311 MWe	861 MWe
Konut Isıtması	275 MWt	813 MWt	1033 MWt
Sera Isıtması	100 MWt	600 MWt	760 MWt
Termal Kullanım	300 MWt	600 MWt	1050 MWt

MTA yapmış olduğu çalışmalarda 198 adet jeotermal alan tespit etmiştir. Bu çalışmalar sonucunda Türkiye'nin ısı potansiyeli 31.500 MW olarak hesaplanmıştır (Hepbaşlı ve Çanakçı,2003; MTA, 2013; Toklu, 2013). Yapılan incelemelere göre ülkemizde Batı Anadolu (%79) en büyük jeotermal potansiyeline sahiptir. Orta Anadolu (% 8,5), Marmara (% 7,5), Doğu Anadolu (% 4,5) ve diğer bölgeler (% 0,5)'dir. Türkiye'de elektrik üretimi için 20 uygun alan bulunmaktadır ve bunların tamamı Batı Anadolu'da yer alır (Zaim ve Çavşi, 2018). (Tablo 1.2).

Tablo 1.2. Batı Anadolu'daki Aktif Durumda Olan Jeotermal Enerji Santralleri

No	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç (MWe)	Santral Tipi	İşletmeye Alınma Yılı
1	Efeler	Aydın	Gürış Holding	115	Binary	2014
2	Kızıldere 2	Denizli	Zorlu Enerji	80	Flash+Binary	2013
3	Pamukören	Aydın	Çelikler Enerji	68	Binary	2013
4	Galip Hoca	Aydın	Gürış Holding	47	Flash	2009
5	Alaşehir	Manisa	Zorlu Enerji	45	Flash+Binary	2015
6	Maren	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	44	Binary	2011
7	Dora 3	Aydın	MB Holding	34	Binary	2014
8	Greeneco	Denizli	Greeneco Enerji	26	Binary	2016
9	Enerjeo	Manisa	Enerjeo Kemaliye Enerji Üretim	25	Binary	2016
10	Mehmethan	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	25	Binary	2016
11	Deniz	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	24	Binary	2012
12	Ken Kipaş	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	24	Binary	2015
13	Kerem	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	24	Binary	2014
14	Kubilay	Aydın	Çevik Grup	24	Binary	2016

Kaynak: (Zaim ve Çavşi, 2018)

Jeotermal alanlardan elektrik üretimi için yüksek sıcaklıktaki alanlardan yararlanılır. MTA tarafından tespit edilen jeotermal alan içinde yaklaşık 1100 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Ülkemizdeki bazı önemli jeotermal alanlara ait rezervuar sıcaklıkları Tablo 1.3'de gösterilmiştir.

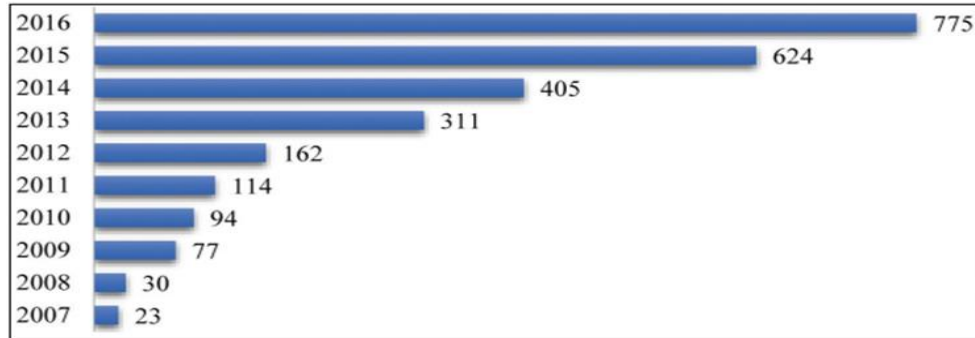
Tablo 1.3. Türkiye’de Elektrik Üretilen ve Üretilebilecek Jeotermal Enerji Sahaları

Saha Adı	Rezervuar Sıcaklığı (°C)
Kızıldere (Denizli)	212 - 242
Germencik-Ömerbeyli (Aydın)	232
Kurudere (Salihli)	213
Tekkehamam (Denizli)	210
Göbekli (Salihli)	182
Tuzla (Çanakkale)	174
Salavatlı (Aydın)	171
Eynal-Simav (Kütahya)	162
Caferbeyli (Salihli)	155
Seferihisar (İzmir)	153
İmamköy (Aydın)	142
Balçova (İzmir)	136
Dikili (İzmir)	130

Kaynak: (Zaim ve Çavşı, 2018)

Türkiye’nin jeotermal enerji üretim kapasitesinin yıllara göre değişimi Tablo 1.4’de verilmiştir.

Tablo 1.4. Türkiye’nin Jeotermal Enerji Üretim Kapasitesinin Yıllara Göre Değişimi (MWe) (Zaim ve Çavşı, 2018).

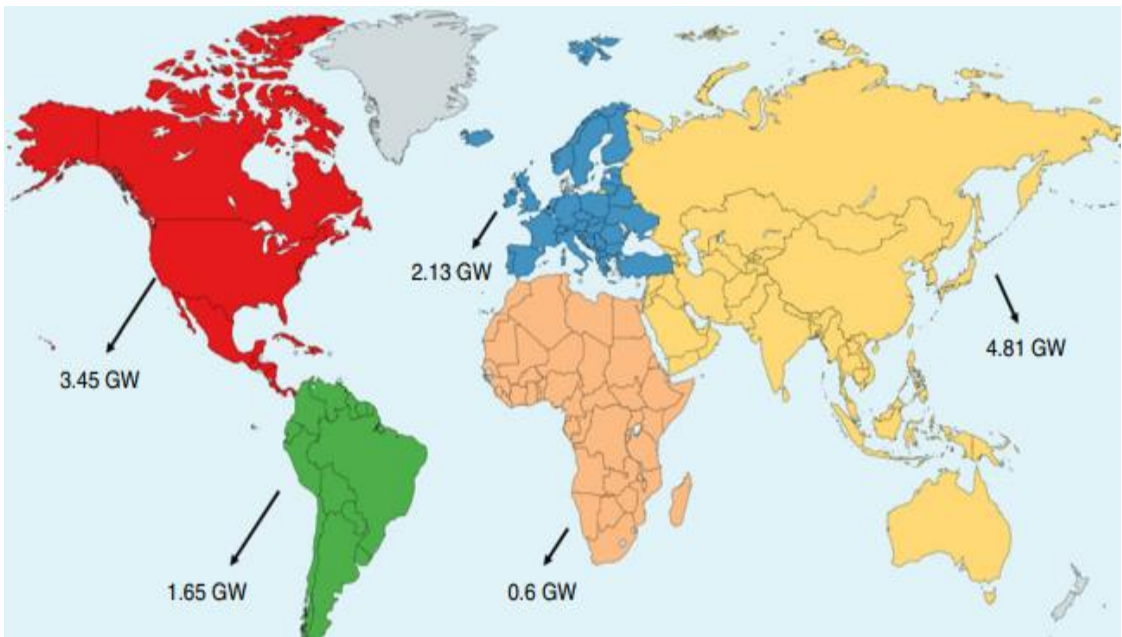


Kaynak: (Zaim ve Çavşı, 2018)

1.3. Dünya’da Jeotermal Santraller

Yenilenebilir kaynaklar arasında yer alan jeotermal enerji, jeotermal kaynakları bakımından zengin olan ülkelerde alternatif enerji kaynağı olarak dikkat çekmiştir. Bu

nedenle bazı ülkelerde, Türkiye’de olduğu gibi jeotermal enerji santralleri kurulmuştur. Özellikle elektrik üretiminin başlamasından 100 yıl sonra, jeotermal santrallerin kurulu gücü 25 ülkede 8900 Mwe'ye yükselmiş ve 56830 GWh/yıl enerji üretilmiştir(Lund, 2005). Dünya Jeotermal Kongresi (WGC2015 Avustralya) verilerine göre jeotermal enerji uygulamalarının toplam kurulu gücü son 70 yılda 200 MWe'den 21.44 GWe'ye yükselmiştir. Bu yenilenebilir kaynağın elektrikte kullanımı 1995 yılında 38 GWh tarafından başlatılmış ve 2015’de yaklaşık %100 oranında artmıştır(Dinçer ve Özcan, 2018). Şekil 1.6 da dünya üzerinde kıtalar bazında dünya jeotermal enerji kullanım haritası gösterilmiştir.



Şekil 1.6. 2015’de Dünya jeotermal enerji kapasitesi

1.4. Toprak

Kavramsal olarak katı organik ile inorganik beraberinde sıvı ve gaz fazlarının arazi yüzeyinde oluşturmuş olduğu uzayda da bir yer tutan doğal varlıktır. Toprak, dünyanın yüzeyinde bulunan dinamik bir biyolojik sistemdir (Atalay, 2008: 14).

Toprak; solucanlar, akarlar, örümcekler, böcekler, karıncalar ve termitler gibi omurgasızların yanı sıra organik madde, gazlar, mineraller, sıvılar ve algler, bakteriler ve mantarlar gibi çok çeşitli mikroorganizmalardan oluşmaktadır (Atalay ve Mortan, 2017).

Toprak, çoğunlukla bitki büyümesi için ortam, çeşitli organizmalar için habitat, su depolama, tedarik ve arıtma aracı olarak ve gazları yayarak, emerek Dünya atmosferinin bir değiştiricisi olarak hizmet etmektedir (Karaçağıl, 2013).

Toprak, ölü bitki ve hayvan dokularının parçalanması, depolanan besinlerin serbest bırakılması ve bitkiler tarafından kullanılabilir formlara dönüştürülmesini sağlayarak toprakta yaşayan organizmalar, dünyadaki karasal biyoçeşitliliğin büyük bir bölümünü temsil etmektedir. Ana kayadan ayrışarak oluşan, organik ve inorganik maddeler içeren, kalınlığı değişen örtü toprak olarak isimlendirilmektedir.

1.4.1. Toprağın Önemi

Toprak, bitkisel üretimdeki ortamda görev yapmasının yanı sıra muhteşem bir yapıyla ev sahipliği yapmış olduğu milyonlarca canlının vasıtası ile kirleticileri tutmasını; onların daha zararsız bileşikler haline dönüştürülmesine katkı sağlamaktadır.(Karaçağıl, 2013).Toprak yapısının özelliği, biyolojik aktivitenin artmasında, çevre kalitesinin korunmasında ve bitkisel alandaki üretimin işlevlerini yerine getirmesinde önem teşkil etmektedir.

1.4.2. Toprak Çeşitleri

Toprak oluşumunda etkili olan etmenler arasında iklim, topoğrafya, yükselti, bakı, eğim ve drenaj bulunmaktadır (Güngördü, 2010). Zamanla fiziki ve kimyevi ayrışmayla oluşan topraklar, ana kaya ve iklim faktörleri sonucunda çok çeşitli türlere dönüşmektedir.

1.4.2.1. Zonal Topraklar

Çalışma sahası türlü iklimler etkisinde olup, kireçsiz kahverengi orman toprakları, kahverengi topraklar ve kestane renkli topraklar şeklindedir (Taşçıoğlu ve Aydın, 2017). Bunlar içinde, kireçsiz kahverengi orman toprakları geniş dağılım gösterir.

1.4.2.2. Kestane Renkli Topraklar

Kestane renkli topraklar, orta kuşak karaların iç taraflarında hakim olan yarı kurak iklim ve uzun boylu bozkırda karakteristik olan topraktır. Yağışın az olması nedeniyle alt toprakta karbonatlar yığılmıştır. Bu nedenle toprağın besin maddeleri açısından zengin olduğu görülmektedir. Bu tür topraklar, bozkırın nispeten nemli kesiminde uzun boylu çayırlar ve kurakçıl orman altında gelişmektedir. Karbonat birikim zonuysa daha derindedir (Atalay ve Mortan, 2017).

1.4.2.3. Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları

Bu topraklar, iklime bağlı olarak görülmektedir. Depresyon sahasında etki gösteren alüvyon topraklarla kayalık olan sahada etkili olan kahverengi orman toprakları dışında, yaygın görülmektedir. Kireçsiz kahverengi orman toprakları daha çok yükselti dışında ve ortalama sıcaklıkların 5°C-21°C arasında değiştiği ve sıcaklığın az olduğu yerlerin dışında dağılım göstermiştir. 1000 - 2000m yükselti arasında granit, silisli şist, andezit kayaları üzerinde yaygın görülmektedir. Ana materyalde serbest şekilde kireç bulunmaması kil birikimini kolaylaştırmaktadır. Kireçsiz kahverengi orman toprakları, kahverengi orman toprakları gibi hafif ve orta derecede alkalin özellik taşımaktadır. Dağ eteklerinde kaba şekilli, platolar üzerinde de orta şekilli özelliğe sahiptirler. Bu toprakların yayıldığı bölgeler, genelde ormanlarla kaplıdır (Oing vd., 2015).

1.4.2.4. Kahverengi Topraklar

Kahverengi topraklar, kolüvyal topraklar ve kahverengi orman topraklar ile sınırlıdır. Bu tür topraklar yıkanma az olduğu için kalsiyum karbonatça zengindir ve kireç birikimi görülmektedir. Ilıman karasal iklimin yoğun olarak hissedildiği bozkır bitki örtüsü altında gelişen topraklardır. Yağış yetersizliğinden dolayı üst topraktan karbonatlar uzaklaşmamıştır. Bitki örtüsü gür olmadığı için humus bakımından fakirdir. Yağış oranı fazla olmadığı için tuz birikimi görülmektedir Verimsiz topraklardır fakat sulama ile tahıl tarımı için uygun hale gelmektedir (Güngördü, 2010).

1.4.2.5. Kahverengi Orman Toprakları

Kahverengi orman toprakları, ılıman kuşakta yaprağını döken orman örtüsü altında görülmektedir. Bu topraklarda podzollaşmanın aksine, organik madde üst topraktaki mineral maddeye karışmıştır. Yağışın fazla olduğu yerlerde karbonatlar yıkanarak topraktan uzaklaşmıştır. Kahverengi orman toprakları, genellikle granüler yapıda ve orta derecede organik madde içermektedir (Atalay, 2008). Bu topraklar, asit reaksiyonlu kireçsiz topraklar olarak da isimlendirilmektedir. Buna karşın, yağışın az olduğu sahalarda karbonatlar B horizonunda birikmektedir. Hafif alkali reaksiyon gösteren bu topraklar, kireçli orman toprakları olarak da bilinmektedir. Bu toprakların olduğu yerlerin büyük kısmında ph değeri, 7'nin üzerindedir. Kahverengi orman topraklarının tuz derecesi çok düşüktür (Taşcıoğlu ve Aydın, 2017). Zaman zaman veya devamlı taşkınların olduğu ovalar, havza ve deltalar nehir kenarlarında ya da taşkın olan yerlerde gelişmektedir. Çevresindeki aşınmanın olduğu eğimli yerlerde ise litosol ve kolüvyaller görülmekle birlikte horizonlaşma ve toprak gelişimi olmamaktadır (Atalay ve Mortan, 2017).

1.4.2.6. Alüvyal Topraklar

Azonal topraklardan olan alüvyal topraklar, ovalık alan ve vadi tabanlarında görülmektedir. Bu tür topraklar, drenajın iyi olması sebebiyle tarıma elverişli topraklardır. Genellikle malzeme olarak kil ve killi tından oluşan alüvyal topraklar, orta derecede alkali özellik taşımaktadırlar (Çiftçi, 2017).

1.4.2.7. Kolüvyal Topraklar

Kolüvyal topraklar daha çok yamaçlarda görülmektedirler. Alüvyal topraklar gibi taşınmadığı için kaba bünyelidir. Eğimli sahalarda görülen bu topraklar köşeli ve kumlu malzemeler içermektedir. Eğimli yamaçlarda taşınan malzemeler eteklerde birikmektedir. Eğimin fazla olduğu yerde taşınan malzeme boyutu büyük kalırken, eğimin az olduğu yerde taşınan malzeme boyutu küçülmektedir (Karpuzcu, 2010).

1.4.2.8. İntrazonal Topraklar

Eğimli alanlarda gelişen bu grup, ana materyal özelliklerini gösterirken horizonlaşma gelişmemektedir. Volkanik malzemenin olduğu alanlarda kumlu çakıllı, kireçtaşlarının olduğu yerlerde ise kireçli olarak görülmektedir. (Atalay, 2008).

1.4.2.9. Rendzinalar

Neojen kalkerler üzerinde gelişen bu topraklar kaba bünyelidir ve A horizonu yıkanmış olmasına rağmen kalsiyum karbonatça zengindir. Sığ ve ganüler yapıda olan A horizonu organik madde içermekte ve karaçamlar yaygın olarak yetişmektedir. Bu tür topraklar, kolüvyal topraklar ve kahverengi orman toprakları tarafından sınırlandırılmıştır (Ören vd.,2009).

1.4.3. Toprak Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

1.4.3.1. Toprağın Fiziksel Özellikleri

Toprağın fiziki özelliklerini, toprağın katı fazını teşkil eden maddelerin boyutları, onların birbirine bağlanma durumu, agregat sistemleri, agregat veya toprak parçalarının dizildikleri ve durdukları şekiller oluşturmaktadır(Çiftçi, 2007). Toprağın fiziki özellikleri, toprağın havalanma, suyun toprağa süzülmesi ve alıkonması, köklerin nüfuzunu, toprakta bitki besin unsurlarının tutulmasını önemli oranda belirlemektedir. Söz gelimi kil gibi ince unsur içeren maddelerle oluşan toprak kütlesi zor havalanır ve suyun zor sızdırır. Bunun yanı sıra taneli yapıya sahip topraklarda havalanma ve su dolaşımı mükemmeldir.

1.4.3.2. Toprağın Yapısı

Toprağın katı fazını kil, mil ve kum boyutunda malzemeler oluşturmaktadır. Bu boyutta malzemelerin topraktaki nispi miktarları ve birbirlerine göre oranları toprağın tekstürünü oluşturmaktadır (Şimşek vd., 2007). Toprağı tekstür sınıflarına ayırma işlemi

yapılırken toprağın kimyasal bileşimi, renk, ağırlık ve diğer nitelikler gözlemlenmeden sadece farklı boyutlarda parçaların toprakta yer alan yapıları esas alınır. Toprağı oluşturan parçaların boyutları küçüldükçe 1gr'daki parçacık sayısı artmakta ve parçaların yüzeyi genişlemektedir. Özellikle kilin parçacık sayısının ve yüzey alanının aşırı geniş olduğu görülmektedir. Kum büyük ebatlı olup, eşit ağırlıktaki kil minerallerinden daha çok yüzey işgal etmektedir. Bu bakımdan kumun, toprağın kimyasal ve fiziksel aktivitesindeki rolü ihmal edilebilecek kadar azdır. Belli başlı tekstür sınıfları: Kil, killi balçık, balçık, kum, balçıklı kum, kumlu balçık, kumlu killi balçık, kumlu kil, mil, milli balçık, milli killi balçık, milli kil şeklindedir (Şimşek, 2010).

1.4.3.3. Toprak Strüktürü

Toprağın strüktürü, toprak parçalarının birleşerek oluşturduğu sıralanma ve onların duruş şekilleridir. Bir toprak profilindeki değişik horizonların strüktürü toprağın rengini, tekstür veya toprağın kimyevi bileşimini ortaya çıkarmakta ve toprağın ana karakterini yansıtmaktadır. Toprağın strüktürü, toprağın tekstür etkisi sonucu değişir; bunun yanı sıra nem, havalanma durumu, mikroorganizma faaliyetleri, kök büyümesi, toprağın besin maddelerinin bitkilerce alınması üzerinde de etkili olmaktadır (Şimşek, 2010). Toprak strüktürü esasen taneli, blokumsu, levhamsı ve prizamsı olarak dört ana türe ayrılır. Toprak strüktürü, toprakta yer alan boşlukların şekillenmesi bağlamında oldukça önemlidir ve toprakta su ve hava dolaşım ve hareketini belirlemektedir.

1.4.3.4. Toprağın Ağırlığı

Toprakta yer alan gözenekler ya da boşluklar havayla ve suyla dolar. Bitkilerin beslenmeleri için gereken su ve hava dolaşımı toprağın gözenek miktarı ve ebatına bağlıdır. Toprak ağırlığı, topraktaki gözenek miktarına bağlıdır. Toprak ağırlığı hesaplanırken iki durum dikkate alınmaktadır (Güngördü, 2010). Bunlardan ilki, sadece toprak kitlesi esas alınmak suretiyle hesap edilen yoğunluktur ve topraktaki boşluklarca oluşturulan hacim dikkate alınmaz. İkincisi ise toprak parçaları arasındaki gözenek veya boşluklar hacime katılarak bulunan toprak ağırlığıdır.

1.4.3.5. Toprağın Rengi

Toprak rengi, toprak oluşumunda ayrışma olaylarının şiddetini ve evrimini yansıtmaktadır. Toprak oluşmaya başladığında, rengi ana malzemeninkine benzer. Ayrışma ilerledikçe, oksidasyon artar ve organik madde toprakla karışır, toprağın rengi koyulaşır. Organik madde, demir ve manganez bileşikleri toprağa renk veren elementlerdir. Organik madde oranı arttıkça, toprağın rengi koyulaşır ve koyu siyah topraklar oluşur (Taşçıoğlu ve Aydın, 2017). Demir mineralleri tarafından üretilen renkler kahverengi, kırmızı ve sarıdır ve bu renkler demir hidroksitlerden meydana gelir. Topraktaki yeşilimsi ve mavimsi renkler bir azalma olayını gösterir. Bu renkler drenajın zayıf olduğu ve havalandırmanın iyi olmadığı koşullarda oluşur.

1.4.3.6. Toprağın Sıcaklığı

Toprak sıcaklığı, topraktaki bitkilerin büyümesi, mikroorganizmaların aktivitesi, organik maddenin bozulması ve mineralizasyonu ve topraktaki kimyasal olayların devam etmesi için önemlidir. Toprak sıcaklığı ve nemi yeterli ise, topraktaki biyolojik ve kimyasal faaliyetler devam eder. Zemin donduğunda bu aktiviteler durur (Taşçıoğlu ve Aydın, 2017). Toprak sıcaklığının dengesi, güneş enerjisinin tutulmasına veya ısıtılmasına bağlıdır. Karanlık topraklar gelen enerjinin %80'ini, hafif kuvars kumları ise %30'unu tutar (Taşçıoğlu ve Aydın, 2017). Toprakta tutulan sıcaklık, suyun buharlaşmasına, zemin yüzeyindeki havanın ısıtılmasına, zeminin ısıtılmasına ve uzun dalga ışınları şeklinde atmosfere geri dönmesine ayrılmıştır. Toprağın ısınması ve soğuması, topraktaki su miktarına, organik maddeye ve toprak yüzeyini kaplayan bitki örtüsüne bağlıdır (Taşçıoğlu ve Aydın, 2017).

1.4.3.7. Toprağın Kimyasal Özellikleri

Kimyasal açıdan bakıldığında, topraklar basit tuzlardan ve çok karmaşık olan organik ve inorganik bileşiklerden başlayarak çok sayıda maddeden oluşur. Topraktaki kimyasal olaylar sürekli olarak devam ettiğinden, toprağın bileşimi de sürekli değişir (Taşçıoğlu ve Aydın, 2017). Bitki büyümesi ve beslenmesi açısından önemli olan kimyasal olayların

başında; topraktaki bitki besin maddelerinin miktarı, bu besin maddelerini depolayan emilim kapasitesi ve iyon değişimi ve toprağın reaksiyonu gelir. Topraktaki mineral besin maddeleri açısından toprağın kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, genellikle inorganik ve organik toprak kolloidlerinden, kilden, toprak katyon değişim reaksiyonundan ve bitki besinlerinden oluşan ana hatlara odaklanacaktır. Topraktaki besinler kaya substratından mineral elementler oluşturur. Sekiz element katı yer kabuğunun %98'ini oluşturur. Bunlar sırasıyla oksijen, silikon, alüminyum, demir, kalsiyum, sodyum, potasyum ve magnezyumdur. Bunlardan oksijen ve silikon kayaların %75'ini oluşturur (Taşçıoğlu ve Aydın, 2017).

Topraktaki kolloidal durumdaki kil ve organik madde geniş bir alana sahip olduğundan, yapılarında su ve iyonlar toplarlar. Ayrışma sırasında serbest kalan Ca, Mg, K, Na, Al, H gibi bitki besinleri olan katyonlar humus ve kil parçacıklarının yüzeyinde tutulur. Yani, CO₂, ıslak bölgenin toprağındaki organik maddenin ayrışmasıyla oluşur, kireç bakımından zengindir ve bu nedenle toprak çözeltisinde karbonik asit (H₂CO₃) bakımından zengindir. Bu asitteki H iyonu yaklaşık yer değiştirme özelliğine sahiptir. Böylece, Ca iyonları H iyonlarla değiştirilir. H toprak çökeltme suyu ile yıkanmaya devam eder, H iyonlarının ve topraktaki diğer iyonların yer değiştirmesi nedeniyle H iyonlarının konsantrasyonu artar (Taşçıoğlu ve Aydın, 2017).

Anyonlar kil minerallerinde OH grupları ile değiştirilir ve bu gruplar kaolinitte montmorillonit kilinden daha büyüktür. Bu nedenle, kaolinit killerinin baskın olduğu ıslak ve kurak bölgelerde anyon değişimi en yüksektir. Bu alanlar fazla genişlemese de, bazı topraklarda nemli tropiklerde fazla ayrışmayan az miktarda kaolinit vardır. Bu topraklar pozitif bir yük gösterir. Böylece, kolloidal topraklar pozitif bir yük ile yüklenir; nitrat ve klorür anyonları emilir ve sonuç olarak, bu toprak bazlarının çözelti içindeki toprak doygunluğu azalır ve yıkamaya karşı çok hassastırlar, fosfat iyonları ve hidroksil sülfat (OH) sabitlenir ve bağlanır. Bu topraklarda yüksek derecede potasyum tespit etme yeteneğine sahiptir ve tabii ki fosfor düşük seviyede kalabilir (Taşçıoğlu ve Aydın, 2017).

1.4.4. Toprağın Yapısını Etkileyen Faktörler

1.4.4.1. İklim Etkisi

Toprak oluşumunda en önemli faktörlerden biri iklimdir. Fiziksel parçalanma ve kimyasal ayrışma olayları, bitki örtüsünün çökmesi, toprağın yıkanması ve organizmanın topraktaki faaliyetleri iklime bağlıdır. Örneğin, çöllerde, kimyasal çözülme yetersiz olduğu için toprak oluşumu geciktirilir. Sulak alanlarda, toprağın aşırı yıkanması nedeniyle, toprak besin bakımından fakir kalır, çünkü toprağın üst kısmından gelen mineraller infiltrasyon ile alt katmanlara taşınır (Karaçağıl, 2013). Aksine, kurak bölgelerde, topraktaki kireç / tuz oranı yüksektir ve toprak etkisizdir, çünkü yıkama yeterli değildir. Topraktaki humus miktarı da iklime bağlıdır. Kurak iklime sahip bölgelerde bitki örtüsü zayıftır, toprak humusta düşüktür ve bitki örtüsünün gür olduğu yerlerde zengindir. Ancak Ekvator kuşağı, Karadeniz'in doğu kıyısı gibi bol yağışlı bölgelerde, topraktaki humusun bir kısmı su ile taşındığından ve mikroorganizmaların tüketimi nedeniyle humus azalır, toprak etkisiz hale gelir (Karaçağıl, 2013).

1.4.4.2. Ana Kaya Etkisi

Mineral özellikleri, mukavemeti, kaya sertliği toprağın karakterini belirler. Ayrışırken, ana kayanın gücü önemlidir. Sert ve dirençli erüptif (magmatik) kayaların ve metamorfoz kayalarının ayrışması zordur, dirençli olmayan ve yumuşak tortul kayaların ayrışması daha kolaydır (Karpuzcu, 2010). Ek olarak, ana kayanın türü ve bileşimi doğrudan toprağın yapısını etkiler. Kaya türüne bağlı olarak, toprak kireçli, fosforlu, killi veya kumlu hale gelir.

1.4.4.3. Zaman Etkisi

Ana kayanın ayrışması, minerallere ayrışması ve toprağa dönüşmesi, bitkilerin ve diğer canlıların oluşan toprağa yerleşmesi, organik maddenin ayrışması ve humusa dönüşmesi ve toprağın horizonlaşması için bazı iklim bölgelerinde yüzlerce hatta binlerce yıl geçmesi gerekecektir. 1 cm kalınlığında toprak oluşumu için en az 100-150 yıl gerekmektedir (Karpuzcu, 2010).

1.4.4.4. Yerçekilleri Etkisi

Yüksek sıcaklıkta ve düşük nemde kimyasal çözülme yeterli olmayabilir ve taşlar fiziksel parçalanma ile parçalanır. Toprak oluşumu, yüksekliğin aşırı olduğu yerlerde yavaş yavaş gerçekleşir. Eğimli yüzeylerdeki ayrılmış malzemeler, dış kuvvetlerin ve yerçekiminin etkisi altında sürekli olarak taşınır (Çiftçi, 2017). Toprak örtüsü eğimden uzaklaştıkça yüzer ve toprak tabakası eğimli noktalarda inceltir. Baki, bronzluk ve nem açısından farklı bir eğim yapar. Bu fark, farklı toprak türlerinin oluşumuna yol açar. Eğimin güneşe olan ortalama sıcaklığı yüksek olduğundan, toprak oluşumu daha hızlıdır, toprak tabakası daha kalındır (Çiftçi, 2017). İklim, bitki örtüsü ve canlılar, dağların kıyıya paralel olduğu kıyı ile uzunlamasına kıyıların iç kısımları arasında farklılık gösterdiğinden, toprak özellikleri de farklıdır (Çiftçi, 2017).

1.5. Toprakta Yaşayan Canlı Grupları Önemi ve Etkileşimi

Toprak yüzeyine düşen dallar, yapraklar ve meyveler gibi bitki kalıntıları (iklim koşullarına bağlı olarak birkaç ay ile birkaç yıl içinde) mikroorganizmalar tarafından parçalanır ve humus adı verilen canlı kalıntılara dönüştürülür. Bu humus, canlılar sayesinde toprağa karışır ve toprağın verimini artırır (Karpuzcu, 2010). Tavşanlar, tarla fareleri vb. gibi canlılar da toprağı havalandırmak ve yüzeyi toprak derinlerine getirmek gibi önemli bir karıştırma görevi yerine getirir. Bitkiler ve hayvanlar da toprak oluşumunu etkiler. Bitkiler, yağmurla birlikte düşen suyun toprağa nüfuz etmesine izin verir ve toprağı kökleriyle tutarak erozyonu önler. Bitki ve hayvan artıkları ve kalıntıları toprakta çürür ve toprağın verimini artırır (Karpuzcu, 2010).

1.6. Toprak İçindeki Biyota

Toprak mikroorganizmalarının tümü edafon ifadesiyle tanımlanır. Organizasyon nitelikleri dikkate alınmaksızın toprak biotası şöyledir:

Mikrobiota: Alg, protozoa, mantar ve bakteriler,

Mezobiota: Nematodlar, küçük arthropodlar ve enchytraeid kurtları, kollemboller,

Makrobiota: Yer solucanları, yumuşakcalar, büyük enchytraeidler ve arthropodlar olarak alt gruplara ayrılır (Taşçıoğlu ve Aydın, 2010);

Makrobiota içinde bitki kökleri, kazıcı kemirgenler, sürüngen ve hem suda hem karada yaşayabilen hayvanlar bulunur. Edafonu teşkil eden öğelerden toprak florası terimi pek doğru bir terim değilse de kullanılmaktadır (Taşçıoğlu ve Aydın, 2010). Aslında toprak mikroorganizmaları (mikroflora) tam olarak ne bitkilere ne de hayvanlar grubuna ait değildir. Yüz yıl öncesi canlıların iki büyük alemde değerlendirilmesi bitki ve hayvanların şekil, yapı, beslenme özellikleri farklılıklarına dayanmaktadır. Mikrobiyoloji çalışmalarının ilerlemesiyle, bazı özelliklerle bitkilere, bazı özelliklerle de hayvanlara benzemelerinden dolayı mikroorganizmaları ayrı bir sınıflamaya gereksinim doğmuştur (Taşçıoğlu ve Aydın, 2010). Bu nedenle canlılar dünyası hayvanlar, bitkiler ve protistler olarak üç ana gruba ayrılır.

1.6.1. Toprak Mikro Biyotası

Bakteriler ve mantarlar toprak mikroorganizmalarında en iyi bilinen organizmalardır. Bunun nedeni, enerji akışının çoğunun ve besin maddelerinin karasal ekosisteme aktarılmasının bu organizma grupları tarafından gerçekleştirilmesidir. Daha önce de belirtildiği gibi, bazı mikrobiyologlar biyolojik organizasyonları nedeniyle ayrı bir bitki ve hayvan grubundan mikroorganizmalar toplayarak buna protista adını verdiler. (Karpuzcu, 2010). Bu grubun üyeleri, çok hücreli olduklarında bitki ve hayvan dokularının özelliklerinden farklı olan tek hücreli veya çok hücreli canlılardır.

1.7. Kuraklık, Tuzluluk ve Pestisitler

Hidrolojik kuraklık, yeraltı suyu kaynaklarının, yüzey suyunun veya yağış dönemlerinin etkisi ile ilişkilidir. Uzun süreli meteorolojik kuraklık durumunda hidrolojik kuraklıktan bahsedilir (Şimşek vd., 2008). Uzun süreli yağış kıtlığı, kaynak seviyeleri, yüzey akışı ve toprak nemi gibi hidrolojik sistemin bileşenlerinde kendini gösterir. Yeraltı suyu nehir ve göl seviyesinde keskin bir düşüşe neden olur. İnsan, bitki ve hayvan yaşamı için büyük bir tehlike oluşturur (Ören vd., 2009). İklim, hidrolojik kuraklıkta en önemli faktör olmasına rağmen, arazi kullanımı (örneğin ağaç kesimi) ve toprak verimsizliği

bölgenin hidrolojik özelliklerini etkiler. Bölgeler hidrolojik sistemleri ile birbirine bağlı olduğundan, meteorolojik kuraklığın etkisi nedeniyle yağış sıkıntısı olan alanların sınırları genişleyebilir (Şimşek vd., 2008). İnsan faaliyetleri; arazi kullanımında değişikliklere neden olduğu için kuraklığı artırmakta ve su kıtlığını artıran faktörler arasında en önemli nedenlerden biri olduğu gözlenmektedir (Tiryaki vd. 2012).

1.8. Toprak Kirliliğinin Toprak Mikrobiyotası Üzerine Etkileri

Toprak kirliliğinin başlıca nedenleri ağır metaller ve herbisitlerdir. Herbisitler, tarımsal alanlarda yabancı ot büyümesini kontrol etmek için kullanılan kimyasallardır (Çiftçi, 2017). Tarım alanlarındaki yabancı ot popülasyonları (belirli bir durumda istenmeyen bir bitki), mahsul verimindeki düşüşün ana nedenlerinden biridir. Herbisitlerin kullanımı, diğer yabancı ot kontrol yöntemlerinden daha ucuz, daha güvenilir ve daha hızlı olan etkili bir yabancı ot yönetim aracıdır (Qing vd., 2015). Absorpsiyon, herbisitlerin toprak parçacıkları ve su arasındaki desorpsiyonu sadece topraktaki taşınımını ve kalıcılığını büyük ölçüde etkilemekle kalmaz, aynı zamanda yeraltı suyunun kirlilik seviyelerini de doğrudan belirler. Absorpsiyon, herbisitler toprakla temas ettiğinde ortaya çıkan ve hedef olmayan organizmalara infiltrasyon, biyoyararlanım veya toksisite gibi diğer süreçleri etkileyen ilk işlemdir (Ören vd., 2009).

1.9. Çevresel Etkiler

1.9.1. Endüstriyel Gelişimin Toprak Üzerine Etkileri

Bitkisel ve hayvansal üretime ek olarak, dünyadaki tüm canlıları tehlikeye atan ağır metaller de insan sağlığını tehdit etmektedir. Artan sanayileşme, otomobil üretiminin hızlanması nedeniyle her geçen gün artan endüstriyel atıklar, ağır metaller açısından çevremizi önemli ölçüde kirliletmekte ve tarım alanları da bu kirlilikten pay almaktadır (Karpuzcu, 2010). Özellikle çevreye karşı çok hassas olan Avrupa ülkeleri, çevre ile ilgili ciddi yasa ve yasaları kabul etmiş ve tarım bölgeleri olan ülkelerinde bulunan toprak ve su kaynaklarını garanti altına almıştır. Ülkemizde son yıllarda kurşun içeren benzin üretiminin durdurulması gerçekten sevindirici olsa da, endüstriyel atıkların kontrolü için yeterli

görülmemektedir. Toprak ve su kaynaklarımızı ağır metal atıkları tehdidinden kurtarmak için mümkün olan en kısa sürede ciddi yasalar çıkarmak büyük önem taşımaktadır (Karpuzcu, 2010). Topraktaki ağır metallere, serbest iyonik durumda hareket ettiklerinde, suyun doğasını bozmak, mikroorganizmalara zarar vermek, besin zincirine girmek, dolaylı olarak diğer canlılara zararlı olmak, plazmayı sertleştirmek, şişmek, proteinleri çöktürmek gibi birçok işleve sahiptir. Aynı zamanda suda nefes almak için, temel su ile karıştırıldığında bitkilerin yapısına girer. En tehlikeli olanı, yoğunluğun azalmasına ve dolayısıyla O₂ tüketimine neden olmasıdır. Ağır metallere toksisite derecesi; metalin konsantrasyonu, varlığının şekli (metal, iyon, organik bileşik.vb.), bireyler, türler, etki süresi, yer vb. faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Topraktaki ağır metal yardımcı programları; pH değişimleri, organik madde ve gübre işleme, uygun bitki seçimi, fiziksel stabilizasyon, güçlü asit yıkama, kireçlenme, fosforlu gübre ağır metal şelatörleri ile yıkama teknikleri ve fitoremediasyon olarak uygulanması agronomik uygulamalar ile en aza indirilebilir (Taşcıoğlu ve Aydın, 2017).

1.9.2. İklim Değişikliğine Etkisi

Küresel iklim değişikliği, dünya var olduğundan beri devam eden doğal bir döngüdür. Yaşamın bilinen formatı ile başladığı dönemlerden günümüze kadar atmosferin sıcaklığı 12-22°C arasında değişmiştir. Bugün atmosferin ortalama sıcaklığının 13°C olduğu göz önüne alındığında, bugün son bir Buzul çağından sonra yaşadığımızı söyleyebiliriz. Atmosferin sıcaklığını ve toprağın radyasyonunu güneş radyasyonu ile dengelemek için sisteme "sera etkisi" denir. Bu doğal sistem, atmosferin sıcaklığını milyonlarca yıl boyunca belirli bir dengede tutan atmosfer üzerinde ince bir örtü olarak düşünülebilir. İklim değişikliği biliminde sera etkisinin önemi büyüktür. Güneş ışınları (343 Watt/m²) atmosfere girer-bazıları (103 watt/m²) bulutlardan yansır ve uzaya geri döner – Diğerleri dünya yüzeyine ulaşır (240 watt/m²). Toprak (72 watt/m²) atmosfer kalanı yansıtır (168 Watt/m²) ve yeniden bu ışınlar belirli bir miktar emer. Sera etkisi, sera etkisini artırır, daha büyük bir enerji birikimi, örneğin, 1750-2005 yılları arasında yol açacağını oluşturan gaz miktarını artırmak, karbondioksit salınımının ana sera gazı, %35 oranında artmıştır. Bu artış, bir diğer önemli sera gazı olan metanda yüzde 148'lik bir orana sahiptir. Bu oranlar, insan kaynaklı iklim değişikliğinin en somut kanıtıdır (Poyraz, 2016).

Sera gazları insanların günlük aktivitelerinden gelir. Örneğin, endüstriyel proseslerdeki çeşitli endüstriyel sera gazlarına ek olarak, prosese bağlı olarak karbondioksit ve su buharı gibi doğal sera gazları salınır. Benzer şekilde, CO₂, petrol kaynaklı fosil yakıtlar kullanan araçlar tarafından atmosfere salınır. Her geçen gün artan araç sayısı ve özellikle ülkemizde ulaşım ve karayolu taşımacılığının büyük bir yüzdesi CO₂ emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Tarım alanlarından kaynaklanan metan emisyonları ve karbonu yutmak için en büyük alanlar olan orman alanlarının azaltılması, sera etkisi yaratan gazların yoğunluğunu artıran diğer faktörlerdir. Kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlara dayalı üretim, ulaşım ve enerji arzı modelleri, insan yapımı iklim değişikliğinin en önemli nedenleri olarak kabul edilmektedir. Sonuç olarak, her gün daha temiz üretim ve nakliye modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada, sıvılaştırılmış gaz ve doğal gazın da çok masum olmadığını vurgulamak gerekir. Parçacık oranı bakımından daha temiz olarak sınıflandırılabilen bu gazlar, genel olarak sera gazlarının etkisini artırma özelliğine sahiptir. Türkiye'de doğal gaz yoğunluğu olan binaların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Binalardaki fosil yakıt tüketimi, ülkenin toplam sera gazı emisyonlarının %10'unu oluşturmaktadır. Doğal gazın yaygın olarak kullanıldığı bir diğer alan ise elektrik üretimidir. Toplam sera gazı emisyonlarının %25'ini elektrik üretimi hesapta fosil yakıt kullanımı kaynaklı emisyonlardır (Demirtaş ve Özdemir, 2013).

1.10. Jeotermaller ve Etkileri

1.10.1. Jeotermaller ve İşlevi

Jeotermal Enerji, dünya ve ısı anlamına gelen jeo ve termal kelimelerden oluşur. Temel olarak, jeotermal enerji Dünya'nın alt katmanlarında bulunur. Bir tür termal enerji olarak tanımlanır ve çok önemlidir. Bu enerji kaynağı yüzyıllardır suyu ısıtmak, sağlık amaçlı tıbbi bakım veya yemek pişirmek için kullanılmıştır. Jeotermal enerjinin bilimsel tanımına bakarsak; sıcaklıkları bölgeye göre değişen ve daha fazla erimiş mineral tuzları ve gazları içeren, yerkabuğunun derinliklerinde bulunan ve yeryüzündeki havzalar tarafından beslenen su ile potansiyelini oluşturan birikmiş ısının neden olduğu su ve buhardan oluşan hidrotermal bir küttedir. Bazıları, susuz sert kayaların oluşturduğu yeraltı sistemlerinin (granit gibi) jeotermal enerji olarak da kabul edildiğini bildirmiştir (Demirtaş ve Özdemir, 2013).

Jeotermal enerji, Dünya'nın yer kabuğunun içerisinde oluşan ve doğrudan elektrik üretmek veya binaları ısıtmak, soğutmak gibi insan kullanımını için kullanılan yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır. Jeotermal potansiyeli açısından Avrupa'da birinci, dünyada yedinci sırada olan ve 31,5 GW enerji üretme potansiyeline sahip olan Türkiye gibi dünyanın farklı ülkelerinde jeotermal kaynakların geliştirilmesine ve kullanımına büyük ilgi oluşturmuştur. Jeotermal enerji kömürden nispeten ekolojik olarak daha temizdir ve petrol, gaz rezervlerini tüketmek için iyi bir alternatiftir (Arslan S. ve ark., 2001).

Söz konusu kayaçlar herhangi bir sıvı içermese de, zeminin derinliklerinde hem sıcak hem de kuru kayalardır ve ısı belirli teknik yöntemler kullanılarak kullanılır. Geniş anlamda düşünürsek, yer kabuğunda depolanan termal enerji jeotermal enerjiyi oluşturur (Poyraz 2016). Yeryüzündeki termal rejimleri kaynak türlerine göre gruplamak mümkündür. Bu gruplar, hidrotermal enerji, basınçlı yeraltı enerjisi, magmatik enerji, sıcak kuru kaya, karasal enerjidir. Yukarıda belirtilenler, jeolojik süreçte bir veya daha fazla yeraltı tarafından, yeraltının farklı kısımlarındaki Dünya'nın konsantrasyonu olarak oluşturulur. Yer kabuğuna yakın bölgelerde oluşan termal enerjiye yer kabuğunun enerjisi denir. Bu enerji genellikle dünyanın farklı yerlerinde bulunur. Endüstriyel ısı ihtiyacı, toprak kabuğunun enerjisi ile karşılanır, evlerin soğutulması ve ısıtılması ve sıcak su ihtiyacı ortadan kaldırılır (Poyraz 2016). Her ülkenin farklı jeotermal enerji sınıflandırılmaları yapılmıştır ve içinde bulunan sıcaklığa göre üç ayrı grupta incelenebilir. Bunlar; düşük sıcaklık alanları (20-70°C), orta sıcaklıklı alanlar (70-150°C), (150°C>) yüksek sıcaklık alanları şeklindedir (Anonim, 1996). Düşük ve orta sıcaklık alanları ilk kez ısıtmada, aynı zamanda endüstride, teknolojik ve ekonomik bağlamda kullanılmaktadır. Ayrıca, ortalama entalpi alanlarında sıvılardan elektrik üretmek amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Yüksek entalpi alanları tarafından sağlanan sıvı, elektrik üretimine ek olarak diğer entegre alanlarda da kullanılabilir. Tekniğin evrimi sayesinde, korozyondan kaynaklanan yüksek sıcaklıktaki jeotermal akışkanlarla, hızlı sedimentasyon ve soyma gibi sorunların ortadan kaldırılması ülkemizde ve dünyada mümkün hale geldikten sonra, kaynakların önemli bir potansiyel değeri ve artan verimlilik, jeotermal akışkanların kullanım seviyesini arttırmıştır (Poyraz 2016).

1.10.2. Jeotermaller ve Çevreye Etkileri

Jeotermal enerji yenilenebilir ve doğru kullanıldığında çevreye en az zarar veren enerji kaynaklarından biri olmasına karşın, yanlış kullanımlarda çevreye zarar veren bir enerji türüdür. Jeotermal enerji uygulamalarında oluşan çevresel etkiler; hava, su, toprak, termal ve gürültü kirliliği basamaklarına ayrılabilirler. Kuyular (yüzey ekipmanları yoluyla), separatörler, buhar boruları, silencerler, kondenserler (yoğuşmuş buhar atımı yoluyla), soğutma kuleleri, reenjeksiyon sistemleri başlıca kirletici kaynaklardır. Elektrik enerjisi üretiminden dolayı oluşan çevresel etkiler ise; Sondaj süresinde ekosistemin bozulması, Kuyu sondajları boyunca jeotermal sıvı ile su ve toprağın kirlenme riski, Tesisin işletilmesi süresince CO₂ ve H₂S emisyonları, Jeotermal sıvının ekstraksiyonu nedeniyle arazinin çökme riski, Doğrudan akarsulara deşarj yoluyla yoğun su kirliliği, Asit yağmurları nedeniyle toprağın, ağaçların, tarımsal ürünlerin, göller ve akarsuların etkilenmesi şeklinde, yaşam döngüsü ve küresel ısınmaya etkiler sıralanabilir. (Anonim 3, 2021)

1.10.3. Jeotermaller ve Yararları

Jeotermal, doğrudan elde edilebildiği için çok yüksek verimlilik ve düşük maliyete sahip, iyi, yenilenebilir, kesintisiz, çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Jeotermal enerjiden elde edilen bir güç biriminin maliyeti, termik santrallerden ve hidroelektrik dışındaki diğer enerji santrallerinden elde edilenden çok daha ucuzdur. Termik santrallerden daha az çevresel sorunlara yol açmaktadır. Yeniden enjeksiyon (yeniden baskı) uygulamalarının kademeli olarak gelişmesiyle birlikte, çevre sorunu neredeyse hiç kalmamaktadır. Son yıllarda geliştirilen yeni teknolojilerle, daha düşük sıcaklık alanlarında bile elektrik üretimi mümkündür ve tesisin çevrim verimliliğini artırarak birim enerji maliyeti daha da azaltılır. Jeotermal akışkandan elektrik üretimi ile entegre geliştirilmiş sistemler ile daha fazla termal enerji ve diğer (entegre) kullanımlar elde edilebilir. Entegre kullanımlar söz konusu olduğunda bu maliyet daha da düşer. Başka bir deyişle, jeotermal kaynaklar aynı anda birden fazla kişi için kullanılabilir. Jeotermal enerjinin kullanımı ile birlikte dünyada fosil yakıt tüketiminde azalma olmuş ve sera gazlarının zararlı etkileri azalmıştır. Buna ek olarak, jeotermal enerji, patlama, yangın, zehirlenme gibi doğal gaz tehlikelerine karşı bu risklerden hiçbirine sahip değildir (Demirtaş ve Özdemir, 2013). Bu durumda jeotermal enerji çevreyi kirletmez, aynı zamanda petrol, doğal gaz ve kömür yerine kullanıldığı için döviz tasarrufu

sağlar. Jeotermal enerji, sahada kullanılabilen bir enerji kaynağıdır ve uzun mesafelerde taşınması sınırlı kalmaktadır. (100 km'den fazla değil), ancak bu aşağıdaki avantaja sahiptir: sıcaklık ve gürültü açısından, jeotermal alanların genellikle yerleşim alanlarından uzak olması, bu konularda herhangi bir sorun olmamasını sağlar. Buna ek olarak, enerji santralleri az yer kapladığından, görüntüyü bozmazlar. Jeotermal enerjinin diğer avantajları, sürekli (kesintisiz) enerji üretebilmesi ve iklim değişikliğinden etkilenmemesidir (güvenilir bir kaynak olduğunu gösterir (Demirtaş ve Özdemir, 2013)).

1.10.4. Jeotermaller ve Dezavantajları

Jeotermal enerji ekolojik bir kaynak olarak kabul edilmesine rağmen, sızmanın paslanmaya, çürümeye, kireçlenmeye (kabuk) neden olacağı, bor içeren, CO₂, H₂S ve bor gibi maddelerin varlığı nedeniyle atılan yüzey suyunu kirlettiği gerçeği için, ve pratikte benimsenmesi için bazı teknolojik önlemler gerektirmektedir. Kullanılan jeotermal akışkanın çevresel bir sorun yaratmaması için çeşitli ülkelerde yer altı kontrol altında tutma uygulaması geliştirilmiş ve yasal olarak zorunlu hale getirilmiştir. Bugün Türkiye'de de jeotermal enerji kullanımı ile ilgili yeni teknolojik sistemler kullanılmaktadır. Jeotermal enerji santralleri, arama ve tesis inşaatı ile ilişkili arazi kullanımındaki değişiklikleri içeren hidrojen sülfür gibi çevredeki bitki örtüsü ve gazlar üzerine püskürtülen suyun deşarjı ve türevleri (H₂S), gürültü ve görüntü kirliliği, kötü koku üretimi ve toprak çökmesi gibi olumsuz çevresel etkilere sahiptir. Atık su, atık gaz, jeotermal suyun kullanım sonrası atık ısı suya, havaya, toprağa, mahsullere ve biota için tehlikeli olabilecek bir çevreye neden olabilir. Bu tür atıklar daha yüksek tuzluluğa sahiptir ve F, B, Hg, As gibi kirleticiler içerir (Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri,2015).

1.10.5. Jeotermallerin Atıkları Nelerdir?

Gaz emisyonları, enerji santrallerine giren buhar akışına taşınan yoğunlaşmaz gazların (NCGS-yoğunlaşmaz gazlar) salınmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Hidrotermal sistemlerde en yaygın yoğunlaşmaz gazlar karbondioksit (CO₂) ve hidrojen sülfür (H₂S) olmasına rağmen, düşük konsantrasyonlarda metan, hidrojen, kükürdioksit ve amonyak da gözlenmektedir. H₂S çürük yumurta kokusuna sahip olup 30 ppm'lik bir konsantrasyonda

tespit edilebilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, bitkileri ve insan yaşamını etkileyebilecek olumsuz etkileri önlemek için, Çevre Koruma Ajansı'ndan (EPA) H₂S emisyonları sıkı yönetmeliklerle oluşturulmuştur (Poyraz, 2016).

Üretim aşamasında kuyu sondajı, boşaltma ve sıvı akış oranları özellikle yüksektir ve sıcaklık tanklarında (>230°C), çeşitli çözülmüş mineraller içerebilmektedir. Çözülmüş katı madde miktarı sıcaklık ile önemli ölçüde artmaktadır. Bazı çözülmüş mineraller (örneğin bor ve arsenik) yüzey veya yeraltı sınırlarını zehirleyebilmekte ve yerel bitki örtüsüne zarar verebilmektedir. Sıkı akımları, yüzey akışı veya kuyu astarındaki çatlaklar ile çevreye karışabilmektedir. Yüzey akışı, sıvıyı su geçirmez biriktirme havuzlarına yönlendirerek ve tüm derin yeraltı atık sularını enjekte ederek kontrol edilebilmektedir. Sığ tatlı su akiferlerini sıvı sızıntısından korumak için, çok kademeli kuyu gömlekleri komşu formasyon ile ek bir bariyer oluşturmak üzere tasarlanmıştır. Buna rağmen, kaplama hatalarından kaynaklanabilecek sızıntıları hızlı bir şekilde tespit etmek ve onarmak için sondaj ve sonraki işlemler sırasında kuyuların sürekli izlenmesi çok önemlidir (Poyraz, 2016).

Uygulamada, her saniye akan jeotermal akışkanlar tarafından salınan katı atıklardan etkilenen yer üstü yapıların veya çevredeki toprakların kirlenmesi olası değildir. Mümkün olan tek durum, ayrılmış katıların, bir kazanın neden olduğu sıvı işleme veya mineral geri kazanım sistemine ciddi yıkıcı hasarın ortaya çıkmasından dağılması olabilir. Hiçbir jeotermal tesis böyle işlevsel bir mineral geri kazanım tesisine sahip değildir (Güney Kaliforniya, Salton Denizi yakınında kısa vadeli bir pilot tesis ile denenmiştir) ve hiçbir EGS (Enhanced Geothermal Systems) tesisi böyle kabul edilmez. Bununla birlikte, EGS döngüsündeki sıvı için, toksik olabilen ve kontrollü atık bertarafına maruz kalabilen ve jeotermal rezervardaki yolları tıkayabilen katı atıkların uzaklaştırılması için gerekli kimyasal bir iyileştirme gerektiren önlemlerin alınması gerekmektedir (Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri,2015).

1.11. Dünyada ve Ülkemizdeki Durumu

Elektrik üretiminin başlamasından 100 yıl sonra, jeotermal santrallerin kurulu gücü 25 ülkede 8900 Mwe'ye yükselmiştir ve 56830 GWh/yıl enerji üretilmiştir. Geçen yüzyılda, elektrik üretimi üç aşamada gelişmiştir. Elektrik üretimi 1920'lerde İtalya'daki Larderello

sahasından kuru buhar üretimi ile başlamıştır. 1950'lerde Y.Zelanda'da doymuş Wairakei buharı ile geleneksel buhar döngülerini kullanmaya devam etmiştir ve sonunda 1980'lerden orta entalpi sınırları için Organic Rankin döngüsü ile devam etmiştir. 1970 ve 1985 yılları arasında enerji üretiminde önemli bir artış ve daha sonra günümüze kadar bir düşüş olmuştur. 1970 ve 1985 yılları arasında jeotermal projelere yatırım talebindeki artış, petrol krizleri nedeniyle petrol fiyatlarındaki artışa bağlanabilmektedir. Öte yandan, sonraki yıllarda jeotermal enerji kullanımındaki artış oranındaki düşüş, çok düşük petrol fiyatlarına bağlanmaktadır. Son zamanlarda yükselen petrol fiyatları, yakında dünyadaki jeotermal enerji üretimini artırabilecektir (Serpen, U. 2006)

Türkiye'de jeotermal enerjinin keşfi 1960'lı yılların ilk yarısında başlamıştır. İlk keşif çalışmaları elektrik üretim potansiyeline sahip yüksek entalpi alanlarına odaklanmış ve Kızıldere ve Germencik gibi siteler keşfedilmiştir. Daha sonraki keşif çalışmaları Seferihisar, Simav, Salavatlı, Tuzla, Dikili, Caferbeyli gibi bazı orta entalpi bölgelerinin keşfedilmesine yol açmıştır. Bununla birlikte, keşfedilen medya entalpisinin alanlarının ayrıntılı olarak incelendiği söylenemez. Uygun araştırma yöntemleri uygulanırsa ve yatırımlar da yapılırsa, bazı bölgelerde daha yüksek entalpi sınırları keşfedilebilir. Son zamanlarda Kavaklıdere adı verilen yüksek entalpili bir jeotermal alan keşfedilmiştir (Serpen, U. 2006).

Kızıldere jeotermal sahasında, 17.8 MWe kapasiteli klasik bir buhar çevrimi santrali kurulmuş ve 1984'ten beri ortalama 10 MWe gücünde elektrik üretilmiştir. Salavatlı jeotermal sahasında brüt 8,5 MWe kapasiteli hava soğutmalı ikili çevrim jeotermal santrali kurulmakta ve yıl sonundan itibaren elektrik üretmeye başlayacaktır. Germencik-Ömerbeyli jeotermal sahasında 25 MWe kapasiteli bir ikili santral inşa edilmesine karar verilmiş, tank değerlendirme çalışmaları devam etmekte ve 10 yıllık bir sondaj programı üzerinde çalışılmaktadır (Serpen, U. 2006).

Türkiye'de jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı esas olarak merkezi ısıtma sistemleri ile olmuştur. İlk merkezi ısıtma sistemi 1987 yılında kurulmuş ve 1991 ve 2004 yılları arasında ilk 11 merkezi ısıtma sistemi daha izlenmiştir. Merkezi ısıtma sistemlerinin toplam kapasitesi 250 MWT'YE ulaşmıştır. Bu merkezi ısıtma sistemlerinin yaklaşık 35.000 evi ısıttığı tahmin edilmektedir. Türkiye'de jeotermal enerjinin bir diğer doğrudan kullanımı da seralardır. Jeotermal enerji ile sera ısıtması son zamanlarda popüler hale gelmiştir. Bu nedenle, 809 dekarlık mevcut sera alanına ek olarak, şu anda çok yakında kurulacak olan 800 dekarlık yeni bir sera ısıtma alanı tasarlanmaktadır. Büyük sera bitkileri 142 MWT güç

kullanmakta ve küçük bitkiler bile dikkate alınır, bu miktar 150 mwt'ye ulaşacaktır. Öte yandan, Türkiye'nin karbondioksit içeren jeotermal kaynakları, sera bitkilerinin gelişimi için kullanılan gerekli CO₂'i kolayca sağlayabilmektedir. Jeotermal enerjinin bir başka doğrudan kullanımı da gıdaların kurutulmasıdır. Bu bağlamda Urganlı jeotermal alanında TÜBİTAK tarafından desteklenen bir pilot uygulama bulunmaktadır (Serpen, U. 2006).

1.12. Jeotermal Santrallerin Canlı Organizmalara Etkileri

Toprakta bulunan mikroorganizmalar arasında bakteriler, her bir gram toprakta yaşayan 1 milyar bakteri hücresiyle en yüksek biyokütleyi oluşturmaktadır. Bakteriler, birçok farklı ıslak ve kuru, yüksek oksijenlenmiş ve düşük oksijen içerikli toprak mikro ortamına oldukça uyumludur (Lehman vd., 2015; Neemisha, 2020).

Tablo 2.1. Verimli Bir Toprakta Mikroorganizma Miktarı (Cemaloğlu, 2021)

Mikroorganizmaların Cinsi	1 Gr Topraktaki Ortalama Sayısı
Bakteriler	1.000.000.000 (10 ⁹)
Aktinomisetler	10.000.000 (10 ⁷)
Protozoalar	1.000.000 (10 ⁶)
Algler	10.100.000 (10 ⁷)
Mantarlar	1.000.000 (10 ⁶)
Mayalar	1.000 (10 ³)

Toprak bakterileri toprakta birçok işleve sahip olup ve temelde ayrıştırıcılar, mutualistler, patojenler ve litotroflar olmak üzere dört işlevsel toprak bakteri grubu vardır. Ayrıştırıcı bakteriler, toprağa salınan enzimleri kullanarak organik artıkları ayrıştırır, böylece toprak organik maddesindeki enerjiyi, toprak besin ağındaki diğer organizmalar için yararlı formlara dönüştürür. Bazı çürükcül bakteriler, pestisitler ve kirleticiler gibi topraktaki zararlı kimyasalları parçalayabilmektedir. Mutualist bakteriler esasen bitki kökleriyle ilişkilidir ve atmosferik nitrojeni (N₂) bitkiler için nitrojene dönüştürmeye yardımcı olmaktadır (Gülle ve Özdemir 2005).

Patojen bakteriler ise bitkilerde hastalıklara neden olur ve mahsul üretimi için büyük bir tehdit oluşturur. Litotroflar enerjilerini karbon bileşiklerini yerine nitrojen, kükürt, demir veya hidrojen bileşiklerinden alırlar. Bazı litotrof türleri, nitrojen döngüsü ve kirletici

maddelerin bozulması için önemlidir (Gülle ve Özdemir 2005).

Bakteriler, toprak koşulları değiştikçe belirli bitki topluluklarına fayda sağlamak için toprak ortamını değiştirebilir. Çeşitli toprak ekosistemlerinin biyolojik çeşitliliği, jeotermal enerji gelişimi, erozyonla sonuçlanan yoğun tarımsal üretim, orman temizleme ve arazi kaynaklarının sürdürülebilir olmayan madenciliği gibi çeşitli ayrışma süreçlerinden etkilenir (Gülle ve Özdemir 2005).

Bakteriler dahil toprak mikroorganizmaları çevredeki mikro ortamdan etkilenir ve toprak mikrobiyal biyokütlesindeki değişiklikler, organik madde ayrışması ve besin döngüsü gibi önemli işlevlerde değişikliklere yol açabilir. Bu nedenle mikrobiyal ve biyokimyasal özellikler, toprak kalitesi fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerden oluşan bir komplekse bağlı olsa bile, toprak kalitesinin potansiyel göstergeleri olarak kullanılır. Mikrobiyal ve biyokimyasal özelliklerin toprak kalitesi göstergeleri olarak kullanılmasının gerekçesi, C ve N döngüsündeki merkezi rolü ve değişime duyarlılığıdır (Gülle ve Özdemir 2005).

Mikrobiyal çeşitlilik, genel plaka sayımı ve doğrudan sayımlar gibi çeşitli teknikler kullanılarak veya daha yeni moleküler tabanlı prosedürler ve yağ asidi analizi ile ölçülür. Genel plaka sayımında, mikroorganizmalar katı besin ortamında kültürlenir, plakalarda büyüyen koloniler sayılır, morfolojik özelliklerine ve mikrobiyal kolonileri tahmin etmek için kullanılan kültürlenebilir mikroorganizmaların çeşitliliğine göre daha da farklılaştırılır (Gülle ve Özdemir 2005).

Moleküler teknikler genellikle topraktan doğrudan veya dolaylı olarak nükleik asidin ekstraksiyonunu içerir. Moleküler teknikler kültürden bağımsızdırlar ve hassasiyetlerine göre türleri, cinsleri, aileleri ve hatta daha yüksek taksonomik grupları tespit edebilirler. Bu teknikler, tekrarlayan elemanlar arasında dizilerin rep-polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) amplifikasyonunu, 16S ve 23S rRNA genleri arasındaki ayırıcı bölgenin uzunluk polimorfizmine dayanan ribozomal inter space analizi (RISA), ve genom hakkında ön bilgi gerektirmeyen rastgele amplifiye polimorfik DNA (RAPD) içerir (Gülle ve Özdemir 2005).

Toprak mikroflorasının bileşimini değerlendirmek için seçici kültürleme sorununun üstesinden gelmek için kullanılan başka bir yaklaşım, fosfolipid yağ asidi (PLFA) analizidir. Bu teknik, toprak lipitlerinin fosfolipid bileşeninin ekstraksiyonu, fraksiyonasyonu, metilasyonu ve kromatografisine dayanmaktadır. Fosfolipidlerin toprak mikroflorasının canlı bileşeni ile ilişkili olduğu düşünülmektedir çünkü canlı hücrelerin zarlarının önemli

bileşenleri olarak bulunurlar ve hücreler öldüğünde hızla parçalanırlar ve toprak kolloidiyle etkileşime girecek kadar uzun süre yaşayamazlar (Gülle ve Özdemir 2005).

1.13. Aydın İlindeki Jeotermal Santraller

Aydın İli ruhsatlı jeotermal sahalarının haritası İl Özel İdaresinden alınmıştır (Şekil 2.15). Bu harita içinde kalan yerler ilçe ilçe belirlenmiştir. Aydın İlinin yüzölçümü 8007 km² olup bunun 5531 km²'si yani yaklaşık %70'inin jeotermal sahalar içinde kaldığı görülmüştür (Anonim, 2021).



Şekil 1.7. Aydın İlindeki Jeotermal Sahalar (Anonim, 2021)

1.13.1. Efeler

Aydın'ın en büyük enerji santrali Efeler Jeotermal Enerji Santrali'dir. Bu santral Germencik ve İncirliova ilçesi sınırlarında kurulmuştur. İşletme, Gürmat Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olup 114,90 MWe kurulu gücüyle Türkiye sıralamasında 133. tesis büyüklüğü olarak 2. sıradadır. Elektrik üretiminde 702.228.872 kilovatsaat üretim yaparak 193.345 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.2. Efeler Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Efeler Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2014	44.518.240	%1,5	%0,017
2015	549.864.810	%18	%0,21
2016	923.961.920	%28	%0,33
2019	947.050.690	%27	%0,31
2020	1.045.748.700	%29	%0,34

1.13.2. Pamukören

Aydın Kuyucak ilçesinde bulunan Pamukören Jeotermal Enerji Santrali 67,53 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 3. büyük, Türkiye'nin ise 196. büyük enerji santralidir. Çelikler Jeotermal Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmektedir. Bu santral 252.685.675 kilovatsaat üretim yaparak, 69.572 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.3. Pamukören Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Pamukören Jeotermal Santrali Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2013	12.236.620	%0,42	%0,005
2014	198.270.560	%6,6	%0,08
2015	228.209.675	%7,3	%0,09
2020	284.471.520	%7,9	%0,09

1.13.3. Galip Hoca Germencik

Aydın'ın Germencik ilçesinde bulunan Galip Hoca Germencik JES'i 47,40 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 6. büyük, Türkiye'nin ise 279. büyük enerji santralidir. Bu tesis Gürmat Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmektedir. Elektrik üretiminde 327.727.572 kilovatsaat ile 90.233 kişinin tüm ihtiyacını karşılayabilecek enerji üretimi sağlayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.4. Galip Hoca Germencik Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı
(Anonim, 2021)

Galip Hoca Germencik JES Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2013	310.435.790	%11	%0,13
2014	319.453.280	%11	%0,12
2015	320.499.700	%10	%0,12
2020	375.751.810	%10	%0,12

1.13.4. Maren

Aydın Germencik ilçesinde bulunan tesislerden biri olan Maren Jeotermal Enerji Santrali 44 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın en büyük 10. enerji tesisi, Türkiye'nin 294. büyük enerji tesisidir. Maren Maraş Elektrik tarafından işletilmekte olup 237.247.058 kilovatsaat elektrik üretimi ile 65.321 kişinin günlük ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.5. Maren Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Maren Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2012	142.855.480	%5,0	%0,06
2013	233.639.220	%8,1	%0,09
2014	241.644.290	%8,0	%0,09
2015	244.379.310	%7,8	%0,09
2020	323.716.990	%9,0	%0,11

1.13.5. Dora3

Aydın'ın Sultanhisar ilçesinde bulunan Dora 3 Jeotermal Enerji Santrali 34 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 12. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin 352. büyük enerji santralidir. Menderes Jeotermal Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olup 192.047.850 kilovatsaat enerji üretimi ile 52.877 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.6. Dora 3 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Dora 3 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2013	55.504.480	%1,9	%0,023
2014	220.915.780	%7,3	%0,09
2015	271.771.140	%8,7	%0,10

1.13.6. Melih

Aydın Germencik ilçesinde bulunan tesislerden biri olan Melih Jeotermal Enerji Santrali 33 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 13. büyük enerji, Türkiye'nin 357. büyük enerji tesisidir. Maren Maraş Elektrik A.Ş tarafından işletilmekte olup 260.000.000 kilovatsaat elektrik üretimiyle 71.586 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

1.13.7. Pamukören 4

Aydın Pamukören ilçesinde bulunan Pamukören 4 Jeotermal Enerji Santrali 32 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın en büyük 14. enerji tesisi, Türkiye'nin 367. büyük enerji santralidir. Çelikler Enerji A.Ş. tarafından işletilmekte olup 199.140.237 kilovatsaat enerji üretimi ile 54.829 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.7. Pamukören 4 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Pamukören 4 JES Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2019	123.267.590	%3,5	%0,041
2020	218.153.120	%6,1	%0,07

1.13.8. Pamukören 5

Aydın Pamukören ilçesinde bulunan Pamukören 5 Jeotermal Enerji Santrali 32 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 15. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin 368. büyük enerji santralidir. Çelikler Enerji A.Ş. tarafından işletilmekte olan bu tesis 256.000.000 kilovatsaat enerji üretimi ile 70.485 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

1.13.9. Efe 7

Aydın Germencik ilçesinde bulunan Efe 7 Jeotermal Enerji Santrali 25 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 20. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin 460. büyük enerji santralidir. Gürmat Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan bu tesis, 200.000.000 kilovatsaat enerji üretimi ile 55.056 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

1.13.10. Efe 8

Aydın Germencik ilçesinde bulunan Efe 8 Jeotermal Enerji Santrali 25 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın en büyük 19. enerji tesisi, Türkiye'nin ise 457. büyük enerji santralidir. Gürmat Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 200.000.000 kilovatsaat enerji üretimi ile 55.066 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir. Tesis henüz tam kapasite çalışmamaktadır. Tam kapasite ile birlikte enerji üretimini iki katına çıkarmayı planlamaktadır (Anonim, 2021).

1.13.11. Ken 3

Aydın Efeler ilçesinde bulunan Ken 3 Jeotermal Enerji Santrali 20 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 21. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin 466. büyük enerji santralidir. Ken Kipaş Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 198.400.000 kilovatsaat elektrik üretimi ile 54.626 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

1.13.12. Mehmethan

Aydın Germencik ilçesinde bulunan Mehmethan Jeotermal Santrali 24.80 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 22. büyük tesisi, Türkiye'nin ise 467. büyük enerji tesisidir. Maren Maraş Elektrik A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 198.400.000 kilovatsaat enerji üretimi ile 54.626 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

1.13.13. Deniz

Aydın Germencik ilçesinde bulunan Deniz Jeotermal Enerji Santrali 24 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 23. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin 477. büyük enerji santralidir. Maren Maraş Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 134.831.697 kilovatsaat enerji üretimi ile 37.123 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.8. Deniz Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı(Anonim, 2021)

Deniz Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2012	24.295.140	%0,85	%0,010
2013	135.926.510	%4.7	%0.06

1.13.14. Ken Kipaş

Aydın Efeler ilçesinde bulunan Ken Kipaş Jeotermal Enerji Santrali 24 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 24. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin ise 478. büyük enerji santralidir. Ken Kipaş Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 112.264.107 kilovatsaat elektrik üretimi ile 30.910 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.9. Ken Kipaş Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı(Anonim, 2021)

Ken Kipaş Jeotermal Santrali Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2015	38.528.213	%1,2	%0,014

1.13.15. Kerem

Aydın Germencik ilçesinde bulunan Kerem Jeotermal Elektrik Santrali 24 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 25. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin ise 479. büyük enerji santralidir. Maren Maraş Elektrik A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 124.842.718 kilovatsaat elektrik üretimi ile 34.373 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.10. Kerem Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Kerem JES Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2014	32.743.775	%1,1	%0,013
2015	149.784.379	%4,8	%0,06

1.13.15. Kubilay

Aydın Germencik ilçesinde bulunan Kubilay Jeotermal Enerji Santrali 24 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 26. büyük enerji, Türkiye'nin 481. büyük enerji tesisidir. Beştepeler Enerji Üretimi A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 180.000.000 kilovatsaat üretim ile 49.559 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

1.13.16. Efe 6

Aydın Germencik ilçesinde bulunan Efe 6 Jeotermal Enerji Santrali 22.60 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 28. Büyük enerji, Türkiye'nin 505. Büyük enerji santralidir. Gürmat Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 180.800.000 kilovatsaat üretim ile 49.780 kişinin elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

1.13.17. Pamukören 2

Aydın Kuyucak ilçesinde bulunan Pamukören 2 Jeotermal Enerji Santrali 22.51 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 29. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin 506. büyük enerji santralidir. Çelikler Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 100.073.880 kilovatsaat üretim ile 27.553 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.11. Pamukören 2 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Pamukören 2 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2015	20.067.760	%0,64	%0,008

1.13.18. Pamukören 3

Aydın Kuyucak ilçesinde bulunan Pamukören 3 Jeotermal Enerji Santrali 22.51 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 30. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin ise 507. büyük enerji santralidir. Çelikler Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 101.861.515 kilovatsaat üretim ile 28.046 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.12. Pamukören 3 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Pamukören 3 JES Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2015	23.643.030	%0,76	%0,009

1.13.19. Kuyucak

Aydın Kuyucak ilçesinde bulunan Kuyucak Jeotermal Enerji Santrali 18 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 35. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin 581. büyük enerji santralidir. Turcas Enerji A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 144.000.000 kilovatsaat üretim ile 39.648 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

1.13.20. Dora 4

Aydın Köşk ilçesinde bulunan Dora 4 Jeotermal Enerji Santrali 17 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 37. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin ise 594. büyük enerji santralidir. Menderes Jeotermal Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 125.000.000 kilovatsaat üretim ile 34.416 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

1.13.21. Sultanhisar

Aydın Sultanhisar ilçesinde bulunan Sultanhisar Jeotermal Enerji Santrali 13.80 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 39. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin ise 676. büyük enerji santralidir. Çelikler Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 114.843.600 kilovatsaat üretim ile 31.620 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

1.13.22. Buharkent

Aydın Buharkent ilçesinde bulunan Buharkent Jeotermal Enerji Santrali 13.77 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 40. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin ise 677. büyük enerji santralidir. Limgaz Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 82.266.233 kilovatsaat üretim ile 22.650 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.13. Buharkent Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Buharkent Jeotermal Santrali Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2018	27.065.660	%0,76	%0,009
2019	96.786.270	%2,7	%0,032
2020	92.373.000	%2,6	%0,030

1.13.23. Gümüşköy

Aydın Germencik ilçesinde bulunan Gümüşköy Jeotermal Enerji Santrali 13.20 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 41. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin ise 686. büyük enerji santralidir. Gümüşköy Enerji Üretim A.Ş tarafından işletilmekte olan tesis, 39.078.198 kilovatsaat üretim ile 10.759 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.14. Gümüşköy Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Gümüşköy Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2013	2.073.640	%0,07	%0,001
2015	11.092.955	%0,35	%0,004

1.13.24. Karkey Umurlu

Aydın Umurlu ilçesinde bulunan Karkey Umurlu Jeotermal Enerji Santrali 12 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 42. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin ise 716. büyük enerji santralidir. Karkey Karadeniz Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 50.079.743 kilovatsaat üretim ile 16.766 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.15. Karkey Umurlu Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Karkey Umurlu Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2015	2.132.600	%0,07	%0,001
2016	55.999.610	%1,7	%0,020

1.13.25. Umurlu 2

Aydın Köşk ilçesinde bulunan Umurlu 2 Jeotermal Enerji Santrali 12 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 43. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin ise 721. büyük enerji santralidir. Karkey Karadeniz Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 48.958.995 kilovatsaat üretim ile 13.480 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.16. Umurlu 2 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Umurlu 2 JES Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2016	5.810.970	%0,18	%0,002

1.13.26. Dora2

Aydın Köşk ilçesinde bulunan Dora 2 Jeotermal Enerji Santrali 9.50 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 44. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin ise 827. büyük enerji tesisidir. Menderes Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 84.866.705 kilovatsaat üretim ile 23.366 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.17. Dora 2 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Dora 2 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2011	85.305.022	%3,8	%0,037
2012	85.402.560	%3,0	%0,035
2013	88.781.830	%3,1	%0,036
2014	86.037.109	%2,9	%0,034
2015	78.807.002	%2,5	%0,030

1.13.27. Dora1

Aydın Sultanhisar ilçesinde bulunan Dora 1 Jeotermal Enerji Santrali 7.95 MWe kurulu gücüyle Aydın'ın 47. büyük enerji tesisi, Türkiye'nin ise 928. büyük enerji santralidir. Menderes Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan tesis, 48.862.303 kilovatsaat üretim ile 13.453 kişinin günlük elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2.18. Dora 1 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (Anonim, 2021)

Dora 1 Jeotermal Enerji Santrali Yıllık Elektrik Üretimi			
Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimini Karşılama	TR Tüketimini Karşılama
2011	47.193.424	%2,1	%0,020
2012	45.070.930	%1,6	%0,019
2013	44.863.472	%1,5	%0,018
2014	46.454.146	%1,5	%0,018

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Park vd. (2021) yaptıkları çalışmada Antartika'daki Melbourne Dağı'ndaki Jeotermal Siteden Toprak Metagenom Dizileri adlı çalışmalarında bu alandaki prokaryotik çeşitliliği ve evrimsel işlevlerini göstermişlerdir Çalışma sonucunda yoğun olarak Dormibacterota, Chloroflexota, Proteobacteria, Acidobacteriota, Planctomycetota Actinobacteriota grubuna ait bakterileri izole etmişlerdir (Park vd., 2021).

Mashzhan vd. (2021) Kazakistan'daki Zharkent Jeotermal Kaynağındaki Bakteri Topluluğunun Metagenomik ve Kültüre Dayalı Çeşitlilik Analizi çalışmalarını 2021 yılında yayınlamışlardır. Bu çalışmada prokaryotik yoğunluğunu bakteriler oluştururken arkeaların da az miktarda bulunduğu gösterilmiştir (Maszhan vd., 2021).

Wang vd. (2015) Çin'deki volkanik topraklardaki bakteri ve fungal yoğunluğu araştırdıkları çalışmalarında bu alanlarda Chryseobacterium lactis and Rhodococcus spp. türlerini izole etmişlerdir. Volkanik alanlar gibi geotermal özellik gösteren ekolojik çevrelerden izole edilmiş bakterilerin yeni biyoaktif bileşenler içerebileceğini savunmuşlardır (Wang vd., 2015).

Sowunmi vd. (2020), Nijerya'nın Lagos Eyaletindeki çiftliklerdeki pestisitlerle kirlenmiş toprakta bakteri kolonisinin sayısının $2,5 \times 10^6$ ile $33,0 \times 10^6$ arasında değiştiği gösterilmiş ve izole edilen bakterilerin Rhizobium, Pseudomonas, Bacillus, Paenochrobactrum ve Gamma proteobacterium cinslerine ait olduğu tespit edilmiştir (Sowunmi vd., (2020).

Nannan vd. (2018) Hindistan'ın Roorkee bölgesindeki tarım alanlarından toplanan topraktan bakteri izolatları izole ve karakterize etmişlerdir. İzolatların %20'sinin sporlaştığını, % 60'ının hareketli, % 100'ünün morfolojide çubuk şeklinde ve % 60'ının gram pozitif bakteri olduğunu ve bu bakterilerin başlıca Bacillus, Pseudomonas, Streptomyces, Azotobacter ve Alcaligenes cinslerinden olduğunu belirlemişlerdir (Nannan vd., (2018).

Saadoun (2002), Ürdün'ün Badia bölgesinin ham petrolü ile kirlenmiş alanlarından toprak örnekleri toplamıştır. Yapılan çalışmada kirli toprakların bakteri popülasyonunda, 2 farklı koloni tipi bakteri suşu ile 9.5×10^5 ve 237.5×10^5 CFU / g toprak arasında değişen

sayılara sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca daha uzun süreli kontaminasyon ile daha fazla sayıda mikroorganizma olduğu gösterilmiştir. Elde edilen bakterilerin fenotipik incelemesi, çoğunlukla *Pseudomonas*, *Enterobacter* ve *Acinetobacter* cinslerinden oldukları ortaya çıkarılmıştır (Saadoun, I. (2002)).

3. MATERYAL

Çalışmada jeotermal santrallerin bulunduğu bölgelerden belirlenen istasyonlardan alınan toprak örnekleri kullanılmıştır.

3.1. Yöntem

3.1.1. İstasyonların Belirlenmesi

Aydın'da jeotermal tesislerin bulunduğu Germencik, İncirliova, Umurlu, Sultanhisar, Köşk, Pamukören'deki meyve bahçelerinden ve pozitif kontrol olarak jeotermal tesislerin olmadığı Aydın-Çine'den toprak örnekleri alınmıştır. İstasyonların mesafeleri 50 metre, 100 metre, 200 metre ve 500 metre uzaklıklarından alınmıştır.

3.1.2. Toprak Örneklerinin Alınması

Toprak örneklerinin alınacağı bölgelerin koordinatları GPS (Global Positioning System; Küresel Konumlama Sistemi) ile belirlenmiştir. Toprak örnekleri aseptik koşullara uygun olarak 15-20 cm derinlikten alınıp, örnekler steril kilitli poşetlere konulup, laboratuvar ortamına getirilmiş ve +4°C'de muhafaza edilmiştir. Toprak örneklerinin alınması sırasında sıcaklık ve pH ölçümleri yapılarak kayıt altına alınmıştır.

3.1.3. Toprak Örneklerinin Nem Oranlarının Belirlenmesi

Toprak örneklerinin nem oranlarının belirlenmesinde 10g toprak örneği tartılarak yaş ağırlık belirlenmiştir. Yaş ağırlığı belirlenen örnekler 90°C'de 24 saat pastör fırınında kurutulmuş ve soğuduktan sonra tekrar tartılarak toprağın kuru ağırlığı belirlenmiştir. Toprağın yaş ağırlık ve kuru ağırlık farkı alınarak toprağın nem miktarı belirlenmiştir.

Toprak nem oranı şu formülasyon ile belirlenmiştir.

Toprak nem Oranı= Yaş Ağırlık – Kuru ağırlık

3.1.4. Besiyerleri ve Çözeltilerin Hazırlanması

1. Besi ortamı: TSA bileşenleri (Merck)

Triptik Soy Agar (TSA)	
Bileşen	Miktar
Kazein pepton	17,0 g/L
Soymeal pepton	3,0 g/L
Sodyum klorür	5,0 g/L
Agar- Agar	15,0 g/L

TSA besiyerini hazırlamak için besiyerinden 37 gram tartılıp, üzerine 1 litre distile su eklenmiştir. Homojenizasyonu için manyetik karıştırıcıda karıştırılmış ve sterilizasyonu için 121 °C’de 15 dk otoklavlanmıştır.

2. Besi ortamı: PCA bileşenleri (Oxoid CM0325)

Plate Count Agar (PCA)	
Bileşen	Miktar
Tryptone	5,0 g/L
Yeast extract	2,5 g/L
Glucose	1,0 g/L
Agar	9,0 g/L

PCA besiyerini hazırlamak için besiyerinden 17.5 gram tartılıp, üzerine 1 litre distile su eklenmiştir. Homojenizasyonu için manyetik karıştırıcıda karıştırılmış ve sterilizasyonu için 121 °C’de 15 dk otoklavlanmıştır.

3. Çözelti: %20'lik Skim Milk (Merck)

Bileşen	Miktar
Skim milk	20 g
Distile su	100 mL

%20'lik Skim Milk hazırlamak için, 100 mL distile su içerisine 20 gram skim milk eklenmiştir. Homojenizasyonu için manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Sterilizasyon için 118 °C'de 10 dk otoklavlanmıştır. Çözelti izole edilen bakteri kültürlerinin -20 °C'de saklanması amacıyla yapılmıştır.

4. Çözelti: %0.85' lik FTS (Fizyolojik Tuzlu Su) (Merck)

Bileşen	Miktar
NACI	8,5 g
Distile su	1000 mL

İçerisinde % 0,85'lik NACI bulunan çözeltilerdir. Mikroorganizmalar için izotonik ortam sağlar. Dilisyon sırasında mikroorganizmaların zarar görmesini engeller.

5. Çözelti: Kristal Violet

Bileşen	Miktar
Kristal violet	2 g
Amonyum oksalat	0,8 g
%96'lık etil alkol	20 mL
Distile su	80 mL

Beher içerisine 2 gram kristal violet, 20 mL etil alkol ile birlikte çözdürülür. Farklı bir beher içerisnde 0.8 gram amonyum oksalat 80 mL distile su ile çözdürülür. Hazırlanan çözeltiler birleştirilmiştir. Bu çözelti, elde ettiğimiz bakteri kültürlerinin yapısını incelemek için gram boyamada kullanılmıştır.

6. Çözelti: İyot Çözeltisi

Bileşen	Miktar
Potasyum iyodür (KI)	0,2 g
İyot	0,1 g
Distile su	100 mL

Porselen havan içerisinde 0,1 gram iyot ile 0,2 gram potasyum iyodür ezilmiştir. Üzerine 100 mL distile su eklenerek, homojenizasyonu yapılmıştır. Çözelti gram boyama için kullanılmıştır.

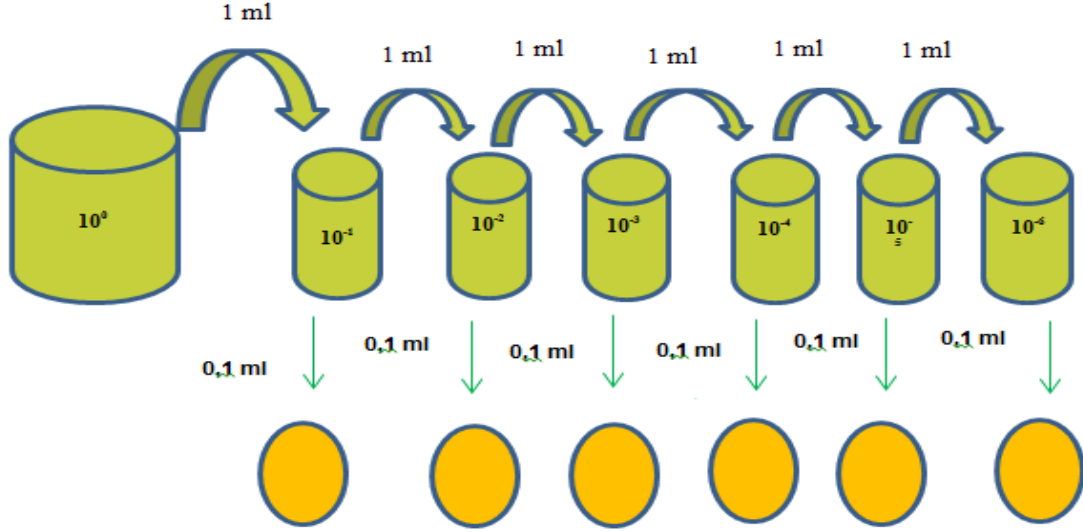
7. Çözelti: Safranin

Bileşen	Miktar
%96 Etil alkol	1 mL
Safranin boyası	0,025 g
Distile su	100 mL

Etil alkolün (% 96) 1 mL içerisine, 0,025 gram safranin boyası eklenip çözdürdükten sonra 100 mL distile su eklenmiştir. Homojenizasyonu için karıştırılmıştır. Elde ettiğimiz karışım filtre kağıdı ile süzülmüştür. Çözelti gram boyama için kullanılmıştır.

3.1.5. Dilüsyonların Hazırlanması ve İnokulasyonların Yapılması

Nem oranları belirlenen toprak örnekleri fizyolojik tuzlu su (FTS) ile hazırlanmış dilüsyon sıvıları ile $10^1 - 10^6$ aralığında seyreltilmiştir. Her seyreltmeden 3 paralel olacak şekilde PCA besiyerine 100 µL yayma ekim yapılmıştır. Petriler 27°C, 30°C ve 37°C'de 24-48 saat inkübasyona bırakılmıştır.



Şekil 3.1. Dilüsyonun hazırlanması

3.1.6. Genel Canlı Sayımı

Toprak örneğindeki genel canlı sayımı için Plate Count Agar (PCA) besiyortamı kullanılmıştır. 5g toprak 45 ml steril fosfat tamponu (137 mM NaCl, 2.5 mM KH₂PO₄, 6.9 mM, K₂HPO₄ [pH 7.3]) içerisinde süspansiyon edilip, 1 saat çalkalanmıştır. Toprak süspansiyonu 10 kat seyreltmeler yapılarak, 10⁻¹'den 10⁻⁶'ya kadar seyreltilmiştir. Dilüsyon tüplerinden 0,1 ml alınarak PCA besiyortamı bulunan petrilere yayma ekim yapılmıştır. Petriler 25-37°C'de 24-48 saat inkübe edilmiştir. Petrilerde oluşan koloniler sayılarak, 1 g topraktaki canlı sayımı belirlenmiştir (Ören vd., 2009).

$$\text{Sayı/g} = (\text{Koloni Sayısı} \times \text{Seyreltme Faktörü}) / \text{İnokulum miktarı (ml)}$$

$$\text{Seyreltme Faktörü} = 1 / \text{Seyreltme oranı}$$

3.1.7. Bakteri İzolasyonlarının Yapılması

PCA besiyerinde üremiş olan morfolojik olarak farklı koloniler seçilmiş, Tryptone Soya Agar'a (TSA) çizgi plaka yöntemi ile ekilerek ve saflaştırma işlemi yapılmıştır. Saf olarak izole edilen izolatlar tanılamak üzere %20 skim milk içinde saklanmıştır. Saflaştırılan izolatların morfolojik tanılamaları Bergey's Manual of Systematic Bacteriology'e göre yapılmıştır (Brenner vd., 2005).

3.1.8. Gram Boyama

Saf olan koloniler lam üzerine alınarak gram boyama için hazırlanmıştır. Aşağıdaki şekilde gram boyama prosedürü uygulanmıştır.

Kristal viyole boyası ile preparatlara eklenerek 1 dakika beklenmiştir. Sonrasında yıkılarak kristal viyole uzaklaştırılmıştır. Preparatlara pipet yardımıyla iyot damlatılmıştır, 1 dakika beklenmiştir. Yıkayarak iyot uzaklaştırılmıştır. Daha sonra % 96'lık etil alkol damlatılmıştır ve 30 saniye beklenmiştir. Yıkayarak alkol uzaklaştırıldıktan sonra son olarak safranin damlatılmıştır ve 1 dakika beklenmiştir. Distile su ile yıkayıp ve kurumaya bırakılmıştır.

Kuruyan preparatlar immersiyeon yağı damlatılarak mikroskop altında 100x objektifle incelenmiştir. İnceleme sırasında boyanmalarına göre mor renkli olan bakteriler gram pozitif, pembe ve kırmızı renkli olan bakteriler ise gram negatif olarak değerlendirilmiştir.

3.2. Moleküler Tanılama

İzole edilen bakteri örneklerinin moleküler tanımlaması için saf haldeki örnekler 1 ml steril saf su içeren Eppendorflar içerisine alınarak -20 °C de saklanmıştır. Bakteri örneklerinin DNA analizi ve PCR çalışmaları sonrası tanımlamaları için Atlas Biyoteknoloji firmasından hizmet alımı yapılmıştır.

GeneAll Clinic SV Mini marka test kiti kullanılarak DNA izolasyonu yapılmıştır.

DNA izolasyon protokolü aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir.

1. Bakteri örneği 1.5 mL mikrosantrifüj tüplerine alınmıştır. 10000 rpmde 5 dakika santrifüj edilerek örnek çöktürülmüştür.

2. 180 ul Lizozim enzim solüsyonu her bir tüpe eklenmiştir. Lizozim solüsyonu kit protokolüne göre hazırlanmıştır. 1 ml lizozim solüsyonu için; 30 mg NZY Lizozim tartılarak kit içeriğinde bulunan GP buffer içerisinde çözdürülmüştür.

3. Karışım 37°C'de 30 dk. bekletilmiştir.

4. Lizat üzerine 20 ul RNase A eklenerek vorteks yardımı ile karıştırılmış ve oda sıcaklığında 2 dakika bekletilmiştir.

5. 20 ul Proteinase K solüsyonu (20mg/ml) ve 200 ul Buffer BL tüpe eklenerek vorteks yardımıyla karıştırılmıştır.
6. 56°C’de 30 dakika ve daha sonra 70°C’de tekrar 30 dakika inkübe edilmiştir.
7. Lizat üzerine 200 ul absolut etanol eklenerek pulse-vortex metodu ile karıştırılmıştır.
8. Tüm karışım alınarak Type-G spin kolana aktarılmış ve santrifüj edilmiştir (13000rpm, 1 dk.). Santrifüj sonrasında kolondan geçen kısım atılmıştır.
9. Kolon üzerine 600 ul Buffer BW eklenerek santrifüj edilmiştir (13000 rpm, 1 dakika). Kolonun altındaki tüp yenisiyle değiştirilmiştir.
10. Kolon üzerine 700 ul Buffer TW eklenerek santrifüj edilmiştir (13000 rpm, 1 dakika).
11. Kolonda herhangi bir yıkama solüsyonu artığı kalmaması için kolon boş bir şekilde en yüksek rpmde 1 dk santrifüj edilmiştir (14000 rpm, 1 dakika).
12. Kolon yeni bir 1.5 ml mikrosantrifüj tüpüne alınarak üzerine 200 ul Buffer AE eklenerek 5 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiş ve sonra santrifüj edilmiştir (14000 rpm, 1 dakika).
13. Elde edilen DNA örneği -20°C’de saklanmıştır.

3.2.1. PCR

DNA izolasyonu sonrasında PCR aşamasına geçilmiştir. PCR reaksiyonu WizPure™ PCR 2X Master marka kit kullanılarak yapılmıştır. PCR reaksiyonu için kullanılan primerler 27F primeri AGAGTTTGATCMTGGCTCAG dizisi ve 1492R primeri TACGGYTACCTTGTTACGACTT dizisidir.

PCR çalışması için 10 µL PCR 2X MasterMix, 0.5 µ Forward Prime, 0.5 µ Reverse Primer, 2 µL Template DNA, 7 µL Water olmak üzere toplamda 20 µL’lik MasterMix hazırlanmıştır.

PCR için kullanılan reaksiyon koşulları şu şekildedir;

Ön denatürasyon 95°C 5 dakika 1 döngü olarak uygulanmıştır. Denatürasyon 95°C 30 saniye 35 döngü olarak çalışılmıştır. Bağlanma (Anneling) 55°C 30 saniye 35 döngü olarak

uygulanmıştır. Uzatma 72°C 30 saniye 35 döngü olarak uygulanmıştır. Son uzatma 72°C 5 dakika 1 döngü olarak uygulanmıştır.

PCR reaksiyonu Applied Biosystems™ ProFlex termalcycler cihazında gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. PCR Ürünü Jel Görüntüleri

PCR sonrasında 27F-1492R bölgelerinin PCR ürünlerine %1.5'lik agaroz gel kullanılarak elektroforez uygulanmıştır (110V, 150mA, 45 dakika). PCR ürünlerinin büyüklüğünün 1400 bp civarında olduğu gözlemlenmiştir. Ladder olarak GENESTA GA010 100 bp ladder kullanılmıştır.

3.2.3. PCR Ürünlerinin Saflaştırılması (PCR Clean-Up)

PCR reaksiyonundan sonra Clean-Up aşamasına geçilmiştir. PCR clean-up aşamasında kullanılan materyaller şu şekildedir; Thermo ExoSAP-IT Express PCR Clean-Up Reagents marka PCR Clean-Up Reaksiyonu materyalleri kullanılmıştır. PCR Clean-Up Reaksiyonu için kullanılan MasterMix olarak 10 µl PCR ürünü, 4 µl ExoSAP-IT olmak üzere toplamda 12 µl MasterMix kullanılmıştır.

PCR Clean-Up Reaksiyonu koşulları şu şekildedir;

İnkübasyon 1 37°C'de 4 dakika ve 1 döngü olarak uygulanmıştır. İnkübasyon 2 80°C'de 1 dakika ve 1 döngü olarak uygulanmıştır. Soğuma 4°C'de 1 döngü olarak uygulanmıştır.

3.3. DNA Dizileme Reaksiyonu

PCR Clean-Up işleminden sonra DNA dizileme aşamasına geçilmiştir. Dizileme reaksiyonu için kullanılan MasterMix bilgileri şu şekildedir;

5 µl PCR Ürünü, 1 µl Primer (Forward veya Reverse) (3.2 pmol), 1 µl Florasan işaretli Dye Terminatör, 4 µl 5X Sekans Buffer, 2 µl Su ve toplamda 13 µl olmak üzere MasterMix kullanılmıştır. Dizileme reaksiyonunda PCR reaksiyonunda kullanılan primerler kullanılmıştır.

Mastermix hazırlandıktan sonra dizileme reaksiyonuna geçilmiştir. Dizileme için kullanılan reaksiyon koşulları şu şekildedir; İlk Denatürasyon 95°C’de 30 dakika ve 1 döngü, Denatürasyon 95°C’de 10 saniye ve 30 döngü, Bağlanma 50°C’de 5 saniye ve 30 döngü, Uzatma 60°C’de 4 dakika ve 30 döngü uygulanmıştır. Soğuma 4°C’de ve 1 döngü uygulanmıştır. Dizileme reaksiyonu Applied Biosystems™ ProFlex termalcycler cihazında gerçekleştirilmiştir.

3.4. DNA Dizileme Ürünlerinin Saflaştırılması

DNA dizileme reaksiyonu bittikten sonra dizileme ürünü saflaştırma aşamasına geçilmiştir. Saflaştırma işlemi Sephadex ile jel filtreleme metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İşlem basamakları aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir;

1. 6 g sefadex tartılır ve üzerine 80 ml saf su eklenerek vortekslenmiştir.
2. Kolonlara 850 – 900 µl hazırlanan sefadex solüsyonundan eklenmiştir.
3. 4600 rpm’de 2 dakika santrifüj edilerek kolon hazırlanmıştır.
4. Sekans PCR ürününün hepsi kolona yüklenmiştir.
5. 4800 rpm’de 2 dakika santrifüj edilmiştir.
6. Alt tüpte kalan sıvı saflaştırılmış dizileme ürünü olarak saklanmıştır.

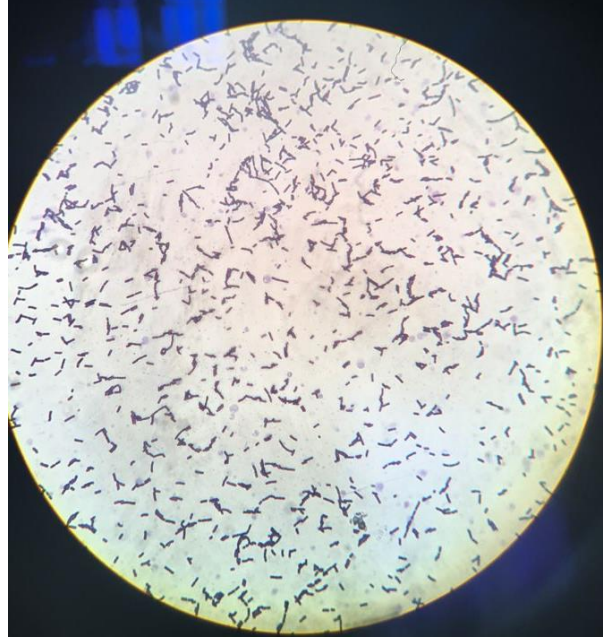
3.5. DNA Dizi Analizi İşlemi

DNA dizileme ürünü saflaştırma işleminden sonra DNA dizi analizi işlemine geçilmiştir. Bunun işlem kapiller elektroforez yöntemi kullanılarak ABI 3130XL cihazında gerçekleştirilmiştir. 20 µl saflaştırılan dizileme ürünü 96 well plate kuyucuklarına eklendikten sonra üzerine 5 µl formamid eklenerek, kapiller elektroforez işlemi başlatılmıştır. Sonuçlar cihazdan elde edilen elektroferogramlara göre değerlendirilmiştir. Yapılan bu işlemler sonucunda elde edilen sonuçlar, <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov> adresinden nBLAST programı kullanılarak, GenBank verileri ile karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. İzolatların Morfolojileri

Elde edilen izolatlara uygulanan Gram boyama sonrasında mikroskop altında inceleme sonucunda kısa ve uzun basil, kokobasil, kok morfolojilerine göre hücre şekilleri ile mor ve pembe renkli hücreler görüntülenmiştir. Gram pozitif olanlar mor renkli, Gram negatif olanlar ise pembe ve kırmızı renkli olarak belirlenmiştir. Daha sonrasında bulgular moleküler sonuçlarla kıyaslanıp, kontrol edilmiştir.



Şekil 4.1. Bacillus sp. Görüntüsü

4.2. Kültürel Özellikler

Elde edilen izolatların kültürel özelliklerinde koloni yapılarının birbirlerinden farklılık gösterdiği gözlenmiştir. Bazı kolonilerin parlak, bazılarının mat, kenarlarının kıvrımlı, girintili, çıkıntılı, düzgün ve şeffaf oldukları gözlenmiştir. Benzer özellikte olan koloniler aynı grupta sınıflandırılmıştır.



Şekil 4.2. PCA besiyerinde gelişen saf bakteri kültürü

4.3. Gram Boyama

İzolatların gram özelliklerinin belirlenmesi için yapılan gram boyama sonuçları Tablo 2.19. da verilmiştir.

Tablo 2.19. Gram Boya Sonuçları

Bakteri Türü	Gram Pozitif	Gram Negatif
<i>Brevibacterium sp.</i>	x	
<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	x	
<i>Bacillus sp.</i>	x	
<i>Dermacoccus nishinomiyaensis</i>	x	
<i>Brevibacterium frigoritolerans</i>	x	
<i>Bacillus megaterium</i>	x	
<i>Chryseobacterium aquifrigidense</i>		x
<i>Pseudomonas geniculata</i>		x
<i>Bacillus pumilus</i>	x	
<i>Bacillus sp.</i>	x	
<i>Bacillus toyonensis</i>	x	
<i>Actinomycetales bacterium</i>	x	
<i>Variovorax boronicumulans</i>		x

Tablo 2.19. Gram Boya Sonuçları (devamı)

Bakteri Türü	Gram Pozitif	Gram Negatif
<i>Bacillus sp.</i>	x	
<i>Bacillus wiedmannii</i>	x	
<i>Bacillus wiedmannii</i>	x	
<i>Bacillus subtilis</i>	x	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	x	
<i>Bacillus subtilis</i>	x	
<i>Bacillus aryabhatai</i>	x	
<i>Bacillus sp.</i>	x	
<i>Bacillus sp.</i>	x	
<i>Paenarthrobacter nitroguajacolicus</i>	x	
<i>Bacillus subtilis</i>	x	
<i>Arthrobacter nitroguajacolicus</i>	x	
<i>Bacillus subtilis</i>	x	
<i>Bacillus sp.</i>	x	
<i>Bacillus megaterium</i>	x	
<i>Bacillus sp.</i>	x	
<i>Arthrobacter oxydans</i>	x	
<i>Bacillus aryabhatai</i>	x	
<i>Bacillus aryabhatai</i>	x	
<i>Arthrobacter sp.</i>	x	
<i>Bacillus cereus</i>	x	
<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	x	
<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	x	
<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	x	
<i>Bacillus pumilus</i>	x	
<i>Bacillus spizizenii</i>	x	
<i>Bacillus sonorensis</i>	x	
<i>Lysinibacillus sp.</i>	x	
<i>Lentzea sp.</i>	x	
<i>Bacillus megaterium</i>	x	
<i>Olivibacter soli</i>		x
<i>Microbacterium foliorum</i>	x	
<i>Microbacterium foliorum</i>	x	
<i>Roseomonas sp.</i>		x
<i>Bacillus cereus</i>	x	
<i>Streptomyces sp.</i>	x	

Tablo 2.19. Gram Boya Sonuçları (devamı)

Bakteri Türü	Gram Pozitif	Gram Negatif
<i>Bacillus sp.</i>	x	
<i>Bacillus sp.</i>	x	
<i>Bacillus licheniformis</i>	x	
<i>Kocuria rosea</i>	x	
<i>Bacillus subtilis</i>	x	
<i>Bacillus megaterium</i>	x	
<i>Bacillus pumilus</i>	x	
<i>Bacillus subtilis</i>	x	
<i>Lysinibacillus sp.</i>	x	
<i>Paenarthrobacter aurescens</i>	x	
<i>Bacillus pumilus</i>	x	

4.4. Toprak Örneklerinin Nem Oranlarının Belirlenmesi

Belirlenen istasyonlardan alınan toprak örneklerinin yaş ağırlık, kuru ağırlık ve nem oranları Tablo 2.20de verilmiştir.

Tablo 2.20. Belirlenen istasyonlardan alınan toprak örneklerinin yaş ağırlık, kuru ağırlık ve nem oranları

	Yaş ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	Fark(g)	%H ₂ O	Dara	Ölçülen Toprak Miktarı	1gr Toprak % nem oranı
GERMENCİK							
G1.1	98,26	97,6	0,66	0,672	92,17	6,09	10,837
G1.2	99,98	99,43	0,55	0,550	92,12	7,86	6,997
G1.3	113,94	113,19	0,75	0,658	104,6	9,34	8,030
G1.4	105,07	104,43	0,64	0,609	98,57	6,5	9,846
G1.5	103,83	103,28	0,55	0,530	96,1	7,73	7,115
G2.1	104,06	103,66	0,4	0,384	98,33	5,73	6,981
G2.2	95,2	94,94	0,26	0,273	91,82	3,38	7,692
G2.3	102,57	102,22	0,35	0,341	97,62	4,95	7,071
G2.4	102,85	102,38	0,47	0,457	97,66	5,19	9,056

Tablo 2.20. Belirlenen istasyonlardan alınan toprak örneklerinin yaş ağırlık, kuru ağırlık ve nem oranları (devamı)

	Yaş ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	Fark(g)	%H ₂ O	Dara	Ölçülen Toprak Miktarı	1gr Toprak % nem oranı
G2.5	108,68	108,3	0,38	0,350	104,62	4,06	9,360
G3.1	104,24	103,9	0,34	0,326	99,12	5,12	6,641
G3.2	90,04	89,69	0,35	0,389	85,35	4,69	7,463
G3.3	86,35	86,18	0,17	0,197	82,69	3,66	4,645
G3.4	113,5	112,89	0,61	0,537	106,75	6,75	9,037
G3.5	101,68	101,38	0,3	0,295	96,75	4,93	6,085
G4.1	96,46	96,17	0,29	0,301	91,33	5,13	5,653
G4.2	98,94	98,63	0,31	0,313	94,65	4,29	7,226
G4.3	94,25	94,1	0,15	0,159	90,88	3,37	4,451
G4.4	89,23	89	0,23	0,258	85,56	3,67	6,267
G4.5	94,85	94,51	0,34	0,358	91	3,85	8,831
İNCİRLİOVA							
İ5.1	108,29	107,81	0,48	0,443	104,61	3,68	13,043
İ5.2	98,61	97,93	0,68	0,690	92,17	6,44	10,559
İ5.3	87,46	87,29	0,17	0,194	85,56	1,9	8,947
İ5.4	99,26	98,45	0,81	0,816	92,12	7,14	11,345
İ5.5	94,16	93,88	0,28	0,297	91	3,16	8,861
i6.1	101,54	101,14	0,4	0,394	100,87	0,67	59,701
i6.2	108,54	107,75	0,79	0,728	100,87	7,67	10,300
i6.3	99,98	99,62	0,36	0,360	94,54	5,44	6,618
i6.4	96,59	96,28	0,31	0,321	92,41	4,18	7,416
i6.5	103,07	102,85	0,22	0,213	98,61	4,46	4,933
i7.1	91,25	90,91	0,34	0,373	85,68	5,57	6,104
i7.2	116,33	115,74	0,59	0,507	108,95	7,38	7,995
i7.3	107,98	107,2	0,78	0,722	98,17	9,81	7,951
i7.4	104,32	103,62	0,7	0,671	96,71	7,61	9,198
i7.5	104,46	104,14	0,32	0,306	98,07	6,39	5,008
i8.1	105,28	104,63	0,65	0,617	97,45	7,83	8,301
i8.2	100,51	99,91	0,6	0,597	92,65	7,86	7,634
i8.3	103,22	102,92	0,3	0,291	96,98	6,24	4,808
i8.4	106,75	106,16	0,59	0,553	98,5	8,25	7,152
i8.5	98,12	97,76	0,36	0,367	91,37	6,75	5,333

Tablo 2.20. Belirlenen istasyonlardan alınan toprak örneklerinin yaş ağırlık, kuru ağırlık ve nem oranları (devamı)

	Yaş ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	Fark(g)	%H ₂ O	Dara	Ölçülen Toprak Miktarı	1gr Toprak % nem oranı
UMURLU							
u9.1	106,79	105,96	0,83	0,777	97,38	9,41	8,820
u9.2	99,16	98,87	0,29	0,292	94,45	4,71	6,157
u9.3	98,68	97,8	0,88	0,892	92,41	6,27	14,035
u9.4	98,54	97,37	1,17	1,187	90,58	7,96	14,698
u9.5	101,71	100,94	0,77	0,757	96,68	5,03	15,308
u10.1	106,17	105,98	0,19	0,179	99,53	6,64	2,861
u10.2	101,36	101,18	0,18	0,178	93,68	7,68	2,344
u10.3	95,99	95,75	0,24	0,250	90,01	5,98	4,013
u10.4	114,32	114,03	0,29	0,254	106,51	7,81	3,713
u10.5	106,12	105,73	0,39	0,368	101,28	4,84	8,058
u11.1	99,99	99,8	0,19	0,190	95,33	4,66	4,077
u11.2	90,99	90,75	0,24	0,264	86,06	4,93	4,868
u11.3	111,86	111,58	0,28	0,250	107,53	4,33	6,467
u11.4	104,35	104,15	0,2	0,192	98,84	5,51	3,630
u11.5	99,25	99,08	0,17	0,171	94,41	4,84	3,512
u12.1	92,13	91,79	0,34	0,369	85,86	6,27	5,423
u12.2	98,85	98,74	0,11	0,111	92,87	5,98	1,839
u12.3	96,94	96,72	0,22	0,227	91,04	5,9	3,729
u12.4	95,7	95,56	0,14	0,146	90,4	5,3	2,642
u12.5	104,74	104,59	0,15	0,143	98,68	6,06	2,475
PAMUKÖREN							
p13.1	105,27	104,78	0,49	0,465	97,62	7,65	6,405
p13.2	103,77	103,25	0,52	0,501	96,09	7,68	6,771
p13.3	104,44	104	0,44	0,421	98,61	5,83	7,547
p13.4	95,23	94,74	0,49	0,515	90,88	4,35	11,264
p13.5	102,83	102,52	0,31	0,301	98,57	4,26	7,277
p14.1	108,79	107,97	0,82	0,754	99,53	9,26	8,855
p14.2	104,56	103,98	0,58	0,555	97,36	7,2	8,056
p14.3	102,28	101,95	0,33	0,323	97,38	4,9	6,735
p14.4	100,19	99,72	0,47	0,469	94,44	5,75	8,174
p14.5	96,89	96,24	0,65	0,671	90,6	6,29	10,334
p15.1	90,49	90,21	0,28	0,309	85,69	4,8	5,833
p15.2	92,37	91,96	0,41	0,444	85,35	7,02	5,840

Tablo 2.20. Belirlenen istasyonlardan alınan toprak örneklerinin yaş ağırlık, kuru ağırlık ve nem oranları (devamı)

	Yaş ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	Fark(g)	%H ₂ O	Dara	Ölçülen Toprak Miktarı	1gr Toprak % nem oranı
p15.3	98,29	97,64	0,65	0,661	91,33	6,96	9,339
p15.4	93,49	92,83	0,66	0,706	86,05	7,44	8,871
p15.5	90,94	90,6	0,34	0,374	85,56	5,38	6,320
p16.1	98,19	97,78	0,41	0,418	92,17	6,02	6,811
p16.2	99,33	98,95	0,38	0,383	93,69	5,64	6,738
p16.3	103,61	103,23	0,38	0,367	98,69	4,92	7,724
p16.4	102,44	102,17	0,27	0,264	98,17	4,27	6,323
p16.5	98,6	98,28	0,32	0,325	92,87	5,73	5,585
p17.1	105,15	104,71	0,44	0,418	98,07	7,08	6,215
p17.2	99,34	98,98	0,36	0,362	91,82	7,52	4,787
p17.3	107,45	107	0,45	0,419	100,87	6,58	6,839
p17.4	107,59	107,36	0,23	0,214	101,28	6,31	3,645
p17.5	93,65	93,35	0,3	0,320	85,86	7,79	3,851
SULTANHİSAR							
s18.1	105,18	104,88	0,3	0,285	96,75	8,43	3,559
s18.2	100,1	99,78	0,32	0,320	91,37	8,73	3,666
s18.3	106,06	105,69	0,37	0,349	96,98	9,08	4,075
s18.4	97,17	96,86	0,31	0,319	90,4	6,77	4,579
s18.5	97,22	96,79	0,43	0,442	90,03	7,19	5,981
s19.1	101,66	101,64	0,02	0,020	94,45	7,21	0,277
s19.2	111,89	111,55	0,34	0,304	104,6	7,29	4,664
s19.3	99,43	99,04	0,39	0,392	92,41	7,02	5,556
s19.4	102,85	102,59	0,26	0,253	96,72	6,13	4,241
s19.5	99,15	98,67	0,48	0,484	92,41	6,74	7,122
s20.1	104,26	103,89	0,37	0,355	96,71	7,55	4,901
s20.2	104,05	103,09	0,96	0,923	95,33	8,72	11,009
s20.3	111,46	110,88	0,58	0,520	104,62	6,84	8,480
s20.4	101,99	101,18	0,81	0,794	94,56	7,43	10,902
s20.5	104,62	104,13	0,49	0,468	97,45	7,17	6,834
s21.1	116,77	116,05	0,72	0,617	108,95	7,82	9,207
s21.2	102,89	102,09	0,8	0,778	94,65	8,24	9,709
s21.3	107,12	106,75	0,37	0,345	98,5	8,62	4,292
s21.4	99,31	98,72	0,59	0,594	91,03	8,28	7,126
s21.5	106,34	106,02	0,32	0,301	97,66	8,68	3,687

Tablo 2.20. Belirlenen istasyonlardan alınan toprak örneklerinin yaş ağırlık, kuru ağırlık ve nem oranları (devamı)

	Yaş ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	Fark(g)	%H ₂ O	Dara	Ölçülen Toprak Miktarı	1gr Toprak % nem oranı
KÖŞK							
k22.1	114,7	114,15	0,55	0,480	106,51	8,19	6,716
k22.2	102,52	101,89	0,63	0,615	92,65	9,87	6,383
k22.3	106,33	105,8	0,53	0,498	98,32	8,01	6,617
k22.4	112,27	111,9	0,37	0,330	106,75	5,52	6,703
k22.5	89,97	89,51	0,46	0,511	82,69	7,28	6,319
k23.1	106,49	105,97	0,52	0,488	98	8,49	6,125
k23.2	97,45	96,93	0,52	0,534	91	6,45	8,062
k23.3	116,37	115,68	0,69	0,593	107,53	8,84	7,805
k23.4	98,24	97,76	0,48	0,489	92,13	6,11	7,856
k23.5	107,79	107,05	0,74	0,687	99,12	8,67	8,535
k24.1	92,78	92,17	0,61	0,657	85,72	7,06	8,640
k24.2	97,06	96,53	0,53	0,546	89,27	7,79	6,804
k24.3	98,04	97,03	1,01	1,030	88,08	9,96	10,141
k24.4	99,77	99,19	0,58	0,581	92,77	7	8,286
k24.5	105,6	105,02	0,58	0,549	97,12	8,48	6,840
k25.1	100,91	100,09	0,82	0,813	91,65	9,26	8,855
k25.2	99,33	98,75	0,58	0,584	91,17	8,16	7,108
k25.3	96,51	96,03	0,48	0,497	89,31	7,2	6,667
k25.4	94,92	94,3	0,62	0,653	84,64	10,28	6,031
k25.5	93,8	93,23	0,57	0,608	86,83	6,97	8,178
ÇİNE							
Ç26.1	104,42	104,28	0,14	0,134	99,01	5,41	2,588
Ç26.2	104,43	104,25	0,18	0,172	99,86	4,57	3,939
Ç26.3	89,77	89,32	0,45	0,501	84,48	5,29	8,507
Ç26.4	107,89	107,68	0,21	0,195	102,13	5,76	3,646
Ç26.5	92,13	91,95	0,18	0,195	87,37	4,76	3,782
Ç27.1	97,22	96,99	0,23	0,237	91,24	5,98	3,846
Ç27.2	115,67	115,45	0,22	0,190	108,96	6,71	3,279
Ç27.3	97,78	97,56	0,22	0,225	92,42	5,36	4,104
Ç27.4	110,41	110,18	0,23	0,208	104,61	5,8	3,966
Ç27.5	102,12	101,94	0,18	0,176	96,69	5,43	3,315

4.5. Toplam Canlı Sayısı

Örneklerin toplam bakteriyel yükünün belirlenmesi için yapılmış olan inokülasyon sonuçlarından elde edilen sayısal veriler Tablo 2.21 de verilmiştir.

Tablo 2.21. Bakterilerin Sayım Miktarları

GERMENCİK							
Toprak Örneği/İnkübasyon Sıcaklığı	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	cfu/mL
G1/27°C	>300	>300	250	5	-	-	2,5x10 ⁶
G2/27°C	>300	>300	57	1	-	-	5,7x10 ⁵
G3/27°C	>300	>300	150	3	-	-	1,5x10 ⁶
G4/27°C	>300	>300	40	2	-	-	4,0x10 ⁵
G1/30°C	>300	>300	150	3	-	-	1,5x10 ⁶
G2/30°C	>300	>300	60	7	-	-	6,0x10 ⁵
G3/30°C	>300	>300	150	3	-	-	1,5x10 ⁶
G4/30°C	>300	>300	200	2	-	-	2,0x10 ⁶
G1/37°C	>300	>300	150	4	-	-	1,5x10 ⁶
G2/37°C	>300	>300	300	-	-	-	3,0x10 ⁶
G3/37°C	>300	>300	200	3	-	-	2,0x10 ⁶
G4/37°C	>300	>300	300	4	-	-	3,0x10 ⁶
İNCİRLİOVA							
Toprak Örneği/İnkübasyon Sıcaklığı	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	cfu/mL
i1/27°C	>300	>300	100	2	-	-	1,0x10 ⁶
i2/27°C	>300	>300	300	4	-	-	3,0x10 ⁶
i3/27°C	>300	>300	>300	40	-	-	4,0x10 ⁶
i4/27°C	>300	>300	150	4	-	-	1,5x10 ⁶
i1/30°C	>300	>300	300	4	-	-	3,0x10 ⁶
i2/30°C	>300	>300	35	1	-	-	3,5x10 ⁵
i3/30°C	>300	>300	50	1	-	-	5,0x10 ⁵
i4/30°C	>300	>300	300	15	-	-	3,0x10 ⁶
i1/37°C	>300	>300	50	2	-	-	5,0x10 ⁵
i2/37°C	>300	>300	300	15	-	-	3,0x10 ⁶
i3/37°C	>300	>300	300	10	-	-	3,0x10 ⁶
i4/37°C	>300	>300	300	7	-	-	3,0x10 ⁶

Tablo 2.21. Bakterilerin Sayım Miktarları (devamı)

PAMUKÖREN							
Toprak Örneği/İnkübasyon Sıcaklığı	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	cfu/mL
13P/27°C	>300	160	1	-	-	-	1,6x10 ⁵
14P/27°C	165	1	-	-	-	-	1,65x10 ⁴
15P/27°C	>300	78	1	-	-	-	7,8x10 ⁴
16P/27°C	120	3	-	-	-	-	1,2x10 ⁴
17P/27°C	48	2	-	-	-	-	4,8x10 ³
13P/30°C	>300	150	75	10	1	-	1,5x10 ⁵
14P/30°C	158	50	1	-	-	-	1,58x10 ³
15P/30°C	>300	100	2	-	-	-	1,0x10 ⁵
16P/30°C	80	2	-	-	-	-	8,0x10 ³
17P/30°C	170	3	-	-	-	-	1,7x10 ³
13P/37°C	150	5	-	-	-	-	1,5x10 ³
14P/37°C	160	3	-	-	-	-	1,6x10 ³
15P/37°C	180	4	-	-	-	-	1,8x10 ³
16P/37°C	70	1	-	-	-	-	7,0x10 ³
17P/37°C	300>	50	2	-	-	-	5,0x10 ⁴
SULTANHİSAR							
Toprak Örneği/İnkübasyon Sıcaklığı	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	cfu/mL
18S/27°C	180	5	-	-	-	-	1,8x10 ³
19S/27°C	>300	94	1	-	-	-	9,6x10 ⁵
20S/27°C	>300	56	1	-	-	-	5,6x10 ⁴
21S/27°C	>300	55	1	-	-	-	5,5x10 ⁴
18S/30°C	185	6	-	-	-	-	6,0x10 ⁴
19S/30°C	>300	>300	97	1	-	-	9,7x10 ⁵
20S/30°C	>300	80	3	-	-	-	3,0x10 ⁵
21S/30°C	>300	200	16	-	-	-	1,610 ⁵
18S/37°C	>300	29	-	-	-	-	2,9x10 ⁵
19S/37°C	170	13	-	-	-	-	1,7x10 ⁵
20S/37°C	240	90	3	-	-	-	3,0x10 ⁴
21S/37°C	>300	145	14	-	-	-	1,4x10 ⁵

Tablo 2.21. Bakterilerin Sayım Miktarları (devamı)

UMURLU							
Toprak Örneği/İnkübasyon Sıcaklığı	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	cfu/mL
9U/27°C	>300	45	2	-	-	-	4,5×10 ³
10U/27°C	>300	190	5	-	-	-	1,9×10 ⁴
11U/27°C	>300	35	-	-	-	-	3,5×10 ³
12U/27°C	>300	50	-	-	-	-	5,0×10 ³
9U/30°C	>300	66	1	-	-	-	6,6×10 ³
10U/30°C	>300	185	9	-	-	-	1,85×10 ⁵
11U/30°C	>300	80	6	-	-	-	8,0×10 ⁵
12U/30°C	>300	130	5	-	-	-	1,3 ×10 ⁵
9U/37°C	>300	40	1	-	-	-	4,0×10 ⁴
10U/37°C	>300	195	10	-	-	-	1,95×10 ⁵
11U/37°C	>300	41	5	-	-	-	4,1×10 ⁴
12U/37°C	>300	42	3	-	-	-	4,2×10 ⁴

4.6. Moleküler Analizler

4.6.1. Genomik DNA Analizleri

İzolasyonu yapılan bakteri örneklerinin hizmet alımı ile yapılan DNA analiz sonuçları nBLAST programı (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/>) kullanılarak GenBank'taki verilerle karşılaştırılmıştır. Bakteri sekans analiz sonuçları Çizelge 4.1 'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bakteri Sekans Sonuçları

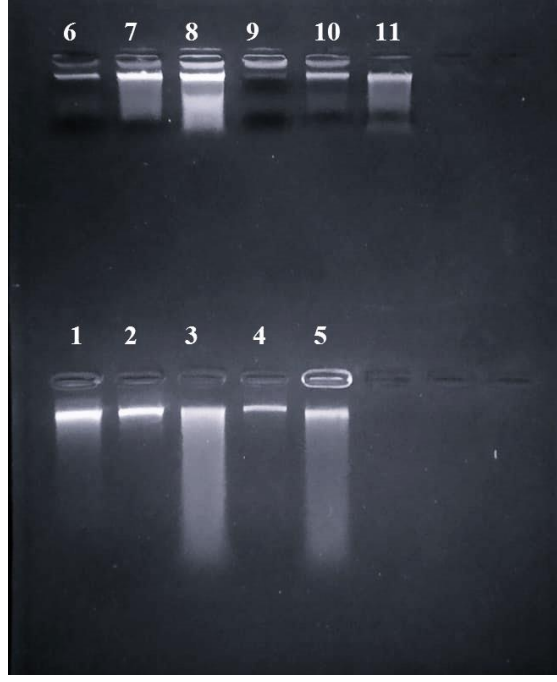
İzolat No	Örnek Alınan Lokalite	Bakteri Adı	Benzerlik (%)	Aksesyon No
1	<i>Pamukören</i>	<i>Brevibacterium sp.</i>	98	KY492057.1
2	<i>Germencik</i>	<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	98	MK791672.1
3	<i>İncirliova</i>	<i>Bacillus sp.</i>	96	DQ416797.1
4	<i>Pamukören</i>	<i>Dermaococcus nishinomiyaensis</i>	98	MN581881.1
5	<i>Sultanhisar</i>	<i>Brevibacterium] frigoritolerans</i>	99	MH311996.1

Çizelge 4.1. Bakteri Sekans Sonuçları (devamı)

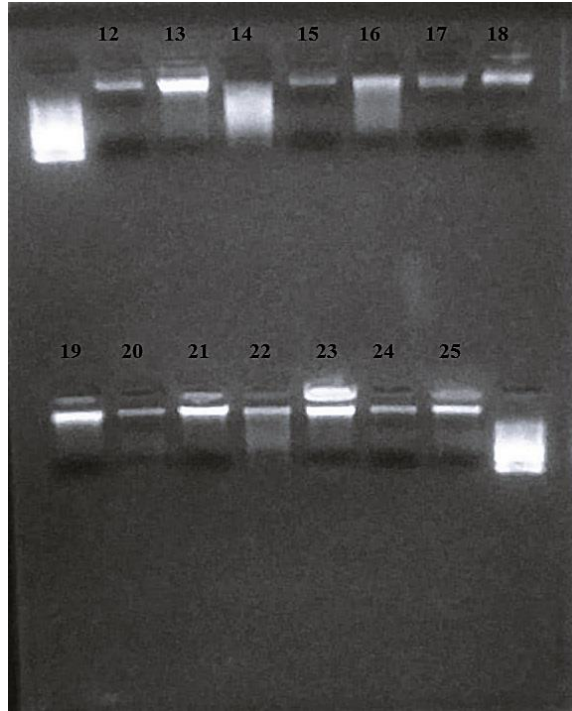
İzolat No	Örnek Alınan Lokalite	Bakteri Adı	Benzerlik (%)	Aksesyon No
6	Sultanhisar	<i>Bacillus megaterium</i>	99	MT509997.1
7	Sultanhisar	<i>Chryseobacterium aquifrigidense</i>	99	MN099388.1
8	Sultanhisar	<i>Pseudomonas geniculata</i>	99	JF460769.1
9	Sultanhisar	<i>Bacillus pumilus</i>	99	FN652913.1
10	Sultanhisar	<i>Bacillus sp.</i>	99	KY621911.1
11	Sultanhisar	<i>Bacillus toyonensis</i>	98	MG737481.1
12	Sultanhisar	<i>Actinomycetales bacterium</i>	98	JQ855719.1
13	Sultanhisar	<i>Variovorax boronicumulans</i>	98	MT845844.1
14	Çine	<i>Bacillus sp.</i>	98	KY316461.1
15	Çine	<i>Bacillus wiedmannii</i>	99	MN543849.1
16	Çine	<i>Bacillus wiedmannii</i>	99	MN543849.1
17	Çine	<i>Bacillus subtilis</i>	99	KY750234.1
18	Çine	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	98	MH521184.1
19	Çine	<i>Bacillus subtilis</i>	99	KJ848548.1
20	Çine	<i>Bacillus aryabhatai</i>	98	LT800129.1
21	Çine	<i>Bacillus sp.</i>	98	MH497609.1
22	Çine	<i>Bacillus sp.</i>	98	HF584875.1
23	Pamukören	<i>Paenarthrobacter nitroguajacolicus</i>	98	LT838080.1
24	Pamukören	<i>Bacillus subtilis</i>	99	MN252546.1
25	Pamukören	<i>Arthrobacter nitroguajacolicus</i>	98	KF358248.1
26	Pamukören	<i>Bacillus subtilis</i>	98	KR780430.1
27	Pamukören	<i>Bacillus sp.</i>	97	MH497609.1
28	Pamukören	<i>Bacillus megaterium</i>	97	MH197393.1
29	Pamukören	<i>Bacillus sp.</i>	97	KT957626.1
30	Pamukören	<i>Arthrobacter oxydans</i>	98	KU362288.1
31	Germencik	<i>Bacillus aryabhatai</i>	98	MK521059.1
32	Germencik	<i>Bacillus aryabhatai</i>	99	MK521059.1
33	Germencik	<i>Arthrobacter sp.</i>	98	KC884700.1

Çizelge 4.1. Bakteri Sekans Sonuçları (devamı)

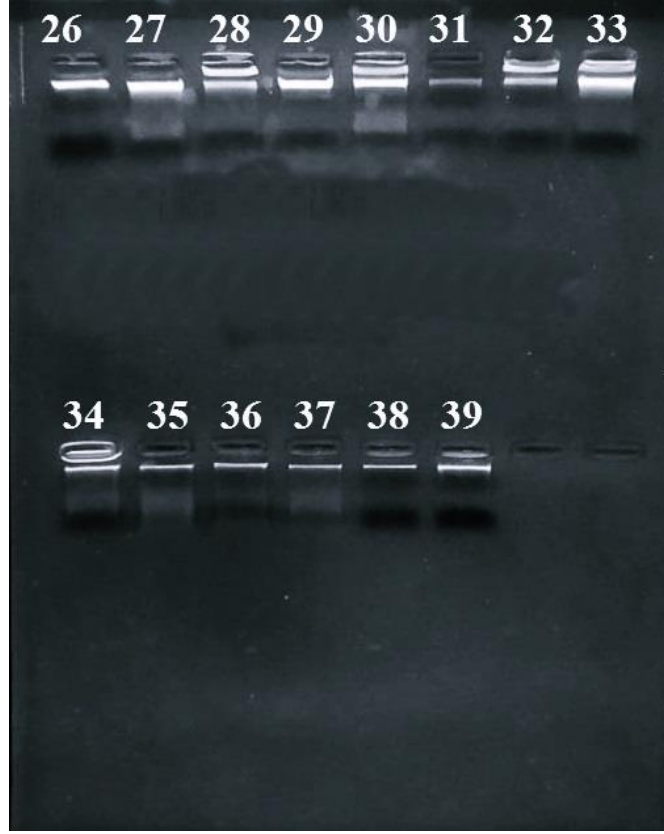
İzolasyon No	Örnek Alınan Lokalite	Bakteri Adı	Benzerlik (%)	Aksesyon No
34	Germencik	<i>Bacillus cereus</i>	98	MH510336.1
35	Germencik	<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	97	MK791672.1
36	Germencik	<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	98	MK791672.1
37	Germencik	<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	98	MK791672.1
38	Germencik	<i>Bacillus pumilus</i>	98	FN652913.1
39	Germencik	<i>Bacillus spizizenii</i>	98	MZ317396.1
40	İncirliova	<i>Bacillus sonorensis</i>	93	MH729362.1
41	İncirliova	<i>Lysinibacillus sp.</i>	97	JN082735.1
42	İncirliova	<i>Lentzea sp.</i>	96	KX036617.1
43	İncirliova	<i>Bacillus megaterium</i>	98	MT509997.1
44	İncirliova	<i>Olivibacter soli</i>	97	KT634064.1
45	İncirliova	<i>Microbacterium foliorum</i>	97	JN700199.1
46	İncirliova	<i>Microbacterium foliorum</i>	98	KX502826.1
47	İncirliova	<i>Roseomonas sp.</i>	96	LC484727.1
48	İncirliova	<i>Bacillus cereus</i>	98	MW559268.1
49	Köşk	<i>Streptomyces sp.</i>	97	MN065804.1
50	Köşk	<i>Bacillus sp.</i>	99	HF584875.1
51	Köşk	<i>Bacillus sp.</i>	98	KP120888.1
52	Köşk	<i>Bacillus licheniformis</i>	98	KT986173.1
53	Köşk	<i>Kocuria rosea</i>	97	KF876863.1
54	Köşk	<i>Bacillus subtilis</i>	98	MH187639.1
55	Köşk	<i>Bacillus megaterium</i>	98	MF687394.1
56	Köşk	<i>Bacillus pumilus</i>	98	MN367958.1
57	Köşk	<i>Bacillus subtilis</i>	98	MF767902.1
58	Umurlu	<i>Lysinibacillus sp.</i>	98	JN082735.1
59	Umurlu	<i>Paenarthrobacter aureescens</i>	97	MZ026396.1
60	Umurlu	<i>Bacillus pumilus</i>	98	MG890219.1



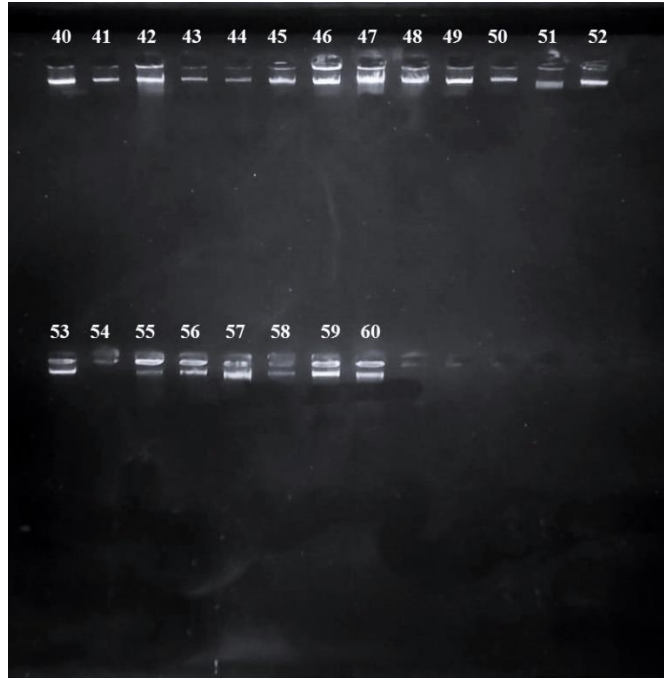
Şekil 4.3. 1-11 nolu örneklerin jel görüntüleri



Şekil 4.4. 12-25 nolu örneklerin jel görüntüleri



Şekil 4.5. 26-39 nolu örneklerin jel görüntüleri



Şekil 4.6. 40-60 nolu örneklerin jel görüntüleri

4.6.2. Analizi Yapılan Modeller ve Filogenetik Ağaç Diyagramı

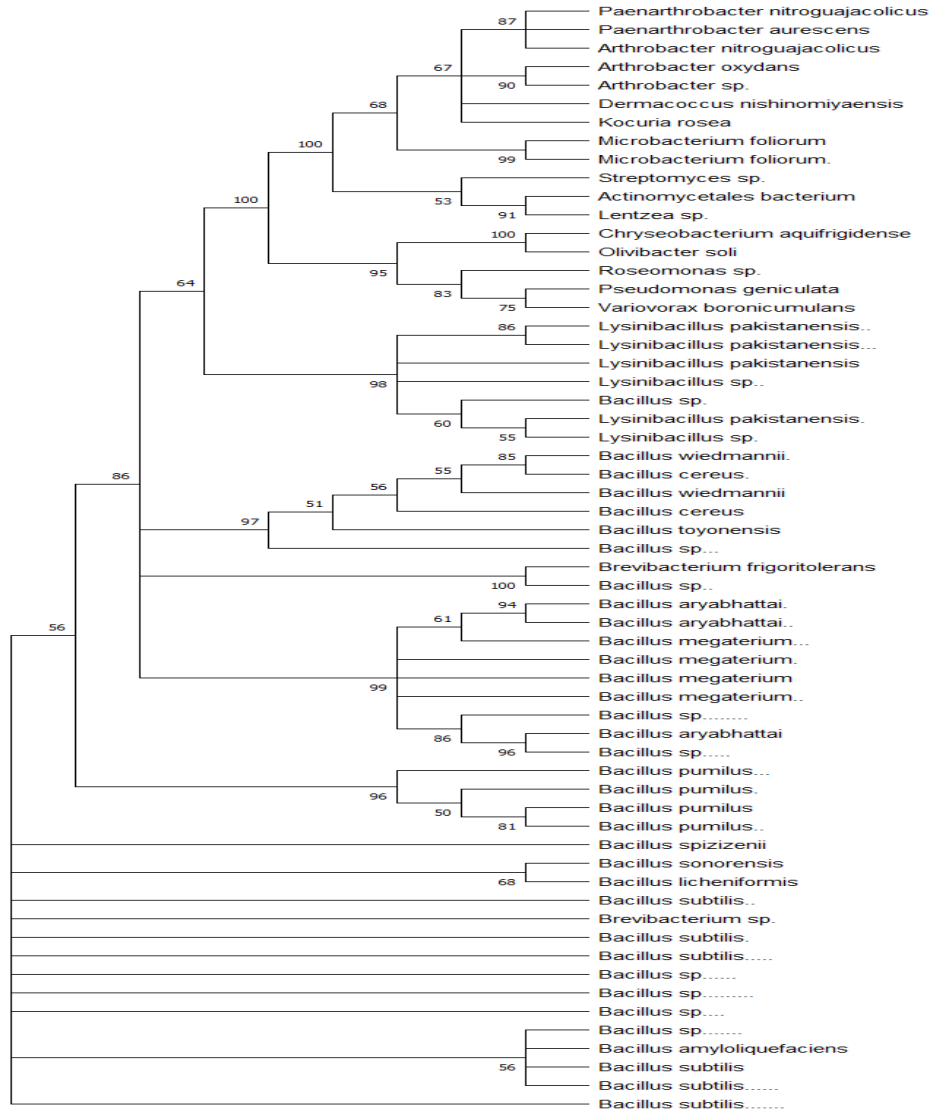
En düşük BIC puanlarına (Bayes Bilgi Kriteri) sahip modellerin, ikame modelini en iyi tanımladığı kabul edilir. Her model için AICc değeri (Akaike Bilgi Kriteri, düzeltilmiş), Maksimum Olabilirlik değeri (lnL) ve parametre sayısı (dal uzunlukları dahil) de sunulmaktadır [1]. Siteler arasındaki evrim oranlarının tek biçimli olmaması, 5 hız kategorisine sahip ayrı bir Gama dağılımı (+G) kullanılarak ve sitelerin belirli bir bölümünün evrimsel olarak değişmez olduğu (+I) varsayılarak modellenebilir. Uygulanabilir olduğunda, gama şekli parametresinin tahminleri ve/veya değişmez bölgelerin tahmini fraksiyonu gösterilir. Varsayılan veya tahmin edilen geçiş/dönüştürme sapması (R) değerleri de her model için gösterilir. Bunları, her nükleotit çifti için nükleotid frekansları (f) ve baz ikame oranları (r) takip eder. Bunları değerlendirirken anlık r'nin nispi değerleri dikkate alınmalıdır. Basitlik için, her model için r değerlerinin toplamı 1'e eşit yapılır. ML değerlerini tahmin etmek için otomatik olarak bir ağaç topolojisi hesaplandı. Bu analiz 60 nükleotid dizisini içeriyordu. Nihai veri setinde toplam 1211 pozisyon vardı. MEGA X [2]'de evrimsel analizler yapıldı.

Tablo 2.22. Analiz sonuçları gösterilmiştir.

Model	#Param	BIC	AICc	lnL
K2+G	119	31438,27185	30375,39373	-15068,44206
T92+G	120	31439,99678	30368,19121	-15063,83652
K2+G+I	120	31449,20424	30377,39866	-15068,44024
TN93+G	123	31449,69079	30351,10327	-15052,27947
T92+G+I	121	31450,93252	30370,19956	-15063,83637
TN93+G+I	124	31460,62427	30353,10958	-15052,2782
GTR+G	126	31476,9993	30351,63049	-15049,52968
HKY+G	122	31479,70739	30390,04711	-15072,75579
GTR+G+I	127	31487,9374	30353,64163	-15049,53072
HKY+G+I	123	31490,64413	30392,05661	-15072,75614
JC+G	118	31621,3978	30567,44721	-15165,47305
JC+G+I	119	31632,33335	30569,45523	-15165,47281
T92+I	120	33221,43232	32149,62675	-15954,55429
K2+I	119	33222,38553	32159,50741	-15960,4989

Tablo 2.22. Analiz sonuçları gösterilmiştir (devamı)

Model	#Param	BIC	AICc	lnL
TN93+I	123	33226,86768	32128,28016	-15940,86792
GTR+I	126	33238,39203	32113,02321	-15930,22604
HKY+I	122	33246,23247	32156,57219	-15956,01833
JC+I	118	33355,10481	32301,15422	-16032,32656
TN93	122	34717,33858	33627,67831	-16691,57138
GTR	125	34743,29787	33626,85609	-16688,14698
K2	118	34770,00995	33716,05936	-16739,77913
T92	119	34779,3631	33716,48498	-16738,98769
HKY	121	34809,72164	33728,98868	-16743,23093
JC	117	34897,29555	33852,27256	-16808,88995



Şekil 4.7. Maksimum Olabilirlik yöntemiyle evrimsel analizi

4.6.3. Maksimum Olabilirlik yöntemiyle evrimsel analiz

Evrimsel tarih, Maksimum Olabilirlik yöntemi ve Hasegawa-Kishino-Yano modeli [1] kullanılarak çıkarıldı. En yüksek log olasılığına (-15080.79) sahip ağaç gösterilir. İlişkili taksonların bir arada kümelendiği ağaçların yüzdesi dalların yanında gösterilir. Sezgisel arama için ilk ağaç(lar), Komşu Birleştirme ve BioNJ algoritmaları, Maksimum Bileşik Olabilirlik (MCL) yaklaşımı kullanılarak tahmin edilen bir ikili mesafeler matrisine uygulanarak ve ardından üstün log olabilirlik değerine sahip topoloji seçilerek otomatik olarak elde edildi. Siteler arasındaki evrimsel hız farklılıklarını modellemek için ayrı bir Gama dağılımı kullanıldı (5 kategori (+G, parametre = 0.2725)). Ağaç, alan başına ikame sayısı ile ölçülen dal uzunlukları ile ölçeğe göre çizilir. Bu analiz 60 nükleotid dizisini içeriyordu. Nihai veri setinde toplam 1211 pozisyon vardı. MEGA X [2]'de evrimsel analizler yapıldı.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Han ve arkadaşlarının 2017 yılında yayınladıkları Jeotermal bölgelerden izole edilen termofilik bakterilerin hücre dışı proteinleri ile kalsiyum iyonu adsorpsiyonu adlı çalışmada alanlarda Tayvan'da bulunan jeotermal *Anoxybacillus kamchatkensis*, *Thermus scotoductus* YM, *Mycobacterium hassiacum*, *Brevibacillus thermoruber* BE-C, *Anoxybacillus mongoliensis* LJ-B, *Bacillus halodurans* GL, *Meiothermus ruber* AT-A1, *Tepidimonas thermarum* AT-A2, *Tepidimonas thermarum* AT-A2 türleri izole edilmiştir. (Han vd., 2017)

Aydın ilinde bulunan jeotermal santralleri yakın çevresinden aldığımız toprak numunelerine klasik tanılama ve moleküler tanılama yapılmıştır. Tanılama sonucunda 60 izolat elde edilmiştir. Bu izolatlardan *Bacillaceae* familyasına ait türler tespit edilmiştir. *Bacillus* cinsine ait 38adet tür tespit edilmiştir. Ayrıca *Chryseobacterium*, *Dermacoccus*, *Pseudomonas*, *Paenarthrobacter*, *Arthrobacter*, *Microbacterium* cinsleri tespit edilmiştir.

Jeotermal alanların etkilediği çevre ve sosyal yapısının en az zarar veya tamamen zararsız hale getirilmesi için çalışmaların yapılması gerekir. Bu çalışmalar izleme çalışmalarıdır. İzleme çalışmalarında projeler başlamadan izlemeye alınmalı ve proje süresi boyunca takip edilmelidir. (Torunoğlu Gedik, 2015)

Tez çalışması boyunca yapılan çevresel incelemeler ve bölge halkından edinilen bilgiler kapsamında gerekli izleme ve takip yetersiz kaldığından, toprağın verimliliğinin olumsuz etkilendiği, çevrede yaşayanların da olumsuz hava koşullarına maruz kaldığı bilgisi edinilmiştir.

Afyonkarahisar bölgesinde yapılan bir çalışma sonucunda gerekli önlemlerin alınmadığında bölge akarsularının göllerinin ve yeraltı sularının içeriklerine ağır metallerin karıştığı, ekosisteminin zarar gördüğü, toprağının kirlendiği ve buna bağlı olarak doğal dengenin bozulması gibi sorunlarla karşılaşmıştır. (Kervankıran, 2012)

Genel olarak jeotermal tesislerin bulunduğu alanlarda tuz birikimi gözlenmiştir. Bunun sebebi termal kaynakların sıcaklıklarının yüksek olması sebebiyle çözücü özelliği artmasından kaynaklanmaktadır. Suda çözünebilir bulunan tuz içeriğinin fazla olmasının ve derinlerden gelen sıcak suların da fazlasıyla tuz içermesi nedeniyle yüzeyde bu suların buharlaşması ve soğuması sonucu tuzlar kristalize halde yoğunlaşmış arazi üzerinde

birikmeye neden olmaktadır. (Camgöz, 2010).

Rizosfer yüzeyinde bulunan bakteri gruplarının büyük çoğunluğunu *Bacillus* türleri oluşturmaktadır. Bu türlerin bazı grupları bitkilerin gelişimine katkı sağladıkları bilinmektedir. (Sultana vd., 2013)

Bulduğumuz türler arasındaki *Lysinibacillus sphaericus* (eski adıyla *Bacillus sphaericus*) toprakta yaygın bulunan mezofilik, Gram pozitif basil şeklinde bir bakteridir. Bu tür, kimyasallara, UV radyasyonuna ve yüksek sıcaklıklara toleranslıdır (Ahmed ., vd. 2007). Dünya Sağlık Örgütü'ne göre iki sivrisinek cinsine (*Culex* ve *Anopheles*) karşı biyolojik mücadelede *Bacillus thuringiensis* türünden daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Berry, 2014).

Alınan örneklerden izole edilen türler arasındaki *Kocuria rosea* Gram pozitif kok şeklinde bir bakteridir. Bağışıklık sistemi zayıf olan kişilerde idrar yolu enfeksiyonlarına sebep olabilmektedir. (Virtual Unknown Microbiology, 2017).

Variovorax boronicumulans toprakta bor biriktiren Gram negatif, çubuk şeklinde, spor oluşturmayan bir bakteri cinsidir. Bor bitkiler için mikro besin olarak ihtiyaç duyulduğu, fazla bulunması halinde de toksik etkiye neden olmaktadır (Miwa, 2008).

Yapılan çalışma sonucunda bulunan izolatlar arasında ki *Bacillus* türleri bu bitki gelişime katkı sağlayan grupları içinde bulundurmaktadır.

Jeotermal santrallerinin yakın çevresinden alınan numunelerden elde edilen izotlar ile toprak mikrobiyal yükü belirlenmiştir. Bu alanda yapılan benzer çalışmalara referans çalışma niteliği taşıyabilecek bir çalışma örneği olabilir.

KAYNAKLAR

- Arslan, S., Darıcı, M., Karahan, Ç. (2001). Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli, Jeotermal Enerji Semineri Bildiri Kitabı, İzmir, s. 21-28.
- “BP Energy Outlook 2016 Edition” <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2016.pdf> (Son Erişim: 11.10.2021)
- ADÜ JEAUM Raporu. (2015). Adnan Menderes Üniversitesi Rektörlüğü Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları, 1:1-22.
- Ahmed, I., Yokota, A., Yamazoe, A., & Fujiwara, T. (2007). Proposal of *Lysinibacillus boronitolerans* gen. nov. sp. nov., and transfer of *Bacillus fusiformis* to *Lysinibacillus fusiformis* comb. nov. and *Bacillus sphaericus* to *Lysinibacillus sphaericus* comb. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 57(5), 1117-1125.
- Anonim 2, 2021 <https://www.thesisat.org/jeotermal-enerji-nedir.html> (Son Erişim: 11.10.2021)
- Anonim 3, 2021 https://www.kmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=4732&tipi=2&sube=0 (Son Erişim: 13.10.2021)
- Anonim, 2021 <https://www.enerjiatlası.com/jeotermal/efeler-jeotermal-enerji-santrali.html> (Erişim tarihi: 07.10.2021)
- Arslan, S., Darıcı, M., & Karahan, Ç. (2001). Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli. Jeotermal Enerji Semineri, Ankara, 21-28.
- Arslan, S., Darıcı, M., Karahan, Ç. (2001). Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli, Jeotermal Enerji Semineri Bildiri Kitabı, İzmir, s. 21-28.
- Atalay, İ. (2008). Ekosistem Ekolojisi ve Coğrafyası. İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- Atalay, İ. ve Mortan, K. (2017). Türkiye Bölgesel Coğrafyası. İstanbul: İnkılap Kitabevi Yayın ve Sanayi Ticaret AŞ.

- Aydın M., Kaptan M.A., Dalkılıç Z. (2010). Relationship between fruit cracking and nutritional status of fig (*Ficus carica* L. cv. sarilop) plantations in the lowland of Aydın, Turkey. International Soil Fertility Congress, Germany.
- Aydın, G., Seferoğlu, S. (1999). Aydın Yöresinde Kullanılan Bazı Sulama Sularının Bor Konsantrasyonlarının Bitki Beslenmesi ve Toprak Kirliliği Açısından İncelenmesi, Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu, Tübitak.
- Badruk, M. (2005). Jeotermal Enerji Uygulamalarında Çevre Sorunları, Jeotermal Enerji Semineri Kitabı, MMO Yayın No: E/2005/393-2, 259-271.
- Björnsson, O. B. (2009). Geothermal energy as replacement for oil and gas-a proven option among the renewables. Electric power, 12000(14000), 16000.
- Bolca, M., Kılınç, R., Altınbaş, Ü., Saç, M.M., Kumru, M.N., Çolak Estetlili, B., Estetlili, T., Özen, F. (2010). Alangüllü (Aydın) Bölgesindeki Jeotermal Kaynakların Kimyasal Özelliklerinin ve İçerdikleri Radyoaktif Maddelerin Su Kaynakları, Tarım Toprakları ve Kültür Bitkilerine Etkilerinin Multidisipliner Yaklaşımla Saptanması Üzerine Araştırmalar, İzmir.
- Bot A., and Benites J., (2005). The importance of soil organic matter Key to drought resistant soil and sustained food production. FAO, Rome.
- Brenner, D.J.,Krieg, N.R. ve Staley, J.T. (2005). Cilt İki. Proteobacteria. Bölüm A. Giriş Makaleleri. G.M. Garrity, Bergey Sistemantik Bakteriyoloji El Kitabı, İkinci Baskı. Springer-Verlag, New York:xxvi, 1-304.
- Brown, K. (2000). Impacts on the Physical Environment”, Environmental Safety and Health Issues in Geothermal Development, Japan.
- Bustamante, C. (2000). Pnoc Geothermal Pro-jects: A Holistic Approach to Environmental Management, Proceedings World Geothermal Congress, Japan, p. 539-544.
- Camgöz, B., Saç, M.M., Bolca, M., Özen, F., Oruç, E.Ö., Demirel, N. 2010. Termal suların radyoaktivite ve kimyasal içeriklerinin incelenmesi, İzmir, Seferihisar Bölgesi Örneği, *Ekoloji Dergisi* 19:76,78-87.

- Cemaloğlu, N. (2021). İş sağlığı ve güvenliği bakımından geri dönüşüm yaklaşımları: pestisit ve kimyasal gübre zararını en aza indirmede kompost gübre ve solucan gübresi üretiminde iyi rnekler (Doctoral dissertation, İstanbul Rumeli Üniversitesi).AD JEAUM Raporu. (2015). Adnan Menderes Üniversitesi Rektörlüğü Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları, 1:1-22.
- Çakın, A, Gökçen, G., Erođlu, A. (2005). Jeotermal Uygulamaların Çevresel Etkileri: Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi rneđi, Jeotermal Enerji Semineri Kitabı, MMO Yayın No: E/2005/393-2, 345-357.
- Çiftçi, T. D. (2017) Topraktan Asidik Ve Bazık Sulara Arsenik, Bakır, Demir, Kurşun Geçiřinin İncelenmesi. Araştırma Makalesi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Çukurçayır, M.A., Sağır, H. (2008). Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20: 257-278.
- Dağ, S. (2015). İncirde Verim ve Kalite zerine Jeotermal Enerji Tesislerinin Olası Etkilerinin Belirlenmesi (Doktora Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri ABD.
- Dawood, K. (2016). Hybrid wind-solar reliable solution for Turkey to meet electric demand. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 4 (2), 62-66 .
- De Boer S.H.,Ward, L.J. (1995). PCR detection of *Erwiniacaroto vorasub sp. Atroceptica* associated with potatotissue. *Phytopathology*, 85: 854-858.
- Demirtaş, R., zdemir, A. (2013). Tavşanlı (Kütahya)Jeotermal Ruhsat Alanları Jeolojik Etüt Raporu. 3309115-3309116-3309117-3309118 No.
- EPDK. (2015). Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. <https://www.epdk.org.tr>
- Erkul, H. (2012). Jeotermal Enerjinin Ekonomik Katkıları ve Çevresel Etkileri: Denizli-Kızıldere Jeotermal rneđi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 10(19): 1-30.
- Filha, M. H. N. L. S., Berry, C., & Regis, L. (2014). *Lysinibacillus sphaericus*: Toxins and mode of action, applications for mosquito control and resistance management. *Advances in insect physiology*, 47, 89-176.
- Grez, T., Alkan, A. (2005). Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerji Potansiyeli, Yeksem, III.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Semp., 19-21 Ekim 2005. Mersin, s.123-127.

- Graedel, T.F. (1978). Inorganic elements, hydrides, oxides and carbonates. In Chemical compounds in the atmosphere, NY Academic Press, New York, p. 35-49.
- Gülle, F., Özdemir S. (2005) Sağlıklı Toprağın Görülmemeyen Kahramanları: Toprak Mikroorganizmaları <https://www.stb.org.tr/Dosyalar/Arastirmalar/toprak-mikrobiyolojisi.pdf> (Son Erişim: 20.10.2021)
- Güngördü, E. (2010). Türkiye'nin Coğrafyası. Ankara: Özboran Ofset Matbaacılık.
- Gürbüz, A. (2009). Enerji Piyasası Dışında Yenilenebilir (Temiz) Enerji Kaynaklarının Yeri ve Önemi, Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 1-7, 13-15 Mayıs 2009, Karabük.
- Gürgün, V., Halkman, K. (1990). Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 7, Ankara.
- Hepbaşlı, A., Çanakçı, C. (2003). Geothermal District Heating Applications in Turkey: A case study of İzmir-Balçova, Energy Conversion and Management, 44: 1285-1301.
- Hoorman, J. J. (2011). The role of soil bacteria. Ohio State University Extension, Columbus, 1-4.
- Huang S and Tian T., 2006. Environmental Impact in Geothermal Development. Proceedings of the 7th Asian Geothermal Symposium.
- Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri. (2015, Nisan). Adnan Menderes Üniversitesi Rektörlüğü Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları, Yayın No:1
- Kaptan, M.A., Aydın, M., Dalkılıç, Z. (2014). Evaluation of Boron Toxicity In Fıg (*Ficus carica* L.) Cultivars, *AgroLife Scientific Journal*, 3(1): 75-80.
- Karaçağıl, D., (2013) İstanbul'da Belirlenmiş Sahil Şeritlerinde Toprak Kalitesi Ve Ağır Metal Kirliliği. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Karagöl, E.T., Kavaz, İ. (2017). Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji, *Analiz Dergisi*, 197: 1-32.
- Karpuzcu M, 2010. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. Özal Matbaası. İstanbul.
- Kemik, E. (2011). TR32 Düzey 2 Bölgesi (Aydın, Denizli, Muğla) Jeotermal Kaynakları Ve Jeotermal Enerji Santralleri Araştırma Raporu.

- Kennedy, A.C. & Papendick, R.I. 1995. Microbial characteristics of soil quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, 50, 243–248
- Kervankıran, İ. 2012. Afyonkarahisar ilinde jeotermal enerji kullanımı ve sorunları. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 25:108-126.
- Koç, C. (2007). Effects on environment and agriculture of geothermal wastewater and boron pollution in Great Menderes Basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 125: 377-388.
- Koçak, A. (2001). Türkiye’de Jeotermal Enerji Aramaları ve Potansiyeli, 3. TMMOB Enerji Sempozyumu, 217-232,5-7 Aralık 2001, Ankara.
- Korkmaz, B., Satman, E.D., Serpen, Ü. (2009). Türkiye’nin Jeotermal Enerji Potansiyeli, TMMOB Jeotermal Kongresi, 41-53, 23 - 25 Aralık 2009, Ankara.
- Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, D. H., Avcı, E. D. (2005). Türkiye’de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Bildiriler.
- Külekcı, Ö.C. (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2): 83-91.
- Lehman, R., Cambardella, C., Stott, D., Acosta-Martinez, V., Manter, D., Buyer, J., ... Karlen, D. (2015). Understanding and Enhancing Soil Biological Health: The Solution for Reversing Soil Degradation. *Sustainability*, 7(1), 988–1027. doi:10.3390/su7010988
- Lozupone CA, Knight R. 2008. Species divergence and the measurement of microbial diversity. *FEMS Microbiol Rev.* 32(4):557-578. doi:10.1111/j.1574-6976.2008.00111.x
- Luo, P., Han, X., Wang, Y., Han, M., Shi, H., Liu, N., & Bai, H. (2015). Influence of long-term fertilization on soil microbial biomass, dehydrogenase activity, and bacterial and fungal community structure in a brown soil of northeast China. *Annals of microbiology*, 65(1), 533-542.
- Martins, P. M. M., Merfa, M. V., Takita, M. A., & De Souza, A. A. (2018). Persistence in Phytopathogenic Bacteria: Do We Know Enough? *Frontiers in Microbiology*, 9. doi:10.3389/fmicb.2018.01099

- Mashzhan, A., Javier-López, R., Kistaubayeva, A., Savitskaya, I., & Birkeland, N. K. (2021). Metagenomics and Culture-Based Diversity Analysis of the Bacterial Community in the Zharkent Geothermal Spring in Kazakhstan. *Current Microbiology*, 1-9.
- Miwa, H., Ahmed, I., Yoon, J., Yokota, A., & Fujiwara, T. (2008). *Variovorax boronikumulans* sp. Kasım, topraktan izole edilmiş bor biriktiren bir bakteri. *Uluslararası sistematik ve evrimsel mikrobiyoloji dergisi*, 58 (1), 286-289.
- MTA.(2013). Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli, www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/enerji/index.
- Nable, R.O., Banuelos, G.S and Paull, J. (1997). Boron Toxicity. *Plant and Soil* 193: 181-198.
- Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M. T., Landi, L., Pietramellara, G., & Renella, G. (2002). Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*, 68(1), 12–26. doi:10.1111/ejss.4_12398.
- Needelman, B. A. (2013) What Are Soils? *Nature Education Knowledge* 4(3):2
- Neemisha (2020). Role of Soil Organisms in Maintaining Soil Health, Ecosystem Functioning, and Sustaining Agricultural Production. In: Giri B., Varma A. (eds) *Soil Health. Soil Biology*, vol 59. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44364-1_17
- Norris, T.B., Wraith, J.M., Castenholz, R.W., McDermott, T.R. (2002). Soil Microbial Community Structure across a Thermal Gradient following a Geothermal Heating Event, *Applied and Environmental Microbiology*, 68(12): 6300-6309.
- Ören A, Özbolet K, Dığrak M, 2009. Kahramanmaraş Yöresinde Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Pestisitlerin Toprak Mikroorganizmaları Üzerine Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Dođa Bilimleri Dergisi* 12(1).
- Poyraz, G., (2016) Aydın Buharkent Yöresinde Jeotermal Sularla Sulanan Toprak Ve Bitki Örneklerinde Bazı Kirletici Parametrelerin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, Türkiye.
- Qing, X., Yutong, Z. And Shenggao, L., (2015) Assessment Of Heavy Metal Pollution And Human Health Risk In Urban Soils Of Steel Industrial City (Anshan), Liaoning, Northeast China, *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 120.

- Renewables 2016 Global Status Report, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21),<http://www.ren21.net/statusof-renewables/global-status-report>,
Son erişim tarihi: 07.10.2021
- Saadoun, I. (2002). Isolation and characterization of bacteria from crude petroleum oil contaminated soil and their potential to degrade diesel fuel. *Journal of Basic Microbiology*, 42(6), 420–428. doi:10.1002/1521-4028(200212)42:6<420::aid-jobm420>3.0.co;2-w
- Scow, K. M., Schwartz, E., Johnson, M. J., & Macalady, J. L. (2001). Measurement of Microbial Biodiversity. In: Encyclopedia of Biodiversity (Levin S.A. Eds), 259–270. doi:10.1016/b978-0-12-384719-5.00434-2
- Serpen, U. Status of geothermal energy in world and Turkey and studies in ITU.
- Sotiropoulos T.E., Therios N.I., Dimassi N.K., Bosbalidis A., Kofilids G. (2002). Nutritional status, growth, CO₂ assimilation, and leaf anatomical responses in two kiwi fruit species under boron toxicity. *Journal of Plant Nutrition*, 5: 1244-1261.
- Sultana, T. ve Pindi, P.K., 2013. Assesment of PGPR bacteria of cotton fields, *International Journal of Agricultural Science and Research* 3 (1), 207-216.
- Şimşek, O.(2010) Türkiye’de Tarım Yılı Kuraklık Değerlendirmesi ve Bitki Gelişim Modeli İle Buğdayda Kuraklık-Verim Analizi. 2A.Ü. Ziraat Fak. Doktora Tezi, Ankara.
- Şimşek, O., Murat, A. ve Çakmak, B. (2008). 2006-2007 Tarım Yılı Kuraklık Analizi. Kuraklık ve Su Yönetimi Toplantısı Bildiri Kitabı, 15-16 Mayıs 2008 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantısı. ÇOB DSİ Genel Müdürlüğü V. Bölge Müdürlüğü, s.199-213, Ankara.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, (2012). 2010-2011 Tarım Yılı'nın Kuraklık Analizi, Ankara.
- Taşçıoğlu S, Aydın A, 2017. Tüm Yönleriyle Toprak Bilimi ve Toprak Kirlenmesi. Çağlayan Kitabevi ve Eğitim Çözümleri Ticaret A.Ş. İstanbul.
- Temple, P.J., Smith., M.L. (1978). Fluorine and boron effects on vegetation in the vicinity of a fiberglass plant. *Water, Air, and Soil Pollution*, 10(2): 163-174.
- Tiryaki O, Canhilal R, Horuz S, 2010. Tarım İlaçları Kullanımı ve Riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26 (2).

- Tokgöz, G. (2006). Jeotermal Enerji ve Çevre,1. Dikili Yöresi Jeotermal Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, Dikili, Mayıs.
- Toklu, E. (2013). Overview of potential and utilization of renewable energy sources in Turkey, *Renewable Energy*,(50):456-463.
- Türkyılmaz, O. Bayrak, Y., Aytaç, O. (2017). Türkiye’de Enerji Görünümü Panel Bildirisi Kitabı, ODTÜ MD, Ankara, s. 99-105.
- Virtual Unknown Microbiology http://www.vumicro.com/vumie/help/index.htm#VUMICRO/Kocuria_rosea.htm (Son Erişim: 20.10.2021)
- Wagner, S. C. (2011) Biological Nitrogen Fixation. *Nature Education Knowledge* 3(10):15.
- Webster, J. (2000). Chemical Contaminants and their Effects, *Environmental Safety and Health Issues in Geothermal Development, Japan*.
- Yılmaz, M. (2012). Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi* 4(2): 33-54.
- Yılmaz, M., Bayar, R. (2006). The Potential of Thermal Tourism in Turkey, Jubilee National Conference with International Participation, Plowdiv Universty, 20-21.10.2006, Smolyan, s.1200-1208.
- Yılmaz, E., & Ali Kaptan, M. (2017). Environmental impact of geothermal power plants in Aydın, Turkey. *E3S Web of Conferences*, 19, 02028. doi:10.1051/e3sconf/20171902028
- Yüksel İ., Kaygusuz K. (2011). Renewable energy sources for clean and sustainable energy policies in Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (15): 4132-4144.
- Zaim, A., Çavşi, H. (2018). Türkiye’deki Jeotermal Enerji Santrallerinin Durumu, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 59(691): 45-58.
- Zhang, Y., Wu, W.P., Hu, D.M., Su, Y.Y., Cai, L. (2014). A new thermophilic species of *Myceliphthora* from China, *Mycological Progress*, 13(1): 165–170

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

BİLİMSEL ETİK BEYANI

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

25/10/2021

Kerem TEKİN